

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И
НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Таджикский технический университет
имени академика М.С. Осими



Конференсия байналмилалии илмӣ-амалӣ

"ЭНЕРГЕТИКА: ҲОЛАТ ВА ДУРНАМОИ РУШД"

The International Scientific and Practical Conference

"POWER INDUSTRY: CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT"

"ЭНЕРГЕТИКА:
СОСТОЯНИЕ И
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ"

20-го декабря 2022 года



Душанбе

2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Таджикский технический Университет
имени академика М.С. Осими

Материалы международной научно – практической
конференции:
«ЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ»

20 декабря, 2022 года

ISBN 978-99985-36-17-3

**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ
ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН**

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон
ба номи академик М.С. Осимӣ

Маводи конференсияи байналмилалии илмӣ – амалӣ:
«ЭНЕРГЕТИКА: ҲОЛАТ ВА ДУРНАМОИ РУШД»

20 декабри соли 2022

ISBN 978-99985-36-17-3

Материалы Международной научно – практической конференции: «ЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ» Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими – Душанбе: ЦИ и П ТТУ имени академика М.С. Осими, 2022.- 377 стр.

Настоящий сборник содержит материалы Международной научно – практической конференции: «ЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ», проведенной 20 декабря 2022 г. на базе Таджикского технического Университета имени академика М.С. Осими. В пленарных и секционных докладах обсуждаются проблемы электроэнергетики, цифровизации, автоматизации и управления технологическими процессами в энергетике.

Верстка материалов докладов проведена на основе представленных авторами электронных версий без редактирования их текста!

Маводи конференсияи байналмилалии илмӣ – амалии «ЭНЕРГЕТИКА: ҲОЛАТ ВА ДУРНАМОИ РУШД» / Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ – Душанбе, ШТН ДТТ ба номи акад. М.С. Осими, 2022.-377 саҳ.

Дар маҷмӯаи мазкур маводи конференсияи байналмилалии илмӣ – амалии «ЭНЕРГЕТИКА: ҲОЛАТ ВА ДУРНАМОИ РУШД», ки 20-уми декабри соли 2022 дар ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ баргузор гардид, ҷамъоварӣ шудааст. Дар маърузаҳои ифтитоҳӣ ва бахшҳои алоҳидаи конференсия проблемаҳои электроэнергетика, рақамикунонӣ, автоматикунонӣ ва идораи равандҳои технологӣ дар энергетика баррасӣ ва муҳокима карда мешаванд.

Саҳифабандии маҷмӯаи мазкур дар асоси дастнависҳои пешниҳоднамудаи муаллифони бидуни таҳрир иҷро шудааст!

Табрикот ва сухани ифтитоҳии
Ректори Донишгоҳи техникии Тоҷикистон
ба номи академик М.С. Осимӣ, д.и.и., профессор Давлатзода Қ.Қ.



Меҳмонони азиз, ҳозирини мухтарам!

Имрӯз дар донишгоҳи техники бахшида ба Рӯзи энергетика бо ташаббуси факултети энергетикӣ конференсияи байналмилалӣ таҳти унвони “Энергетика: ҳолат ва дурнамои рушд” баргузор мегардад. Нахуст, ҳузури ҳар яки Шумо - меҳмонони азизро ба Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. С Осимӣ самимона хайрамақдам мегӯям.

Дар конфонси имрӯза меҳмонон аз Вазорати маориф ва илми ҚТ, Вазорати энергетика ва ҳифзи захираҳои обии ҚТ ва ШСХК “Барқи Тоҷик”, ки хатмкардаи ҳамин даргоҳи муқаддас мебошанд, ҳузур доранд. Меҳмони олиқадрро ба донишгоҳ бори дигар хушомадед мегӯем.

Воқеан, дар замони муосир энергетика ҳамчун омили демографӣ, иҷтимоӣ ва сиёсӣ яке аз унсурҳои муҳими давлатдорӣ ва нишондиҳандаи сатҳи рушди иқтисоди миллии мамлакат ба ҳисоб меравад. Бо тавачҷӯх ба ин Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ, Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон “таъмини истиқлолияти энергетикӣ”-ро яке аз ҳадафҳои стратегии мамлакат эълон намуданд.

Дар натиҷаи тадбирҳои амалинамудаи Ҳукумати мамлакат вобаста ба татбиқи ҳадафи стратегии мамлакат дар самти расидан ба истиқлолияти комили энергетикӣ системаи энергетикаи кишвар давра ба давра рушд карда, дар даврони соҳибистиклолӣ 287 нерӯгоҳи барқи обии хурду бузург, 1,5 ҳазор километр хатҳои интиқоли барқи баландшиддат, 50 зеристгоҳи баландшиддати барқӣ бунёду таҷдид ва дар маҷмӯъ, 75 фоизи инфрасохтори энергетикӣ кишвар азнавсозӣ гардид. Дар ин давра беш аз 2000 МВт иқтидорҳои энергетикӣ иловагӣ бунёд карда шуданд.

Ҳозирини арҷманд!

Рушди соҳаи энергетика аз бисёр ҷиҳат ба оmodасозии кадрҳои муҳандисӣ вобастагии амиқ дорад ва дар тӯли зиёда аз 65 соли мавҷудият Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ ин рисолати ҳудро баҳубӣ анҷом дода, дар пайи рушд ва пешрафти соҳаҳои илм, техника ва технология қорҳои назаррасе ба иҷро расонидааст.

Ҳамасола иди касбии муҳандисон – энергетикон рӯзи 22 декабр дар кишвари маҳбубамон чашн гирифта мешавад. Бо истифода аз фурсати муносиб ҳамаи Шуморо бо ин иди касбиатон самимона шодбош гуфта, дар ҷодаи фаъолияти пурсамар ва пуршарафатон комёбиҳои навин таманно менамоем.

Состав организационного и научного комитета:

Абдуллозода Р.Т.	Проректор по науке и инновациям
Рахимзода Дж.Б.	Доцент кафедры "Электрические станции", председатель
Мирзозода Б.М.	Доцент кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем» секретарь
Рахимов Ф.М.	Ведущий специалист отдела инновации и научных изданий
Вохидов М.М.	Заместитель декана энергетического факультета по учебной работе
Хасанзода Н.	Заместитель декана энергетического факультета по учебной работе
Киргизов А.К.	Заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехника и радиотехника»
Насриддинов А.С.	Заведующий кафедрой «Физика»
Исмоилов Ф.О.	Заведующий кафедрой «Электроснабжение»
Султонзода Ш.М.	Заведующий кафедрой «Электрические станции»
Диёрзода Р.Х.	Заведующий кафедрой «Автоматизированные электроприводы и электрические машины»
Тагоев С.А.	Заведующий кафедрой «Техника и теплоэнергетика»
Бобозода Ш.А.	Заместитель декана энергетического факультета по воспитательной работе

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ – 1	13
РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН <i>Саидзода Х.С., Шамсудинов Д.Р.</i>	14
ИМИТАЦИОННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ <i>Саидзода Х.С., Шамсудинов Д.Р.</i>	21
ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ <i>Ахмадов Дж.Х., Салимов Н.М.</i>	26
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ <i>Сохибзода Н.М., Ахрорзода А. Дж.</i>	30
ДОКУМЕНТАРНЫЙ АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН <i>Ватанов И.Дж., Назиров Х.Б.</i>	33
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН <i>Ватанов И.Дж., Назиров Х.Б.</i>	38
ТАҲЛИЛИ ТАЪСИРИ СИФАТИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР ПАРАМЕТРҲОИ СИСТЕМАИ РӮШНОИДИӢ ВА БАРӢАКС. <i>Алиев Ш.Х, Собиров Х.Б., Содиков Ҷ.С.</i>	44
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРИЗНАКОВ <i>Гаюров Б.А., Исупов Ф.Ш., Салимов Н.М.</i>	49
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ – КАРЛО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ <i>Горишунов А.А.</i>	53
ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ <i>Алиев Ш.Х, Собиров Х.Б., Содиков Дж.С.</i>	58
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ <i>Кувватов И.А., Шофайзов М.Ф.</i>	62

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ	
<i>Лайлои И, Хабибов О.С.</i>	68
ЛИНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО И ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА	
<i>Манусов В.З., Реутов С.Н., Бумцэнд У., Галеев Р.Г.</i>	73
ОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ	
<i>Пирова Ш.Х., Бобозода Ш.А., Раджабов Д.Р.</i>	78
ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ	
<i>Пирова Ш.Х., Исупов Ф.Ш., Салимов Н.М.</i>	82
РИОЯИ ҚОИДАҲОИ БЕХАТАРИИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР ИСТЕҲСОЛОТ БО ДАРНАЗАРДОШТИ ТАҲИЯИ БАЪЗЕ ПЕШНИҲОДҲО	
<i>Раунов Н.М., Махсумов И.Б., Ризоев С.Н.</i>	87
ВЛИЯНИЕ АВАРИЙНОСТИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ	
<i>Джононаев С.Г., Балаев М.А., Джумаев Б.Х., Хакимов А.А.</i>	92
РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ КАСКАДА ГЭС ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМУМА ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ К.П.Д.	
<i>Андалеби Н., Арабов Ф.Д., Субхонов Ш.</i>	97
СВЯЗЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ И НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС	
<i>Сохибзода Н.М., Султон Атои</i>	101
АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БАЙПАЗИНСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	
<i>Хабибов О.С., Аминов А.М., Ахмадов Дж.Х.</i>	104
РОЛЬ ГИДРОСТАНЦИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАЛАНСАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>Хабибов О.С., Ахмадов Дж.Х., Аминов А.М.</i>	107
АНАЛИЗ УМЕНЬШЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ БИЛЛИНГОВОЙ СИСТЕМЫ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	
<i>Хакимов А.А.</i>	111
РОЛЬ ГЭС В БАЛАНСАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>Иноятзода Алишер</i>	114

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ТАДЖИКИСТАНА	
<i>Сохибзода Н.М., Худододов А.</i>	<i>120</i>
РАСЧЕТ И АНАЛИЗ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>Шофайзов М.Ф., Лайлои И.</i>	<i>123</i>
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ В БИТОВОМ СЕКТОРЕ	
<i>Ёрмахмадзода Ф.И.</i>	<i>129</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ КОСВЕННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ СЕТИ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ	
<i>Бобоев Х.Д., Джамшиедзода Б.Дж., Саидов С.Р. Абдуллоев И.Т.</i>	<i>136</i>
ЧОРАБИНИҶОИ КАМ КАРДАНИ ТАЛАФОТИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР КОРҶОНАҲОИ САНОАТӢ	
<i>Содиқов Ҷ.С., Собиров Х.Б., Ҳакимов А.А.</i>	<i>141</i>
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ В СЕТИ 6-10 КВ	
<i>Бобоев Х.Д., Саидов С.Р., Джамшиедзода Б.Дж. Сайфиддинзода О.</i>	<i>146</i>
СЕКЦИЯ – 2	152
ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ - ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА	
<i>Шарипов С.Р., Абдуллаев С. Ф., Рахимов С.Т., Розикова М.Т., Холов Р.С.</i>	<i>153</i>
РАСЧЕТ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	
<i>Гаюров Б.А., Бобозода Ш.А., Раджабов Д.Р.</i>	<i>157</i>
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ МЕЖДУ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫМИ СИНХРОННЫМИ ВЕТРОАГРЕГАТАМИ И ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРАМИ	
<i>Джалилов Р.А.</i>	<i>161</i>
РЕСУРСЫ БИОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	
<i>Ганиев З.С., Назиров Х.Б., Ишан – Ходжаев Р.С.</i>	<i>167</i>
АНАЛИЗ РЕЖИМОВ АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРИ УСЛОВИИ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ДОЛИ ГЕНЕРИРУЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДАХ ЭНЕРГИИ	
<i>Манусов В.З., Дж.С. Ахъёев, М.Х. Назаров, Ш.А. Бобоев</i>	<i>171</i>
РЕГУЛИРУЮЩАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА	
<i>Мингазетдинов И.Х., Нуртдинов К.Р., Зорина Т.В.</i>	<i>177</i>
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	

<i>Ганиев З.С., Ишан – Ходжаев Р.С., Джураев Ш.Дж., Исмоилов С.Т.....</i>	<i>180</i>
САМАРАНОКИИ ИСТЕҲСОЛ ВА ИСТИФОДАБАРИИ ГАЗҶОИ БИОЛОГИ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН	
<i>Раунов Н.М., Ризоев С.Н., Носиров И.С.</i>	<i>185</i>
МОЛНИЕЗАЩИТА ВЕТРОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	
<i>Рахимов Ф.М.....</i>	<i>190</i>
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УСТАНОВКИ	
<i>Рахимов Ф.М.....</i>	<i>194</i>
МЕТОДИКА ПРОГНОЗА ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ	
<i>Субхонов Ш., Зиёратиои К., Махмудова Ш.М.</i>	<i>197</i>
ОЦЕНКИ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	
<i>Сафаров М.И., Зиёев А.С., Мирзоев А.И., Вайсиддинович Д.Т.</i>	<i>201</i>
ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	
<i>Махсумов И.Б.....</i>	<i>208</i>
УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО И ЧИСТОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ	
<i>Махсумов И.Б., Раунов Н.М.</i>	<i>215</i>
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОАГРЕГАТА МАЛОГО ГЭС С НАПОРНЫМ ТРУБОПРОВОДОМ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ	
<i>Сафаров М.И., Зиёев А.С., Вайсиддинович Д.Т., Мирзоев А.И.</i>	<i>222</i>
ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	
<i>Тунакова Ю.А., Габдрахманова Г.Н.....</i>	<i>228</i>
АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ СТАРЕНИЯ КАБЕЛЕЙ	
<i>Махмудова Ш.М., Зиёратиои К., Субхонов Ш.</i>	<i>233</i>
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЫГОДА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ТАДЖИКИСТАНЕ	
<i>Андалеби Н., Арабов Ф.Д., Субхонов Ш.....</i>	<i>237</i>
ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВЫБРОС ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ	
<i>Мажитов Б.Ж., Юнусов М.Ю., Давлатшоев Р.А., Ниёзов О.С.</i>	<i>242</i>
СОЛНЕЧНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАНА	
<i>Шарипов Ф.....</i>	<i>250</i>
СЕКЦИЯ – 3.....	254

НАПРАВЛЕННАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ	
<i>Аминов Дж.Б., Рахимов Б.Н.</i>	255
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МАГНИЙ СОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Аминов Дж.Б., Рахимов Б.Н.</i>	258
КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД	
<i>Рахимов Б.Н., Аминов Дж.Б.</i>	263
ОБРАБОТКА И ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА 0,8PBTE+0,2PBSE	
<i>Рахимов Б.Н., Аминов Дж.Б.</i>	266
СВЯЗЬ МЕЖДУ ТЕПЛОЕМКОСТЬЮ И КОЭФФИЦИЕНТОМ МАССОПЕРЕНОСА ИРИДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	
<i>Назирмадов Д.А., Сафаров М.М.</i>	269
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КРЕМНИЕВЫХ ФуЛЛЕРЕНОВ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	
<i>Раджабова С.С., Сафаров М.М.</i>	276
КОЭФФИЦИЕНТ АДСОРБЦИИ ПОРОШКА ФЛЮОРИТА ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 303-328К	
<i>Зарипов Дж.А., Тиллоева Т.Р., Зикилов Ш.Т.</i>	281
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ - НЕГАШЕНОЙ ИЗВЕСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАМАНЗОР ЯВАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	
<i>Зарипов Дж.А.</i>	286
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ	
<i>Мингазетдинов И.Х., Сергеев Р.С., Зорина Т.В., Трифонова К.А.</i>	291
ВЛИЯНИЕ НАНОПОРОШКА ДИМЕТИЛКЕТОНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ ПРИ ВЫСОКИХ ПАРАМЕТРАХ СОСТОЯНИЯ	
<i>Зоиров Х.А., Сафаров П.М., Гуломов М.М.</i>	294
ВЛИЯНИЕ ЖИДКОГО ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО УГЛЕРОДА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ БЕНЗОЛА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ	
<i>Сафаров Ф.А., Собиров Дж.Ф.</i>	298

ИСТИФОДАИ АМСИЛАСОЗИИ КОМПЮТЕРӢ БАРОИ СОХТАНИ КОРӢОИ ОЗМОИШӢ АЗ ФАНИИ ТЕХНИКАИ ГАРМО	
<i>Тагоев С.А., Ҳақҷоров И.З.</i>	302
АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПКОВОГО МАСЛА	
<i>Холов Р.С. *, Тагоев С.А.</i>	306
СЕКЦИЯ – 4	309
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО АПВ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ	
<i>Абдуллоев Л.Ш., Гадоев А.И., Окилов А.С.</i>	310
ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ЛИНИИ ПО ДАННЫМ ЛИНИИ СВЯЗИ НУРЕК-РЕГАР – Л-505	
<i>Гадоев А.И., Абдуллоев Л.Ш., Салимов А.З.</i>	313
О МОДЕЛЯХ УСТРОЙСТВ АРВ ПО СТАНДАРТАМ IEEE	
<i>Окилов А.С., Салимов А.З., Гадоев А.И.</i>	317
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ	
<i>Окилов А.С., Абдуллоев Л.Ш., Салимов А.З., Алиев А.Х.</i>	325
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	
<i>Амирджони С., Рахимов Ф.М., Мирзоев А.И.</i>	329
ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ УДАЛЕННАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ЧАСТЕЙ АКТИВНОЙ СЕТИ БЕЗ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	
<i>Гуломзода А.Х., Гуломзода К.Х., Гуломов А.Х.</i>	334
ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПОНЕНТА УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ ПУТЁМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
<i>Мирзозода Б.М., Ибрагимов Б.Ф.</i>	340
ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ОАПВ В СХЕМАХ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ШУНТИРУЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ НА ВЛ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПОЛУФАЗАМИ	
<i>Махмудов К.А.,²Шофайзов М.Ф.</i>	345
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЧР И САОН ПРИ БОЛЬШИХ ДЕФИЦИТАХ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В МИКРОЭНЕРГОСИСТЕМАХ С МИНИ-ГЭС	
<i>Холов Н.Б., Волошин А.А.</i>	350
УСТРОЙСТВА РЕЖИМНОЙ АВТОМАТИКИ ГЭС С АВТОМАТИКОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ОБЪЕДИНЁННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ	
<i>Шарипов М.М., Гулмамадов М.С.</i>	359

КОРКАРДИ АЛГОРИТМИ ТАФТИШИ ТЕРМИНАЛИ БМРЗ-100 ДАР БАЗАИ РЕТОМ-61	
<i>Шарипов У.Т., Охонов Р.Ф., Аминов Ф.Ф., Шокиров А.М.....</i>	363
ИСТИФОДАИ КОНТРОЛКУНАНДАҲОИ SIEMENS БАРОИ ИҶРОИ ФУНКЦИЯҲОИ ПАЙВАСТИ АВТОМАТИИ МАНБАИ ЗАХИРАВӢ ВА ҲИМОЯИ МУҲАРРИКҲОИ ЭЛЕКТРИКӢ	
<i>Усмонов Ф.М., Исмоилов И.М., Савзалиев З.Қ., Розиков А. Ҷ.....</i>	368
МИКОНТРОЛКУНАНДАҲОИ CANNУ	
<i>Савзалиев З.Қ., Исмоилов И.М., Усмонов Ф.М., Розиков А. Ҷ.....</i>	370
О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕТОМ-61	
<i>Шарипов У.Т., Охонов Р.Ф., Аминов Ф.Ф., Шокиров А.М.</i>	373

СЕКЦИЯ – 1

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

Саидзода Х.С., Шамсудинов Д.Р.

ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В статье разработан алгоритм выбора логико-вероятностного метода на основе динамического дерева отказа под рассматриваемую ветродизельную станцию, функционирующей с использованием ВИЭ, для проведения оценки и расчета показателей надежности станции, позволяющий учитывать скорости ветра, последовательность происходящих событий, анализировать состояния резервных элементов системы благодаря введению динамических операторов в дерево отказов.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветродизельная электростанция, надежность, электроснабжение.

DEVELOPMENT OF A PARAMETRIC RELIABILITY MODEL FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS FOR RURAL CONSUMERS IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Annotation. The article develops an algorithm for choosing a logical-probabilistic method based on a dynamic fault tree for the considered wind-diesel station operating with the use of renewable energy sources for assessing and calculating the reliability indicators of the station, which allows taking into account wind speeds, the sequence of events occurring, and analyzing the state of the reserve elements of the system due to the introduction of dynamic operators in the fault tree.

Keywords: renewable energy sources, wind-diesel power plant, reliability, power supply.

Во многих странах владельцам жилых домов и предприятиям, имеющим собственные генерирующие установки на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), в частности энергии ветра, которые синхронизированы с централизованными электрическими системами, разрешено поставлять выработанную возобновляемыми источниками энергии (солнца и ветра) в централизованную сеть [1].

Данные факты оказывают существенное влияние на развитие «зеленой энергетики» в Республике Таджикистан (РТ) согласно действующим законодательством (Закон РТ от 12 января 2010 г. «Об использовании возобновляемых источников энергии» [2].

В нашей стране, где достаточно большой потенциал гидравлической энергии, энергоустановки на базе ВИЭ могут находить широкие применения в горных условиях, где централизованное электроснабжение очень затруднительно или малоэффективно [3]. Следует отметить, что в тех местах, где отсутствуют источники питания для сельских потребителей, имеются условия для установки ветро-дизельных станций (ВДС).

Однако для оценки и анализа надежности работы энергоустановок автономной ветродизельной станции необходимо разработать комбинирование логико-вероятностной модели на основе дерева отказов, которая осуществляется с помощью математической модели.

Динамическое дерево отказов – это расширение традиционного логико-вероятностного метода на основе дерева отказов путем добавления в него динамических операторов. После этого отказы ветродизельной станции могут зависеть как от порядка отказа элементов, так и от их комбинации.

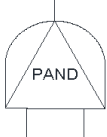
Входными параметрами в методе дерева отказов являются интенсивность отказов λ , 1/год и интенсивность восстановлений μ , 1/год элементов системы [4].



Построение динамических моделей надежности с применением дерева отказов осуществляется введением в них специальных операторов: PAND (приоритетное И), SEQ (соблюдение последовательности) и SPARE (моделирование надежного поведения схем резервирования) [5]. Графическое обозначение и описание приведено в табл. 1.

Динамическая вершина PAND моделирует ситуацию последовательного возникновения входных событий. PAND достигает состояния отказа, если все его входные элементы вышли из строя в заранее заданном порядке (слева направо). Отказ происходит, если элемент 1 выходит из строя до выхода из строя элемента 2, но элемент 2 может выйти и с трою, не вызывая выход и с трою элемента 1. Оператор PAND также позволяет моделировать “надежностное поведение” систем, в которых происходят несколько видов отказов, различающихся по тяжести последствий.

Таблица 1

Логико-динамические операторы дерева отказов

Символ логического знака	Название логического знака	Причинная взаимосвязь
	<p><i>PAND</i> (Приоритетное И)</p>	<p>Выходное событие имеет место, если все входные события происходят в нужном порядке слева направо</p>

	<p style="text-align: center;"><i>SEQ</i> (Последовательность возникновения событий)</p>	<p style="text-align: center;">Входные события могут возникать только в одной определенной последовательности</p>
	<p style="text-align: center;"><i>SPARE</i> (Состояния резерва)</p>	<p style="text-align: center;">Наличие входа вызывает наличие выхода тогда, когда происходит условное событие</p>

Динамическая вершина SEQ моделирует процесс возникновения событий, происходящих только в одной определенной последовательности и исключающих возникновения в разном порядке. В то время как оператор SEQ позволяет событиям происходить только в заранее заданном порядке и утверждает, что другая последовательность отказов никогда не может иметь места, оператор PAND не навязывает такого сильного предположения: он просто обнаруживает порядок отказов и достигает отказа только в одном случае.

В данной работе из-за ограниченности количество страниц проблематика система дифференциальных уравнений на примере динамического оператора PAND подробно не рассматривается, для исследования взяты уже известные показатели. В [5] для каждого динамического оператора разработаны математические модели в виде дифференциальных уравнений с использованием интенсивности отказов λ и интенсивности восстановления μ .

Приведем некоторые данные, рассчитанные на основе исходных метеорологических данных для сельских потребителей, а также рассчитанные показатели надежности в зависимости от погодных условий:

- период времени с расчетной скоростью ветра $T_p = 0,9$;
- период времени с нерасчетной скоростью ветра $T_H = 0,1$;
- интенсивность появления нерасчетной $\lambda_v = 1,1$ (1/год);
- интенсивность появления расчетной $\mu_v = 10$ (1/год);
- ограничительное условие при отсутствии ветра $q_2 = 0,099$;
- ограничительного условия при наличии ветра $q_1 = 0,901$

Статические данные показателей надежности электроустановок ветродизельной станции приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Показатели надежности электроустановок ветродизельной станции

Наименование электроустановок	Интенсивность отказов λ , 1/год	Время восстановления τ , год
ВЭУ 150кВт	0,8	0,0033
Аккумуляторная батарея	0,001	0,0015
Резервный дизельный генератор	0,002	0,015
Автоматический выключатель 0,4кВ	0,0015	0,0001
Инвертор	0,113	0,083

Рассмотрим схемы автономной ветродизельной станции, состоящей из двух ветроэнергетических установок (ВЭУ) мощностью 150 кВт каждая, одной дизель-генераторной установки мощностью 150 кВт и одного блока из 10 гелевых свинцово-кислотных аккумуляторных батарей мощностью каждой 230 А·ч. Аккумуляторные батареи рассчитаны на 10-и часовой автономный режим работы в случае выхода из строя ветроустановок.

Однолинейная схема электроснабжения и динамическое дерево отказов автономных потребителей представлены на рис. 1 и 2.

В соответствии с однолинейной схемой на рис. 1 ветродизельная электростанция работает следующим образом: ВЭУ 1 – рабочая ветроустановка, ВЭУ 2 – постоянная резервная ветроустановка (постоянный резерв), включение и отключение которой осуществляется с помощью автоматического выключателя.

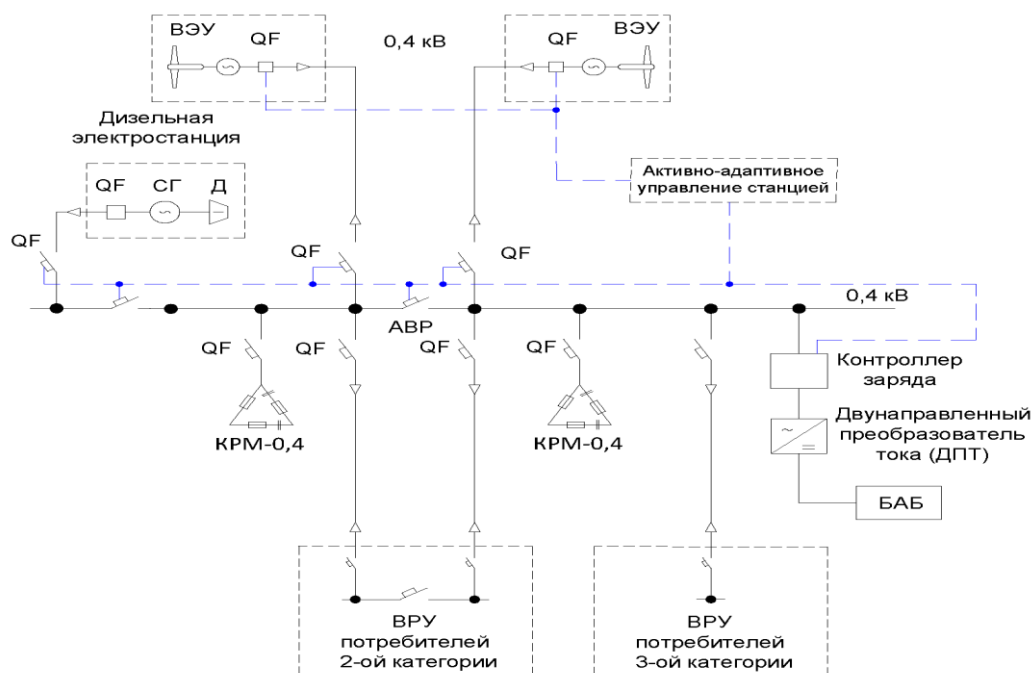


Рис.1. Однолинейная схема электроснабжение автономных сельских потребителей от ВДС

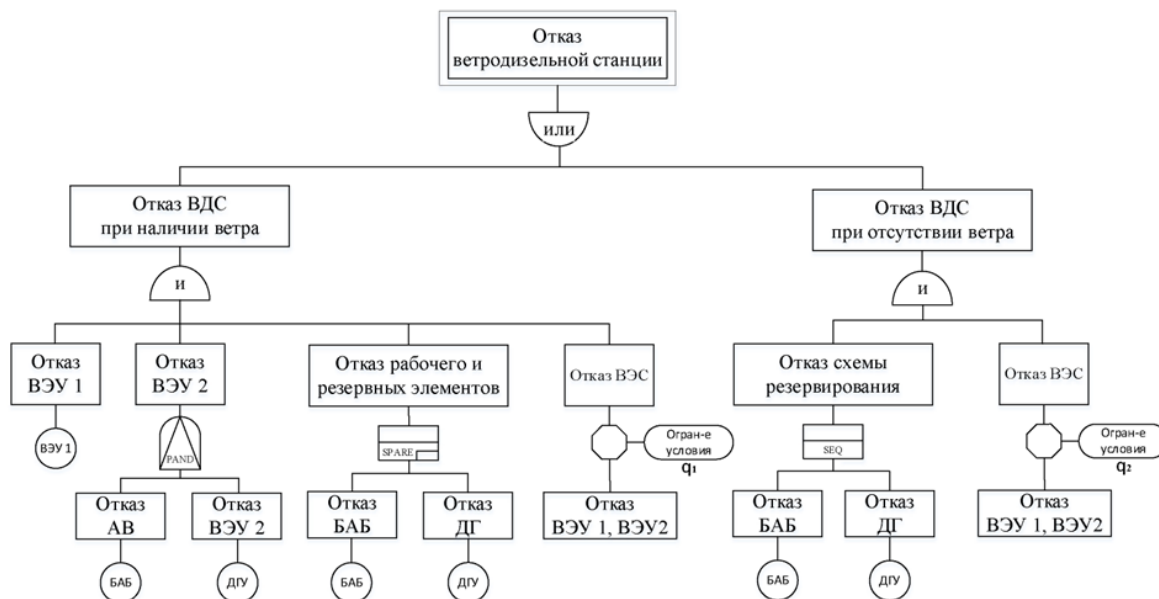


Рис.2. Динамическое дерево отказов для автономной ветродизельной станции: PAND, SEQ, SPARE – динамические операторы

Назначение ВЭУ-2 заключается в резервировании ВЭУ-1 и в включении в работу для совместной выработки с ВЭУ-1 необходимой мощности, если погодные условия не позволяют самостоятельно ВЭУ-1 вырабатывать заявленную номинальную мощность, т.е. при скорости ветра, которая ниже номинальной скорости ВЭУ, обе ветроустановки совместно вырабатывают требуемую мощность для электроснабжения объекта. Если же ВЭУ-1 работает при нормальной скорости ветра и вырабатывает необходимую номинальную мощность, ВЭУ-2 будет работает на накопление электроэнергии в аккумуляторных батареях и/или на продажу излишек. В случае неблагоприятных для работы обеих ВЭУ погодных условиях, а именно, когда скорость ветра ниже стартовой скорости ВЭУ или выше скорости отключения ВЭУ (сильные ветра) или других аварийных ситуаций, происходит включение аккумуляторных (батарей облегченный резерв). Аккумуляторные батареи рассчитаны на мощность, достаточную для покрытия потребности электроэнергией всего объекта. В случае, если до разряда аккумуляторных батарей (БАБ с защитой от глубокого разряда) ВЭУ не заработают, в работу включается дизельный генератор (ненагруженный резерв ("холодный резерв")), мощность которого также рассчитана на обеспечение электроэнергией всего объекта.

В соответствии с вышесказанным вероятность отказа (коэффициент простоя) ВЭУ.

– при нерасчетной скорости ветра:

$$q_{ВЭУн.} = q_{ВЭУ} \cdot q_2 \tag{1}$$

– при расчетной скорости ветра:

$$q_{ВЭУр.} = q_{ВЭУ} \cdot q_1 \quad (2)$$

Коэффициенты простоя, рассчитанные для электроустановок ветродизельной станции: ВЭУ, блока аккумуляторных батарей, дизель-генераторного устройства и автоматического выключателя и в целом для самой станции, представлены в табл. 3. Коэффициенты простоя минимального сечения отказов, содержащих как электроустановки, так и динамические операторы, представлены в табл. 4.

Таблица 3

Коэффициенты простоя элементов схемы ВДС

Наименование события	Коэффициент простоя элементов ВДС, q_j	
	при расчетной скорости ветра	при нерасчетной скорости ветра
Отказ ВЭУ	$2,37 \cdot 10^{-3}$	$2,61 \cdot 10^{-4}$
Отказ БАБ	$1,5 \cdot 10^{-6}$	
Отказ ДГ	$3 \cdot 10^{-5}$	
Отказ АВ	$1,5 \cdot 10^{-7}$	

Таблица 4

Коэффициенты простоя МСО и ВДС схемы

МСО	Коэффициент простоя МСО, q_{c1}, q_{c2}	Коэффициент простоя ВДС, q_c	Коэффициент готовности ВДС, K_r
RST	$2,63 \cdot 10^{-7}$	0,000992037	0,9990097
GL	$1 \cdot 10^{-2}$		

Приведенные результаты расчетов показателей надежности схемы электроснабжения автономных сельских потребителей на основе ВИЭ показывают (см. табл.3 и 4), что рассмотренный вариант является надежной конфигурацией схемы автономной ветродизельной станции, содержащая 2 ВЭУ мощностью 150 кВт каждой.

Выводы

Проанализированы динамические деревья отказов для схемы ветродизельной станции с 2 ВЭУ мощностью 150 кВт каждой. На основании представленных моделей разработаны математические модели и проведена оценка основных показателей надежности автономной системы

электроснабжения сельских потребителей на основе ВИЭ с учетом изменения погодных условий в удаленных горных местах Республики Таджикистан и определена надежная схема. Предложенные модели и проведенный анализ надежности схемы ветродизельной станции и обоснования выбора схемы могут быть применены проектными энергетическими компания для научно-исследовательских и практических работ.

Литература

1. Сангов Х.С. Применение солнечных фотоэлектрических установок в системах электроснабжения сельских потребителей (на примере удаленных регионов Республики Таджикистан). Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2020. № 4 (52). С. 30-38.
2. Закон Республики Таджикистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» 2010 г. – №1. – 11 с.
3. Додхудоев М.Д., Сангов Х.С., Мираков О.А., Давроншоев Ш.Р. Нетрадиционная ветроэлектрическая установка // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Экономическое развитие энергетики в республике Таджикистан». Курган-Тюбе. 2015. С. 66-71.
4. Гук, Ю. Б., Синенко М.М., Тремясов В.А. Расчет надежности схем электроснабжения / Ю.Б. Гук, М.М. Синенко, В.А. Тремясов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 216 с.
5. Эльбазуров А.Р., Титова Г.Р. Определение показателей надежности гибридных станций для автономных систем электроснабжения с использованием логико-вероятностного метода на основе динамического дерева отказов / В сборнике: Фёдоровские чтения — 2021. LI международная научно-практическая конференция с элементами научной школы. 2021. С. 280-287.

Сведения об авторах:

Саидзода Х.С. – к.т.н., старший преподаватель кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими. E-mail: khushdil.sangov@mail.ru

Шамсудинов Д.Р. – магистрант 2-го курса, группы 1-430103Б кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

ИМИТАЦИОННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Саидзода Х.С., Шамсудинов Д.Р.

ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В статье разработана компьютерная модель, которая может быть использована для исследования асинхронный генератор двойного питания в широком диапазоне мощностей. Полученные результаты можно классифицировать как решение задачи по созданию информационно-методического обеспечения для системного проектирования ветроэнергетической установки. В качестве средства исследования использовано программное обеспечение MATLAB/Simulink.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, асинхронный генератор двойного питания, система управления, компьютерная модель.

SIMULATION COMPUTER MODELING OF DOUBLY FED INDUCTION GENERATOR WIND POWER PLANT

Annotation. The article has developed a computer model that can be used to study a dual-fed asynchronous generator in a wide power range. The results obtained can be classified as a solution to the problem of creating information and methodological support for the system design of a wind turbine. MATLAB/Simulink software was used as a research tool.

Keywords: wind power plant, doubly fed induction generator, control system, computer model.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) могут вырабатывать электроэнергию как в параллель с сетью, так и вне зависимости от сети. Даже при наличии сети общего пользования потребитель может сталкиваться со множеством проблем начиная от перебоев или недостатка мощности и заканчивая высокой ценой за энергию. Поэтому вопрос об установлении ветрогенератора, работающего в параллель с сетью, может оказаться актуальным [1]. Такая схема реализуется без использования аккумуляторов, а возможности инвертора должны быть дополнены функцией синхронизации. Отсутствие АКБ является следствием прямых потребителей вахтового поселка, небольшой емкости АКБ все же будут, для работы автоматики ВЭУ. Если вырабатываемая ветровым генератором энергия покрывает потребление, то излишки отдаются в сеть. Если же наоборот мощности ветряка недостаточно, то требуемая порция электричества берется из сети.

В сетевой ВЭУ кинетическая энергия ветра преобразуется в электрическую энергию с помощью асинхронный генератор двойного питания (АГДП), подключенного к сети. Для исследования проблемы обеспечения качества электроэнергии в такой системе с переменной частотой вращения вала ВЭУ целесообразно разработать модель АГДП, работающего параллельно с сетью.

В настоящее время применяется ВЭУ на базе АГДП с трехуровневым управлением преобразователями частоты (ПЧ) [2]. Первый уровень управления реализуется СУ1 и СУ2 соответственно в четырехквадрантный преобразователь ЧКП1 и ЧКП2 (рис. 1). Второй уровень состоит из СУ3 ветроколесом ВЭУ. Третий уровень реализуется СУ4 и обеспечивает взаимодействие нескольких ВЭУ на базе АГДП с сетью.

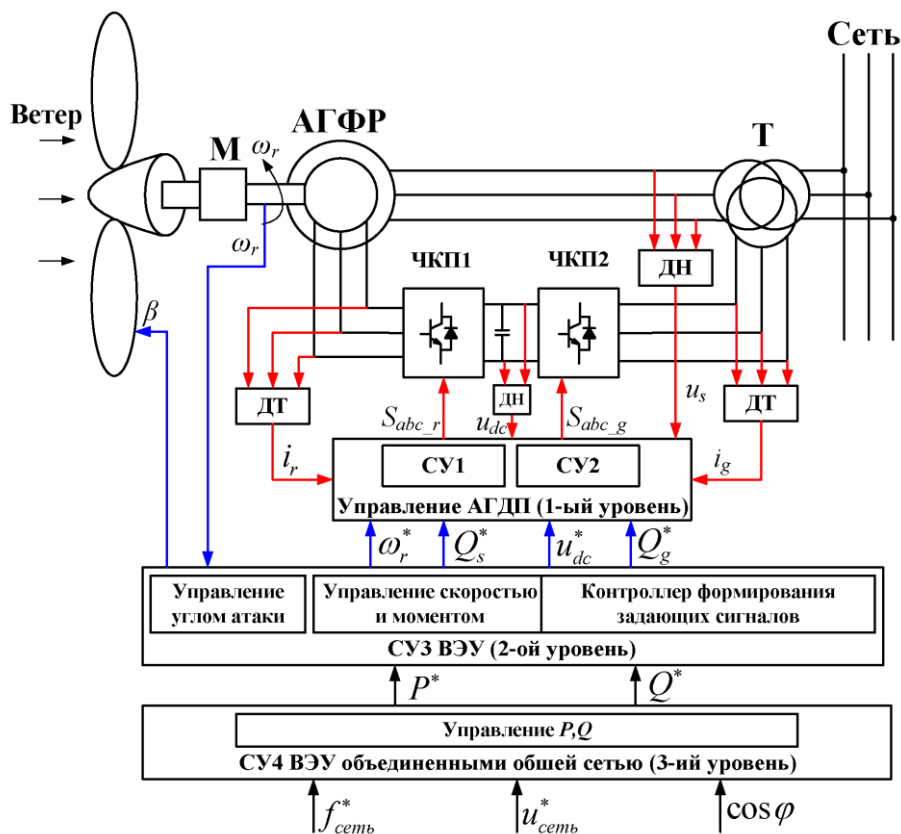


Рис. 1. Структурная схема управления ВЭУ на базе АГДП: ДН – датчики напряжения, ДТ- датчики тока

Традиционным ПЧ, используемым в ВЭУ, является трехфазный двухуровневый инвертор напряжения. Источник напряжения в виде ШИМ-модели трехфазного преобразователя может быть выражен в системе координат abc или синхронно вращающейся системе координат dq, которая используется для целей управления. Математическая модель, основанная на пространственных векторах, выраженная в системе координат abc, была получена в [3]. В [4], авторы представляют модель ПЧ в разных системах

координат abc и dq . Для исследований процессов в ВЭУ некоторые исследователи предельно упростили модель ПЧ, используя эквивалентный источник переменного напряжения, который генерирует гармонику основной частоты. В [5] автор дал подробное описание рабочих процессов, метода управления и сравнил варианты реализации трехфазных источников напряжения и источников тока в режиме ШИМ.

Таким образом, выявлено, что в настоящее время для ВЭУ больших мощностей наиболее часто используются АГДП. Несмотря на большое число публикаций, посвященных модельному описанию процессов асинхронной машины (АМ), работающей в генераторном режиме, тем более в режиме параллельной работы с сетью, значительно меньше. Поэтому целью настоящей работы является имитационное компьютерное моделирование (ИКМ) АГДП, работающего параллельно с сетью в среде программного обеспечения (ПО) MATLAB/Simulink.

На рис. 2 в структурном виде представлена ИК-модель АГДП в ПО MATLAB/Simulink, включающая в себя: АМФР (мощностью $P_{нс} = 150$ кВт, с номинальной частотой вращения $n_n \approx 1500$ об/мин, с заданными, известными параметрами); ЧКП1 и ЧКП2 на базе IGBT-транзисторов и их СУ1 и СУ2; фильтр; сеть, датчики токов (ДТ) и напряжений (ДН). В процессе исследования ИК-модели изменялись: крутящий момент АМ от 0 до его номинального значения и частоты вращения вала АМ в пределах $0,7n_n \div 1,3n_n$. Такая система позволяет получить переменный ток стабильной частоты при изменяющейся частоте вращения вала генератора.

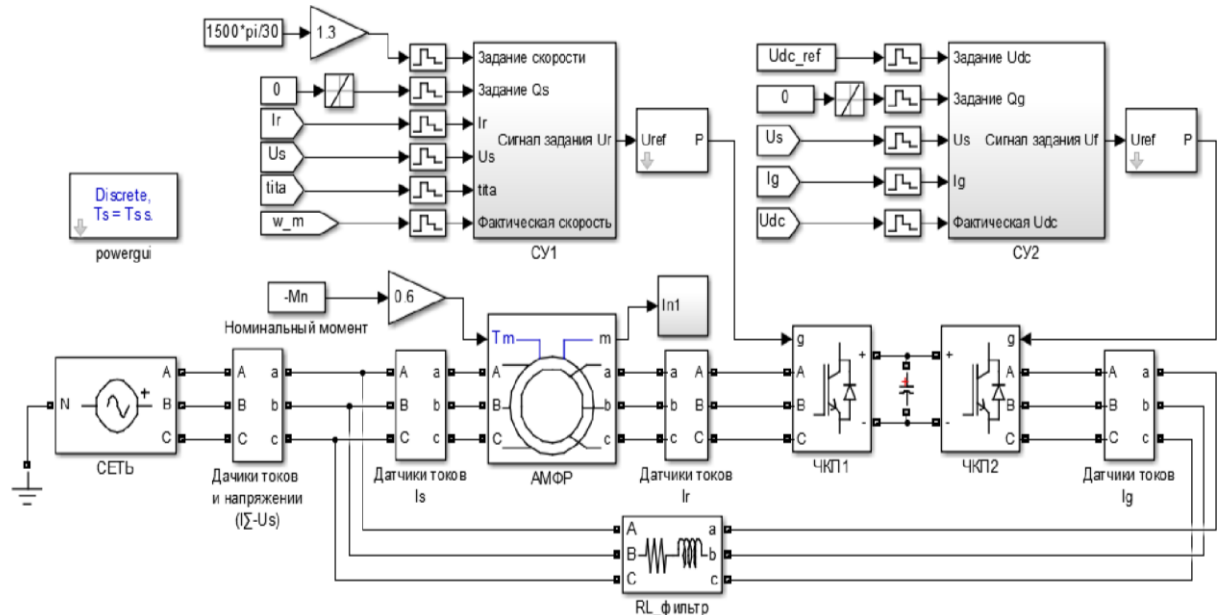


Рис. 2. Структурный вид ИК-модели системы АГДП в ПО MATLAB/Simulink

При проведении ИКМ системы АГДП параллельно с сетью, могут применяться различные методы, например, управление реактивной мощностью статора, отдаваемой в сеть. Поэтому в работе использован способ векторного управления.

При изменении скольжения АГФР, напряжение в цепь постоянного тока (ЦПТ) поддерживалось постоянно $U_{dc} = 680$ В, фазное напряжение сети $U_g = 231$ В, и обмен суммарной реактивной мощностью с сетью равен 0, т.е. $Q_{\Sigma} = Q_s + Q_g = 0$.

Искажения тока статорной обмотки определяются искажениями тока роторной обмотки, которые в свою очередь определяются тактовой частотой f_t ЧКП-1 и индуктивностью ротора. Для уменьшения искажений отдаваемого в сеть тока значения сопрягающей индуктивности или тактовой частоты ЧКП-2 необходимо увеличивать. В данном случае (в ИК-модели) индуктивность дросселя взята равно $L=5$ мГн.

Результаты ИКМ представлены на рис. 3, где приведены временные диаграммы и спектрограммы токов и напряжений в системе при ее параллельной работе с сетью 400В/50Гц.

Анализируя полученные на основе ИКМ результаты, можно убедиться в том, что они не только качественно, но и количественно подтверждают (с высокой точностью) теоретически полученные результаты в [2].

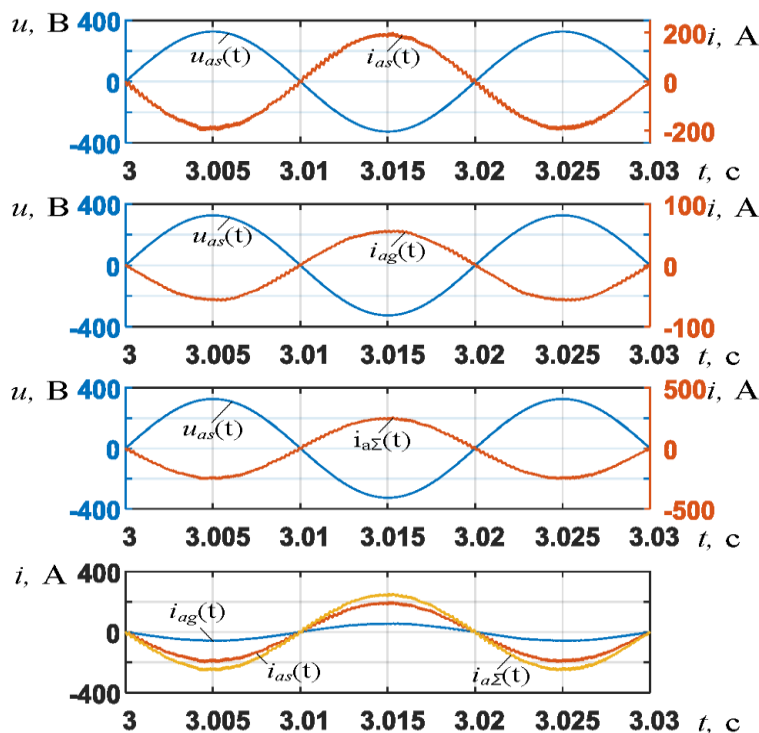


Рис. 3. Временные диаграммы процессов в АГДП в ПО MATLAB/Simulink

Выводы

В работе разработана ИК-модель АГДП с ПЧ и его СУ, которая обеспечивает работу системы генерирования ВЭУ при параллельно с сетью в соответствии с заданным алгоритмом управления. Адекватность полученных результатов исследования подтверждается высокой степенью совпадения (в худшем случае не более 2%) теоретических расчетов параметров АГДП мощностью 150 кВт с результатами ИКМ, полученных с помощью ПО *MATLAB/Simulink*.

Литература

1. Цгоев Р.С., Нетрадиционная ветроэнергетика: учебное пособие по курсу "Нетрадиционная энергетика" по программе подготовки "Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии" направления 140400 "Электроэнергетика и электротехника". М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 168 с.
2. Нгуен Хыу Нам, А.В. Бериллов и др. Исследование системы генерирования на базе асинхронного генератора двойного питания в режиме параллельной работы с сетью // Практическая силовая электроника, № 2 (70)/2018, С. 2 – 11.
3. Jae-Ho Choi, Hyong-Cheol Kim and Joo-Sik Kwak Indirect Current Control Scheme in PWM Voltage-Sourced Converter / Proceedings of the Power Con-version Conference, Nagaoka, August 1997. – p. 277-282.
4. Vladimir Blasko and Vikram Kaura. A New Mathematical Model and Control of a Three-Phase AC-DC Voltage Source Converter / IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 12(1), January 1997. – p. 116-123.
5. José R. Rodríguez, Juan W. Dixon, José R. Espinoza, Jorge Pontt and Pablo Lezana PWM Regenerative Rectifiers: State of the Art / IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 52(1), February 2005. – p. 5-22.

Сведения об авторах:

Саидзода Х.С. – к.т.н., старший преподаватель кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими. E-mail: khushdil.sangov@mail.ru

Шамсудинов Д.Р. – магистрант 2-го курса, группы 1-430103Б кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Ахмадов Дж.Х., Салимов Н.М.

Научный руководитель – Анварова Г.Б.

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими,
г. Душанбе, Таджикистан*

Аннотация: В статье рассмотрены преимущества применения методов контроля частичных разрядов для продления срока службы электрооборудования.

Ключевые слова: Частичные разряды, генераторы, обмотка, статор, мощность, отказы.

BENEFITS OF APPLYING PARTIAL DISCHARGE CONTROL TECHNIQUES

Abstract: The article discusses examples of the application of partial discharge control methods to extend the life of electrical equipment.

Key words: Partial discharges, generators, winding, stator, power, failures.

Введение

Частичные разряды относятся к электрическим разрядам, которые происходят в газовых пустотах в системах изоляции высокого напряжения. Частичные разряды могут служить признаком того, что имеют место некоторые механизмы отказа в двигателях, генераторах и распределительных устройствах. Поэтому тестирование на частичные разряды можно использовать в качестве упреждающей меры. Тестирование можно производить на оборудовании с номиналом от 3 кВ до 25 кВ.

Тестирование позволяет правильно распознать и предупредить о таких механизмах отказов, как:

Рыхлая обмотка статора;

Загрязнённость;

Термическое старение;

Дефекты изготовления.

Тестирование генераторов и двигателей на частичные разряды относится к одному из видов планово-предупредительного обслуживания обмотки статора. Это единственный функциональный тест, который позволяет правильно определить и предупредить о развивающихся механизмах отказа в обмотке статора, например: разрыхление обмотки, загрязнение, термическое старение, дефекты изготовления, проблемы, связанные с периодическим изменением нагрузки и не только. Тест можно применять к любой обмотке статора номиналом от 3 кВ до 25 кВ. Статистические данные, опубликованные Институтом инженеров по электротехнике и радиоэлектронике и Электроэнергетическим научно-исследовательским институтом (США),

свидетельствуют о том, что около 40 % всех отказов у машин происходят в результате повреждения изоляции обмотки статора (рис. 1).

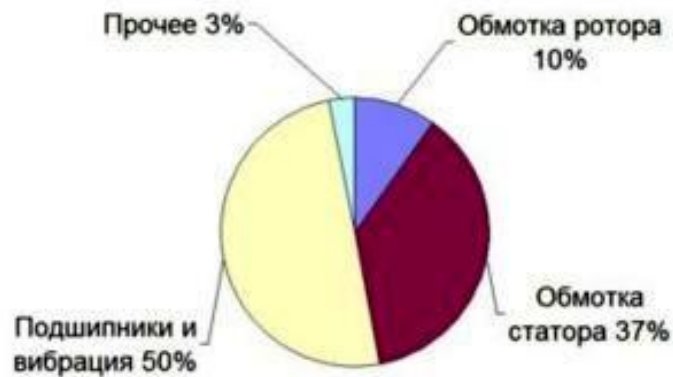


Рисунок 1. Статистика причин отказов электрических машин

Частичные разряды (ЧР) представляют собой искорки, которые возникают внутри двигателей и генераторов. Они возникают в пустотах и на поверхности изоляции обмотки статора, а также в лобовой части между фазами. Необходимо считать количество частичных разрядов внутри машины и квантифицировать их. Если наблюдается рост активности ЧР со временем (больше количество импульсов и более крупные импульсы), это свидетельствует о старении изоляции обмотки статора. Зная это, можно предсказать, насколько серьёзно ухудшилось состояние обмотки задолго до того, как произойдёт катастрофический внезапный отказ. Всю эту информацию можно получать без прерывания работы машины.



Рисунок 2. Появление частичных разрядов в различных частях обмотки

Название «частичный разряд» говорит о том, что разряд неполный (не пробой). Это скорее пробой между источником некоторого промежуточного напряжения и другим источником некоторого промежуточного напряжения в толще изоляции, но не пробой со стороны высокого напряжения на землю. Электрическая прочность газа при 1 атмосфере составляет примерно 3 кВ/мм. По этой причине невозможно тестировать на ЧР машины, работающие с номиналом менее примерно 3 кВ.

Компания Iris Power LP – мировой лидер в области применения методов контроля частичных разрядов для целей планово-предупредительного

обслуживания вращающихся машин (двигателей и генераторов) номиналом 3 кВ и выше. В мире насчитывается более 11000 машин, на которых установлено оборудование, изготовленное компанией.

Преимущества тестирования на частичные разряды

Пользователь получает следующие преимущества за счёт применения тестирования на частичные разряды:

- Отпадает необходимость перемотки старых машин и увеличивается до максимума часовая наработка обмотки статора.
- Возможность избежать эксплуатационных отказов обмотки статора; повышается коэффициент технического использования между простоями.
- Возможность отыскать и устранить проблему, которая могла бы вызвать отказ обмотки.
- Возможность отыскать проблемы у новых машин, которые ещё могут находиться на гарантии.
- Возможность оценить качество планово-предупредительного обслуживания и ремонта и/или перемотки за счёт снятия показаний до и после
- Возможность сравнения результатов, полученных у схожих машин и сосредоточиться на тех машинах, у которых выше уровень ЧР
- Возможность выявления конкретных механизмов отказа у обмотки статора, что позволяет предпринять корректирующее воздействие до планового останова
- Некоторые страховые компании признают применение тестирования на ЧР и могут дать возврат переплаты
- Возможность повысить общую надёжность у двигателей и генераторов
- Всё перечисленное можно сделать без прерывания работы машины (не выключая машины)

В некоторых случаях пользователи отказываются от таких методов тестового диагностирования как испытание высоким напряжением и Doble в пользу функционального диагностирования на частичные разряды осуществляемого во время функционирования объекта. В наши намерения не входит, во что бы то ни стало вытеснить с рынка прочие методы тестирования, которые хороши по-своему. Однако, какой смысл выводить из эксплуатации агрегат или продлевать простой для тестирования, если функциональное тестирование на частичные разряды показывает, что обмотка у статора в исправном состоянии. Тем не менее, компания Iris рекомендует при выявлении проблемы методом функционального диагностирования на ЧР, чтобы пользователи проводили тестовое диагностирование известными способами (используя измеритель коронного разряда, мегомметр и т. д.), что позволяет подтвердить существование проблемы. Такое подтверждение «диагноза» полезно для обоснования планируемой в будущем профилактики.

Исследования показывают, что в большинстве случаев обмотка статора отличается весьма высокой надёжностью (примерно на уровне 95%). В этом

смысле, эксплуатационщикам важно знать, к какой процентной доле относится их оборудование – 5%-ной или нет. Знать, что никаких проблем нет – само по себе преимущество. Известно, что некоторые машины отличаются более высокой надёжностью в силу своей конструкции или того режима, в котором их эксплуатируют. Однако, со временем и лучшие машины выходят из строя, в результате ли постепенного термического старения изоляции обмотки статора, или по иным причинам. Функциональное диагностирование на частичные разряды – единственный электрический тест, который позволяет сделать вышеуказанное.

Заключение

Рынок систем измерения и мониторинга частичных разрядов растёт примерно на 12% в год. Основные причины - это рост числа «зеленых» электростанций, нуждающихся в мониторинге и осознание пользователями крупных энергоустановок опасности и методов борьбы с ЧР. Тем более, что частичные разряды, также подчиняются законам физики и, соответственно, могут быть обнаружены и локализованы вполне определёнными способами.

Основными требованиями, предъявляемыми к оборудованию для измерения ЧР, являются простота применения, точность и возможность работы в режиме онлайн.

Литература

1. Котеленец Н.Ф., Акимова Н.А., Антонов М.В. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003.-384с.
2. ГОСТ 1516.2-97. Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции. Межгосударственный стандарт. - М.: Изд-во стандартов, 1998. Переиздание, 2004. -31с.
3. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. – 155с.
4. азуткин В.В. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учеб. для студентов электроэнергетических спец. вузов / Под общ. ред. В.П.Ларионова. 3-е изд., перераб. и доп. IV!.: Энергоатомиздат, 1986. - 464с.
5. Воробьев Г.А., Еханин С.Г., Несмелов Н.С. Электрический пробой твердых диэлектриков // Физика твердого тела, 2005. Т. 47. Вып. 6. - С. 1048-1052.

Сведения об авторах:

Ахмадов Дж.Х. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Салимов Н.М. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Сохибзода Н.М., Ахрорзода А. Дж.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Касобов Л.С.

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)

Аннотация: В работе рассмотрена и изучена общая информация о эксплуатации опор воздушных линий электропередачи, приведены характеристики различных типов опор.

Ключевые слова: эксплуатация, опора, воздушная линия.

OPERATION OF OVERHEAD LINES

Annotation: The paper considers and studies general information about the operation of overhead power transmission towers, shows the characteristics of various types of towers.

Keywords: exploitation, support, overhead line.

Опоры предназначены для закрепления на них гирлянд изоляторов с проводами и тросов ВЛ. В зависимости от назначения различают промежуточные, анкерные, угловые, концевые опоры, а также опоры специального назначения. Материалом для изготовления опор служат древесина, металл и железобетон. Методы эксплуатации опор в основном зависят от материала, из которого они изготовлены.

Деревянные опоры находят широкое применение, что объясняется их низкой стоимостью, простотой изготовления, достаточно хорошими механическими и другими характеристиками. Для опор применяется в основном древесина сосновых и еловых пород. Прочность деревянных опор зависит от влажности, плотности древесины и возраста дерева. Повышенная влажность уменьшает прочность дерева. Механическая прочность заметно уменьшается при наличии «пороков» деревянных деталей: сучков, трещин, косослоя, червоточин. Однако самым опасным пороком является подверженность древесины загниванию.

Для защиты от гниения деревянные детали опор пропитывают антисептирующими веществами. Если средний срок службы опор из непропитанной лиственницы составляет 15—18 лет, из сосны — 5 лет, то пропитка древесины антисептиком повышает срок службы опор до 20—30 лет. Основным антисептиком является креозотовое масло, получаемое при перегонке каменноугольной смолы. Пропитываемый лес предварительно просушивается до влажности 18—20 %, а затем погружается в автоклавы с креозотовым маслом для пропитки.

Контроль загнивания деталей деревянных опор проводится не реже 1 раза в 3 года, а также перед каждым подъемом на опору. Он включает в себя внешний осмотр и простукивание деталей опор, измерение глубины загнивания в опасных сечениях. При внешнем осмотре определяется участок

загнивания; простукиванием деталей молотком выявляется наличие внутреннего загнивания. Степень загнивания измеряется специальным прибором. Наибольшее распространение получили приборы, разработанные Мосэнерго. Работа прибора Мосэнерго основана на определении усилия, с которым стальная игла прибора (диаметр иглы в утолщении до 3,5 мм) способна проникнуть в древесину. Граница неповрежденной древесины определяется по резкому уменьшению усилия, замечаемого по шкале прибора. По данным измерений подсчитывается эквивалентный диаметр равнопрочного сечения неповрежденной древесины.

Основаниями под металлические опоры служат сборные (в некоторых случаях монолитные) и свайные железобетонные фундаменты. Стволы опор крепятся к основаниям анкерными болтами, заделанными в железобетон.

Механические повреждения металлических опор часто происходят в результате некачественной сварки стержней в узлах, прогиба стержней, непрочных болтовых соединений отдельных секций.

Большой вред *металлическим* опорам наносит коррозия, приводящая к снижению несущей способности опор. Наиболее распространенным способом защиты металлических поверхностей от коррозии является нанесение защитных покрытий. Различают покрытия *металлические* и лакокрасочные. К *металлическим* покрытиям относится оцинковка деталей опор горячим или гальваническим способом, а также методом распыления расплавленного металла по обрабатываемой поверхности.

Распространена окраска металлических опор с применением компрессорных установок, краскораспылителей, а также вручную кистями. Процесс состоит из двух операций: грунтования и окрашивания. С завода новые металлоконструкции поступают, как правило, покрытыми грунтом ВА-1П, суриком на олифе или другими грунтами. По грунту в два-три слоя наносятся красители. Из красочных материалов применяются: масляная краска на железном сурике, алюминиевая краска на битумной основе, перхлорвиниловая эмаль ПХВ-26 и др.

Ремонт металлических опор, которым нанесены механические повреждения, производится с помощью специальных приспособлений (домкратов, струбцин, скоб). При необходимости замены или усиления отдельных уголков сварные швы накладываются вдоль уголка, а не поперек, так как поперечные сварные швы снижают прочность. Усиление элементов производится с помощью накладок на болтах.

Железобетонные опоры изготавливаются из бетона и стали. В процессе изготовления металлическая арматура обволакивается бетоном, образуя монолитный железобетонный элемент, хорошо воспринимающий растягивающие и изгибающие усилия. Слой бетона надежно защищает стальные элементы от коррозии. Возможность совместной работы этих материалов

объясняется тем, что они имеют близкие по значению коэффициенты температурного расширения.

Для ВЛ напряжением до 35 кВ применяются опоры различных сечений из вибробетона, а при напряжении 35— 500 кВ — опоры с центрифугированными стойками цилиндрической или конической формы.

Проверка наличия и ширины трещин в бетоне опор производится 1 раз в 6 лет. Размер трещин измеряется специальным оптическим прибором — микроскопом Бринелля. Если ширина раскрытия и количество трещин в бетоне более установленных нормами, применяются следующие виды ремонта: покрытие поверхности бетона в зоне образования трещин краской; заделка трещин, раковин и сколов полимерцементным раствором; усиление опор устройством железобетонных или металлических бандажей.

Отклонение железобетонной опоры от вертикальной оси снижает механическую прочность опоры. Установлено, что при наклоне только на 2° несущая способность опоры уменьшается на 8—10 %. Выправка опор производится при помощи механизмов, обеспечивающих плавное увеличение тяжения.

Применение опор с оттяжками особенно целесообразно в тех случаях, когда закрепление основания опоры затруднено (например, в болотистых грунтах). Устойчивость достигается предварительной натяжкой оттяжек. Оттяжкам задается тяжение 20—25 % расчетного. В процессе эксплуатации тяжение проверяется.

Подъем на железобетонные опоры производится при помощи телескопических вышек или с применением специальных приспособлений (лестниц, лазов, когтей).

Заключение

Рассмотрены эксплуатации опоры линий электропередачи. Изучены характеристики различного типа опор в процессе эксплуатации.

Литература

1. Касобов Л.С., Немихин Ю.Е., Тарасов Ф.Е. Эксплуатация электрооборудования. Екатеринбург: РИО ИПЦ УрФУ, 2016. – 220 с.
2. Касобов Л.С., Раджабов М.Ш., Очилов С.А., Асоев И.А. Монтаж и ремонт электрооборудования. Душанбе: Промэкспо, 2021.-304 с.

Сведения об авторах:

Сохибзода Н.М. – сардори Раёсати назорати давлатии энергетикии шаҳру ноҳияҳои тобеи ҷумҳурӣ.

Ахрорзода Адабшо Джума – магистрант 2-го курса, группы 430101 Б кафедры «Электрические станции», ТТУ имени академика М.С. Осими.

ДОКУМЕНТАРНЫЙ АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Ватанов И.Дж., Назиров Х.Б.

Филиал НИУ МЭИ в г. Душанбе

E-mail: hurshedib@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние электроэнергетической системы Республики Таджикистан. Приводится информация о выработке и потреблении электроэнергии по всем видам потребителей. Приводятся этапы развития энергосистемы Таджикистана.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, Республика Таджикистан, выработка, ресурсы, потребление, состояния.

DOCUMENTARY ANALYSIS OF POWER LOSSES IN THE ELECTRIC NETWORKS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Annotation. The article discusses the current state of the electric power system of the Republic of Tajikistan. Provides information on the generation and consumption of electricity for all types of consumers. The stages of development of the energy system of Tajikistan are given.

Key words: electric power system, Republic of Tajikistan, generation, resources, consumption, states.

Перемещение любых материальных предметов из одного места в другое требует затрат энергоносителей. При их перемещении с помощью автотранспорта расходуется бензин или другие углеводороды, с помощью электродвигателей электроэнергия и т. п. Электрическая же энергия является единственным видом продукции, которая для своего перемещения на сотни километров от электрических станций к потребителям расходует часть самой себя, не требуя для этого других ресурсов [1].

Для понимания уникальности процесса транспортировки электроэнергии целесообразно сравнить его с процессом транспортировки тепловой энергии. Часть тепловой энергии в процессе транспортировки также теряется уходит через тепловую изоляцию труб (изоляция не может быть идеальной). Эти потери являются технологическими (неизбежными), они не могут быть устранены полностью, хотя могут быть уменьшены улучшением изоляции труб, в том числе и с помощью их замены на трубы из более совершенных материалов, что требует больших капиталовложений. Вместе с тем такие потери не совершают полезной работы по транспортировке самой тепловой энергии по трубам: ее транспортировка осуществляется за счет расхода другой энергии (электрической), потребляемой двигателями насосных станций. Иногда трубы разрушаются, и горячая вода хлещет наружу. К этой части потерь термин «потери» применим в полной мере.

Фактические потери разделяются на технологические и коммерческие. Технологические потери это, технические потери, расход энергии на нужды

подстанций и недоучет электроэнергии. Далее оцениваем фактические потери электроэнергетической сети РТ анализируя полученные данные по результатам обзора литератур из достоверных источников [1].

В 2021 году компания ОАО «Шабакхонинтиколи барк» получил электроэнергию на 20,7 Млрд. кВт-час.

В это время потери электроэнергии в ОАО «Шабакхонинтиколи барк» на высоковольтные инфраструктуры 500, 220, 110 кВ (подстанции и линии электропередач составило 3,58% от общего приёма электроэнергии или 747 млн квт. ч электроэнергии, что в целом является не плохой показателем. Однако как правило потери в высоковольтных сетях не должно превышать 1,5-2%. Относительно высокие потери в передающих сетях связаны в отсутствии вопроса оптимизации напряжения и реактивной мощности.

На рис.1, приведено структура относительной и абсолютной потери электроэнергии в элементах электрической сети напряжением 110, 220, 500кВ. [3]

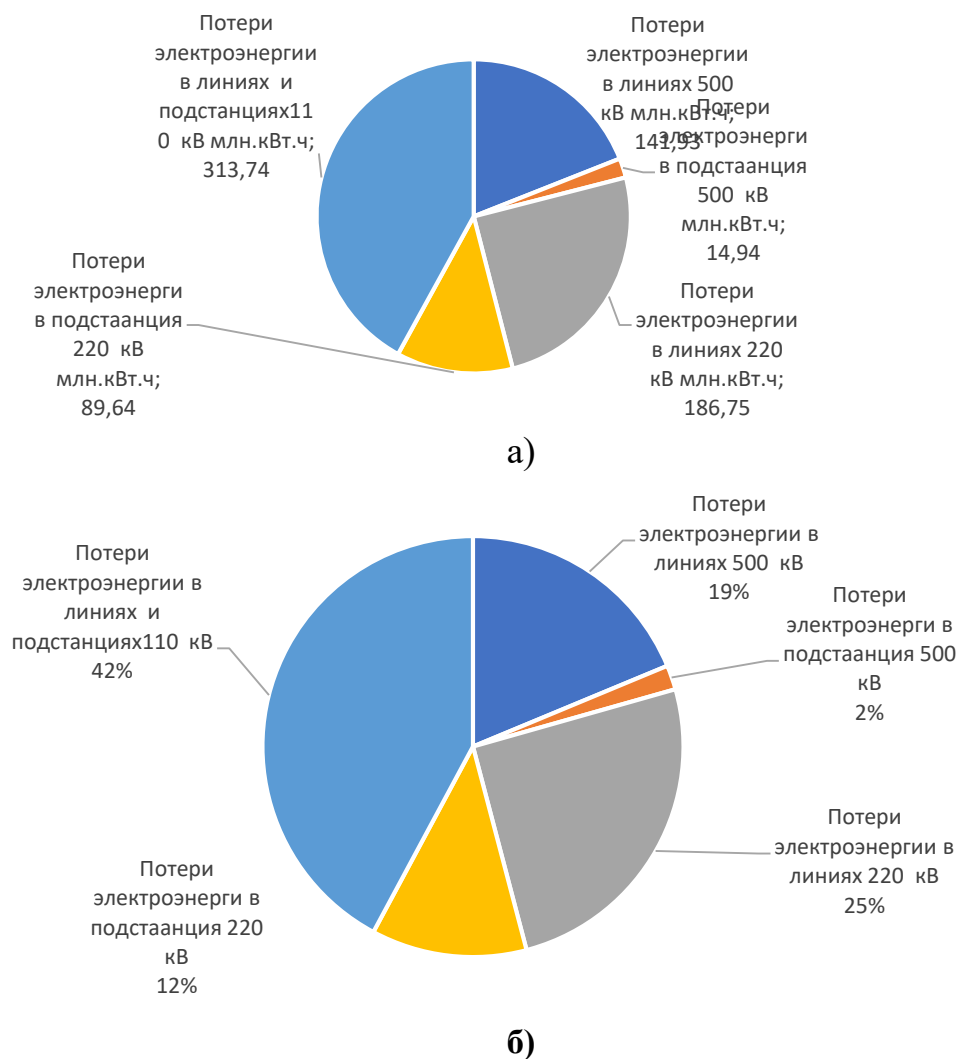


Рис1. Потери электроэнергии на напряжения 110,220,500 кВ в энергосистеме Р.Т за перёд 2021 г.

Согласно рис-1, в основном электроэнергия потеряется при её транспортировке за счёт протяженности ЛЭП.

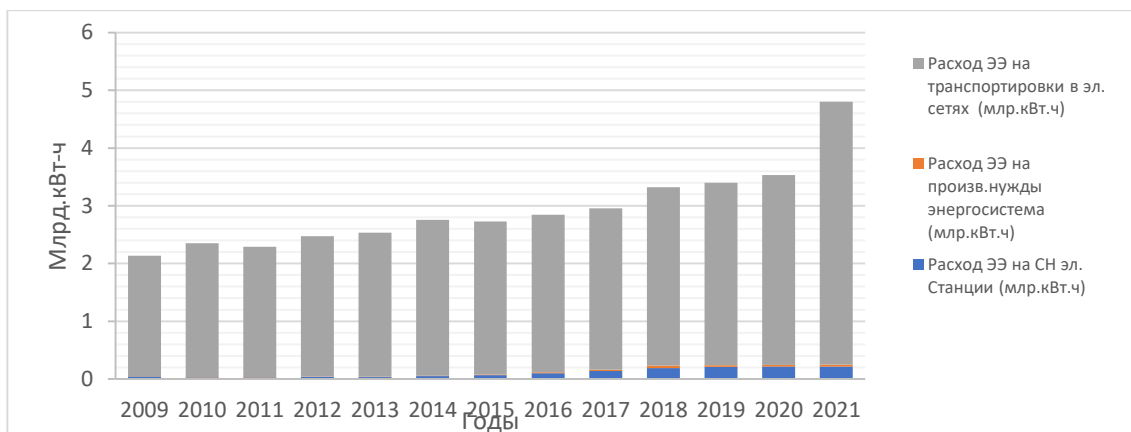


Рис. 2. Потери электроэнергии в электрические сети РТ абсолютных единиц единицах

Из рисунка 2 видно, что потери электроэнергии в основном расходуется на транспортировки электроэнергии в электрической сетях. Относительно высокие потери в сетях 110кВ связано с увеличением величины X/R элементов сети.

Компания ОАО «Шабакахои таксимоти барк» в 2021 в целом получила 15055 млн. кВт-ч без учёта ГУП «ТАЛКО» предприятия ОАО «Шабакахои интиколи барк». В 2021 году фактические потери электроэнергии в ОАО «Шабакахои таксимоти барк» превысила 26% от общего полученного объема электроэнергии.

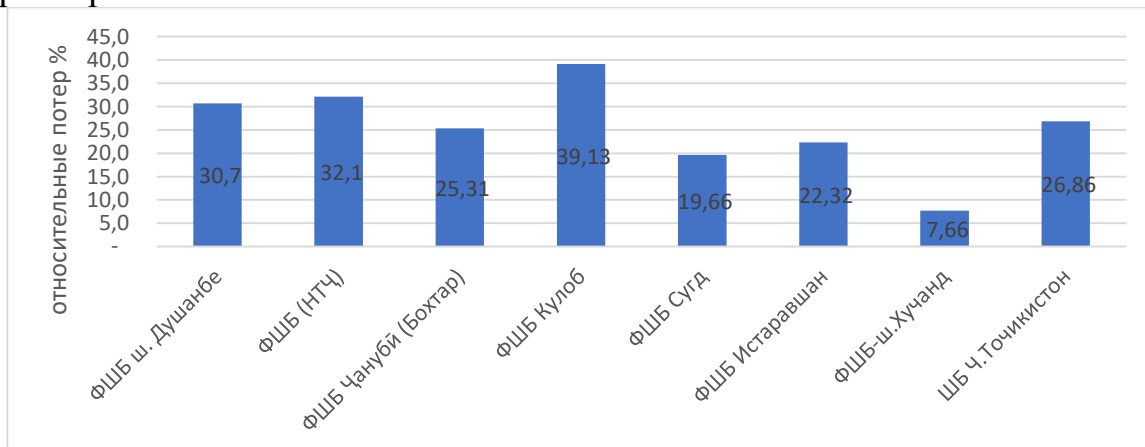
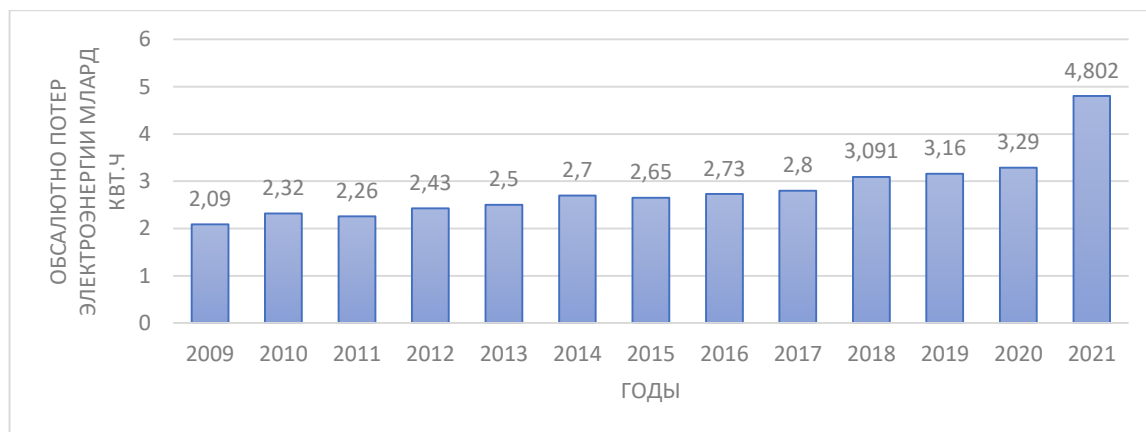


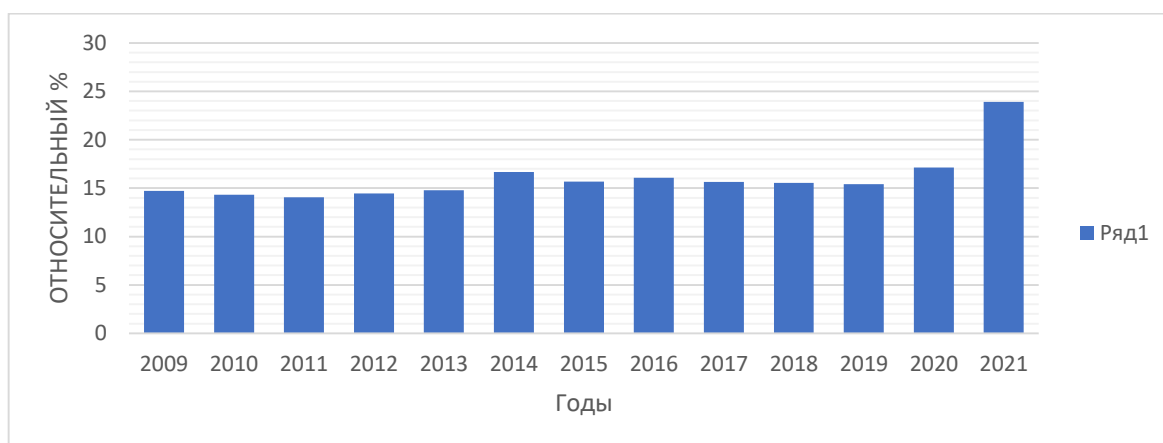
Рис. 3. Потери электроэнергии в сети 10-0,4 кВ в ОАО «Шабакахои таксимоти барк» в 2021 г.

Как видно из рис-3, высокий уровень потерь электроэнергии находятся в распределительных сетях городов Куляб, Душанбе и Районы республиканского подчинения. В целом относительные фактические потери электроэнергии по распределительным сетям РТ составляет приблизительно 26,86% (см.рис.4)

Далее проанализируем динамика изменения потери электроэнергии в электрических сетях РТ в виде относительных и абсолютных значения за перёд 2009-2021 годах.



а)



б)

Рис. 4. Потери электроэнергии в электрические сети 500-0,4 кВ а)-в абсолютных и б) в относительных единицах

Для уменьшения потери электроэнергии ОАО «Шабакхон тақсимоти барк» планирует расширить успешный опыт применяемые в Согдийской области на территории районов г. Душанбе, в результате, которого потери электроэнергии на этой экспериментальной зоне опустилось на уровне 7%.

Расчеты и анализы показали, что высокий уровень потери электроэнергии в распределительных сетях РТ приходится на долю электрических сетей напряжением 6-10-0,4кВ [3].

Согласно рис 1 и 3 относительные потери электроэнергии в РТ выше 20%.

Как видно из рисунка 5 высокий уровень потери электроэнергии наблюдается в распределительных сетях 0,4кВ. В сетях 35-500кВ потери электроэнергии из общей доли относительного значения составляет 38%. Причина высокого значения относительных потерь электроэнергии в сетях 0,4 кВ являются:

- Большая загруженность проводов распределительных сетей (несоответствие реальных протекаемых токов по длительно допустимому значению)



• Рис. 5. Фактические потери электроэнергии зависимости от класса напряжение

- Большие расстояние и несоответствие сечение проводов линии электропередачи 0,4кВ по потери напряжения.
- Высокая отклонение напряжения в узлах нагрузки и болящие потери напряжения и электроэнергии в проводах 0,4кВ
 - Плохие показатели качества электроэнергии в узлах нагрузки и на зажимах электроприемников по медленному изменению напряжения (отклонения напряжения до 40% от номинального значения)
 - Неравномерное распределение нагрузки в трехфазной сети

Заключение

Документарный анализ потерь электроэнергии показали, что высокий уровень потерь электроэнергии наблюдается в распределительных сетях РТ напряжением 0,4-6-10кВ. Фактические потери электроэнергии в передающих сетях можно снизить до нормированного уровня за счет оптимизации и регулирования реактивной мощности и напряжения.

Литература

1. **Шведов Г.В.** Потери электроэнергии при ее транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение: учебное пособие для вузов / Г.В. Шведов, О.В. Сипачева, О.В. Савченко; под ред. Ю.С. Железко. — М.: Издательский дом МЭИ, 2013. — 424 с.: ил.
2. **Воротницкий В. Э.** Потери электроэнергии в электрических сетях: анализ и опыт снижения. М.: НТФ "Энергопрогресс", 2006. 104 с.; ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу "Энергетик"; Вып. 4 (88)].
3. Официальное сайт министерство энергетика и водных ресурс Р. Таджикистан. https://www.mewr.tj/?page_id=593&lang=tj

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Ватанов И.Дж., Назиров Х.Б.

Филиал НИУ МЭИ в г. Душанбе

E-mail: hurshedib@gmail.com

***Аннотация.** В статье рассматривается современное состояние электроэнергетической системы Республики Таджикистан. Приводится информация о выработке и потреблении электроэнергии по всем видам потребителей. Приводятся этапы развития энергосистемы Таджикистана.*

***Ключевые слова:** электроэнергетическая система, Республика Таджикистан, выработка, ресурсы, потребление, состояния.*

CURRENT STATE OF THE POWER NETWORKS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

***Annotation.** The article discusses the current state of the electric power system of the Republic of Tajikistan. Provides information on the generation and consumption of electricity for all types of consumers. The stages of development of the energy system of Tajikistan are given.*

***Key words:** electric power system, Republic of Tajikistan, generation, resources, consumption, states.*

Республика Таджикистан богат энергетическими ресурсами. В электроэнергетической системе РТ электроэнергия в основном (92% данные на 2021 год) генерируется за счет гидравлических электрических станции (ГЭС). Выработка электроэнергии за счет других видов электростанции не велики составляет приблизительно 8%. Согласно информации, министерство энергетики и водных ресурсов РТ и [1] Республика по гидроэнергетическому потенциалу (527 млрд. кВтч в год) занимает в 8 место в мире. Помимо гидроэнергетики в республике имеются большие ресурсы солнечной энергии, энергии ветра. Информация валового потенциала источников возобновляемой энергии РТ приводится в рисунке 1 [2].



Рис. 1. Валовый потенциал источников энергии РТ

На данный момент из всего гидроэнергетического потенциала используется 4-5%. Потенциал солнечной, ветровой, биомассы и геотермальной энергии в республике практически не используется. Кроме водных ресурсов для выработки электроэнергии используется мазут и природный газ, твердое топливо, которые используются в Душанбинский ТЭЦ-1,2 и Яванский ТЭЦ импортируются (мазут, газ) из соседних стран [3]. В республике с каждым годом наблюдается рост производства электроэнергии в зависимости от видов электростанции.

С 2009 по 2021 года в стране наблюдается рост выработки электроэнергии на всех видах электростанции кроме ВИЭ. Рост составляет приблизительно: ГЭС-5,08 Млрд. кВт. час, ТЭС 1,33 Млрд. кВт. час. Максимальная выработка электроэнергии в республике наблюдается в 2021 год (20,6 Млрд. кВт. Час) [1].

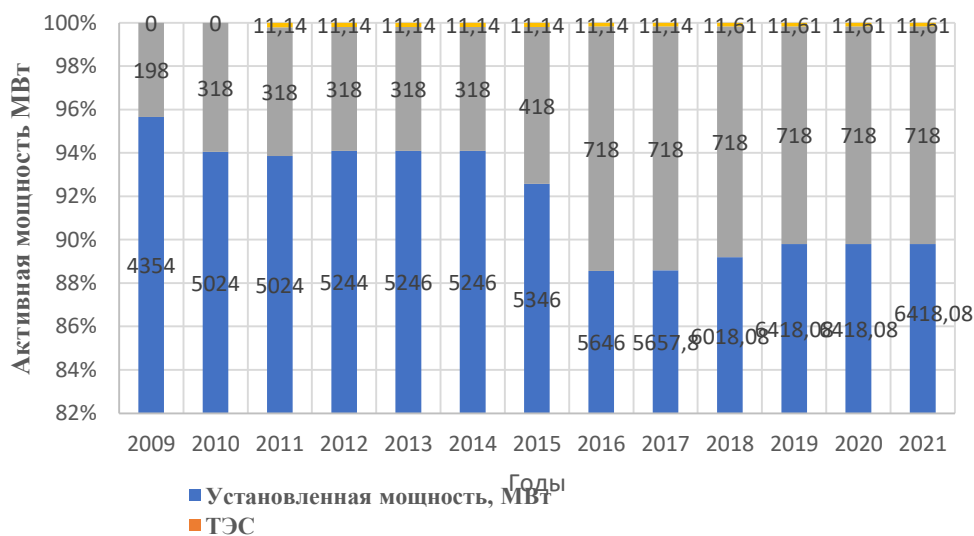


Рис. 2. Установленная мощность электростанции РТ с 2009 по 2021 г.

Развития электроэнергетической системы РТ в годы независимости можно разделить на следующие этапы. Как видно из рис-2., первым этапом развитие является строительство и ввода в эксплуатации Сангтудинской ГЭС-1 установленной мощностью 670 МВт. После ввода Сангтудинской ГЭС-1 выработка электроэнергии в стране увеличилась на 2 млрд. кВт-час/год. Параллельно с проектом Сангтудинской ГЭС-1 была введена в эксплуатацию высоковольтная линия электропередачи 500кВ «Юг-Север» и в 2011 году запустили Сангтудинской ГЭС-2 установленной мощностью 220МВт.

Второй этап развитие энергосистемы РТ приходится в 2015 г, когда было введена в эксплуатацию первой очереди Душанбинской ТЭЦ-2 установленной мощности 400МВт и второй очередь 400 МВт в 2016 году. После ввода в эксплуатацию Душанбинской ТЭЦ выработка электроэнергии в стране увеличилась на 0,33 млрд. кВт-час/год. Душанбинская ТЭЦ-2 в основном предназначен для покрытия дефицита электроэнергии и теплом территории города Душанбе. Параллельно с вводом эксплуатации Душанбинской ТЭЦ-2 в энергосистемы РТ шла реконструкция и модернизация объектов энергосистемы. В рамках реконструкции и модернизации в крупных подстанциях и существующих электростанциях заменены электрооборудование (трансформаторы, генераторы, турбины, линий электропередачи и д.р...) и система релейной защиты и автоматики.

Третий этап развития энергосистемы РТ является историческим. После многолетнего противостояния, и с помощью больших усилий Президента РТ в 2018 запустили в эксплуатацию первый агрегат Рогунской ГЭС установленной мощностью 400МВт и в последующем в 2019 запустили второй агрегат на 400МВт. В целом установленная мощность энергосистемы РТ в годы независимости выросла на 2064 МВт и выработка электроэнергии на 6,5 Млрд. кВт-час. Динамика развития увеличения установленных мощностей энергосистемы и выработка электроэнергии в РТ после обретения независимости является передовым по отношению соседних стран (Узбекистан, Киргизстан, Туркменистан, Афганистан).

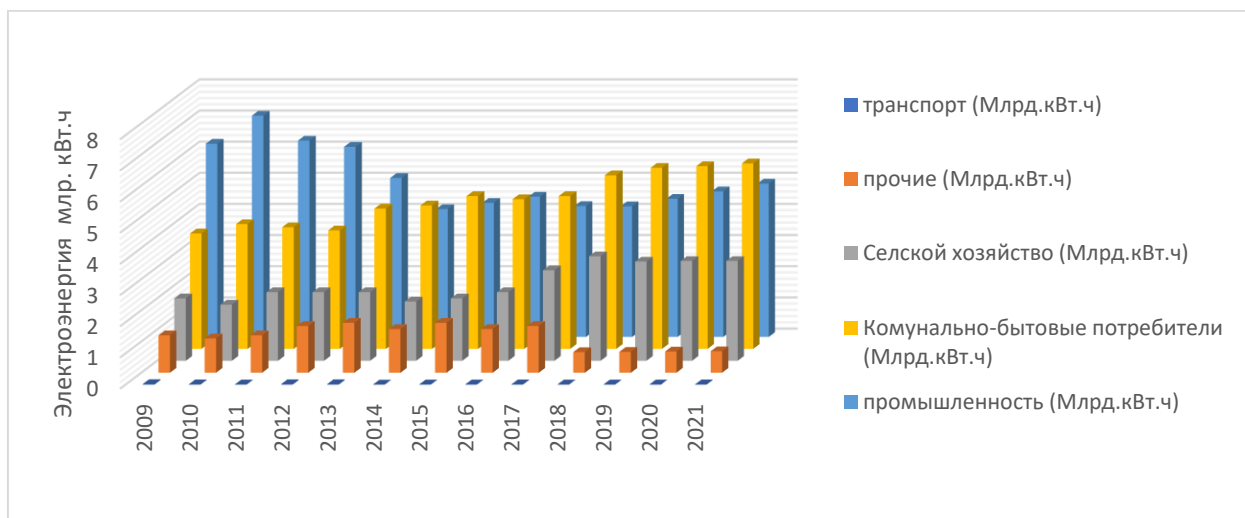


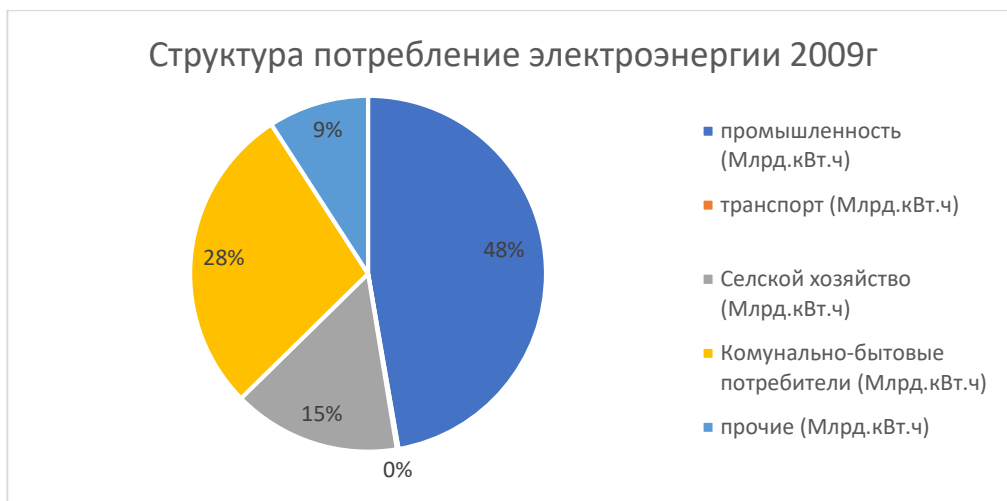
Рис. 3. График энергопотребления РТ с 2009 по 2021 г.

Как видно из рис.3, потребители электроэнергии промышленной группы имеет колебательный характер в 2010 года потребление электроэнергии увеличивается до 7,1 млрд. кВт ч и в 2014 год снижается до 4,1 млрд. кВт ч. Этот скачок в основном связано с работой алюминиевой компании «ТАЛКО». По данным Министерство энергетики и водных ресурсов на долю компания «ТАЛКО» приходило до 45% потребление электроэнергии от общей выработки по республике (установленная мощность «ТАЛКО» 1700 МВт и потребление электроэнергии на уровне 2007г 7,229 млрд.кВт-час) однако за счёт снижение спроса алюминий на мировом рынке и низкой эффективности производства алюминий потребление в 2014 году резко снижается до уровня 20-25%. Рост потребление электроэнергии в секторе промышленности связана строительством новых промышленных предприятий [3]. Последние годы в стране увеличивалось количество цементных заводов.

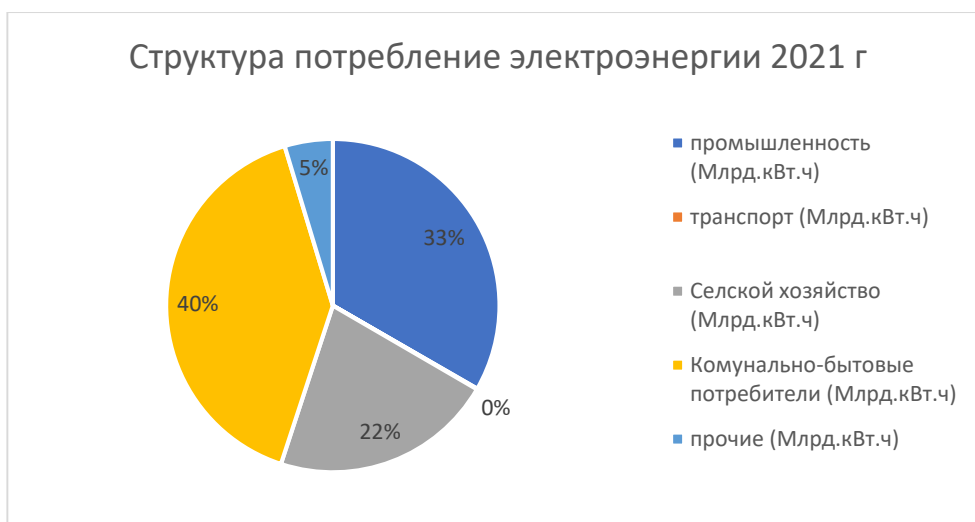
Для потребителей сельскохозяйственного назначения электроэнергии с 2009 по 2021 г., выросло на 1,2 млрд. кВт час. Причина роста потребление заключается в развитии сельскохозяйственной отрасли Р.Т и увеличение оросительных земель за счет строительство новых насосных станций.

Потребление коммунально-бытовых потребителей выросло на 2,3 млрд. кВт час. Причина роста потребление это пропорциональная корреляционная прямая зависимость с ростом население республики (2009-7,3 млн. чел-2021-около 10 млн.чел)

Как показывает практика коммунально-бытовые потребители в основном расходуют электроэнергию для обогрева. Потребления электроэнергии в зимний сезон возрастает в три раза по отношению летнего сезона. Изначально распределительные сети коммунально-бытового назначения проектировалось с учетом централизованной системы отопления и газоснабжения. Последние годы за счёт отсутствие газа теплоснабжения и готовка диверсифицировали на электричество, что привело к возрастанию потребление электроэнергии и загрузки элементов распределительных сетей. Объекты в г. Душанбе подключаются в централизованной системы отопления и на долю электроэнергии только остается готовка и другие бытовые нужды. Подключение жилых и административных объектов в г. Душанбе у централизованной системы отопления привело к разгрузке распределительных сетей и снижению потерь электроэнергии. Однако другие города и посёлки городского типа по-прежнему используют электроэнергию как единственный источник энергии. На рис-4 приведены структуры потребления электроэнергии РТ с 2009 по 2021.



а)



б)

Рис. 4. Структура электропотребления РТ: а)-данные на 2009г; б)-на 2021 г.

Электроэнергетическая система РТ с каждым годом развивается и модернизируется. Последнее время в энергосистеме наблюдается тенденция к реконструкциям и реабилитациям функционирующих и строительства новых энергетических объектов.

В период независимости в целях снижения потери электроэнергии и решения проблемы энергетического сектора и его развития потрачено 57,2 млрд. сомони. На данный момент в этом направлении реализуются несколько инвестиционных проектов на сумму 16,4 млрд.сомони.

В настоящие время ведутся работы по модернизированные гидроэлектростанции «Норак», «Сарбанд», (Кайрокум). После модернизации установленная мощность эти электростанции увеличивается на 840 МВт.

Для повышения экономических показателей электроэнергетической системы в плане экспорта избытки электроэнергии в соседние страны реализуется проект «CASA-1000», которое заключается в строительстве

высоковольтной линии электропередачи постоянного тока 500кВ и инверторных/конверторных подстанции.

Строительство региональной линии «CASA-1000» позволяет экспортировать избытки электроэнергии, генерированной в летнее время в Таджикистане и Киргизии в государствах Южной Азии (Афганистан, Пакистан) тем самым обеспечивая широтный эффект от создания энергосистемы. В ходе модернизации кроме замена основных электрооборудования параллельно реконструируется вторичная система релейной защиты и автоматики внедряя цифровых технологии.

Заключение

Электроэнергетическая система Республики Таджикистан динамично развивается, однако имеются проблемы с большим уровнем потерь электроэнергии. Относительно большой уровень потерь электроэнергии связан с загруженности распределительных сетей 0,4кВ. Большая загруженность и высокие потери напряжения ухудшают качество электроэнергии по медленному изменению напряжения к точке подключения абонентов электрической энергии.

Литература

1. <http://barqitojik.tj/about/dependents/generation/>
2. Курбонов Н.Б., Маджиди М., Расулзода Т.Х. [Оценка потенциала альтернативных источников энергии на территории Таджикистана](#): // Вестник педагогического университета. Естественные науки 2019. №3-4 (3-4). С.28-32.
3. Генеральный план развития энергетического сектора «Региональный проект по передаче электроэнергии Улучшение операционной деятельности сектора» - заключительный отчёт Азиатского банка развития. Душанбе 2017.

ТАҲЛИЛИ ТАЪСИРИ СИФАТИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР ПАРАМЕТРҲОИ СИСТЕМАИ РӮШНОИДИӢӢ ВА БАРӢАКС

Алиев Ш.Х., Собиров Х.Б., Содиқов Ҷ.С.

Роҳбари илмӣ – н.и.т. Ҷамолзода Б.С.

ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистан

E-mail: sohzodsoha@gmail.com

***Аннотасия.** Дар ин мақола натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири сифати энергияи электрикӣ дар параметрҳои системаи рӯшноидиҳӣ ва баръакс, инчунин таъсири афтиши шиддат ба хусусиятҳои асосии сифати намудҳои гуногуни манбаҳои рӯшноинамоӣ ва тавсияҳо оид ба афтиши иҷозавии шиддат муайян карда шуд. Маълум шуд, ки барои нигоҳ доштан бузургии муқаррарии рӯшноинамоӣ зарур аст, ки шиддати таъминот аз шиддати номиналӣ паст нашавад.*

Калимаҳои калидӣ: рӯшноинамоӣ, сифати энергияи электрикӣ, шиддати манбаъдиҳӣ, чароғ, бузургии рӯшноинамоӣ.

***Annotation.** In this article, the results of the study of the effect of the quality of electric energy on the parameters of the lighting system and vice versa, as well as the effect of the voltage drop on the main quality characteristics of different types of lighting sources and recommendations on the permissible voltage drop were determined. It turned out that in order to maintain the normal level of illumination, it is necessary that the supply voltage does not fall below the nominal voltage.*

***Keywords:** lighting, quality of electric energy, voltage of use, lamp, lighting.*

Ба сифати манбаи рӯшноинамоӣ чароғҳои тафсон, газпуркардашуда, каммасраф, люминесентӣ ва дар вақтҳои охир чароғҳои светодиодӣ васеъ истифода бурда мешаванд [1].

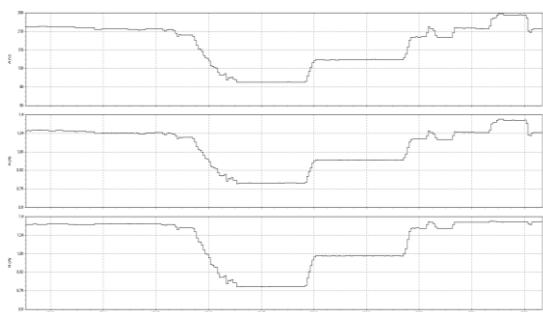
Мутобиқи ГОСТ 13109-97 нишондиҳандаҳои асосии сифати энергияи электрикӣ ин афтиши муқарраршудаи шиддат, ҳудуди тағйирёбии шиддат, ҳудуди фликер, коэффитсиенти таҳрифи хати шиддат, коэффитсиенти таркибии n-тои гармоникӣ, коэффитсиенти нобаробарии шиддат, офтиши басомад, давомнокии пастшавии шиддат, шиддати импульсӣ, коэффитсиенти изофатории муваққатӣ мебошанд.

Нишондиҳандаҳои сифати энергияи электрикӣ дар речаи муқаррарии кори шабакаҳои электрикӣ набояд аз ҳадди ниҳонии 95%-и вақти шабонарӯз зиёд бошанд. Мувофиқи [2], ду намуди стандартҳои сифати энергияи электрикӣ муқаррар карда шудааст – бузургиҳои иҷозавии муътадил ва иҷозавии ҳудудӣ. Бузургиҳои иҷозавии муътадил ва иҷозавии ҳудудии

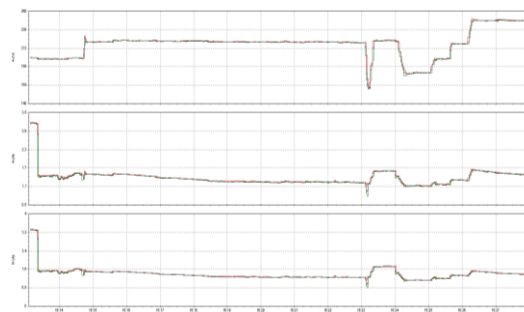
афтиши шиддати барқароршуда дар баромади қабулкунакҳои энергияи электрикӣ мувофиқ ба ± 5 ва ± 10 % аз шиддати номиналии шабакаи электрикӣ баробар мебошанд.

Таҳқиқи таъсири нишондодҳои сифати энергияи электрикӣ дар реҷаи кори ҷароғҳои электрикӣ ва таъсири ин ҷароғҳо дар параметрҳои шабакаи электрикӣ бо ёрии стенди универсалии ва асбоби ченкунандаи сифати энергияи электрикӣ ПКЭ FLUKE 1735 муайян карда шуд [3].

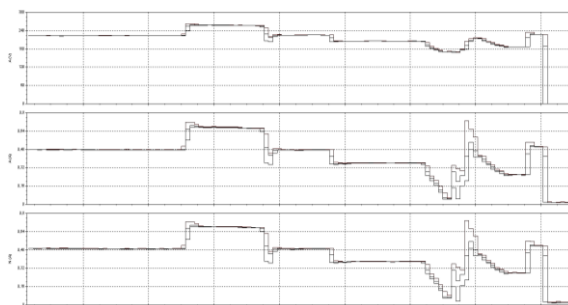
Дар расми 1 нишондодҳои динамикии ҷараён ва шиддати ҷароғҳо оварда шудааст.



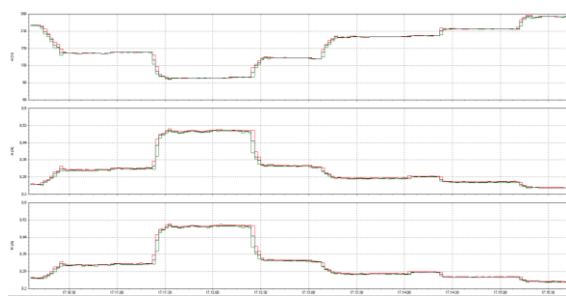
а) тағйирёби ҷараён ва шиддати ҷароғи тафсон



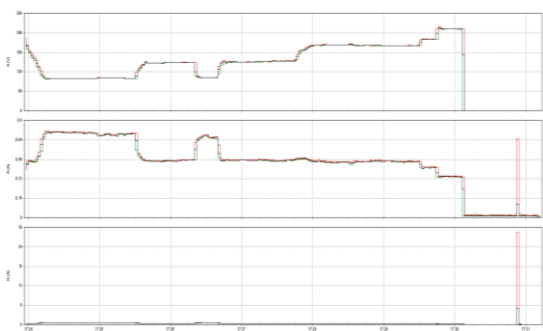
б) тағйирёби ҷараён ва шиддати ҷароғи ДНаТ



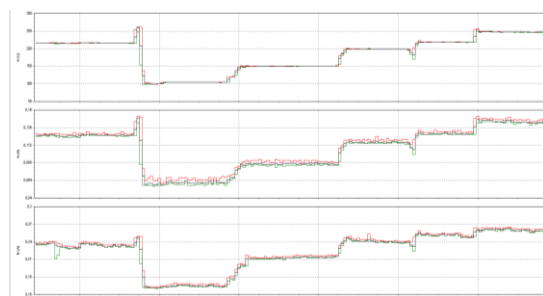
в) тағйирёби ҷараён ва шиддати ҷароғи люминесентӣ



г) тағйирёби ҷараён ва шиддати ҷароғи светодиоди (LED-шифт)

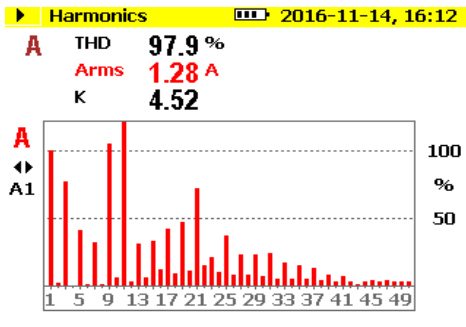


д) тағйирёби ҷараён ва шиддати LED-прожектор

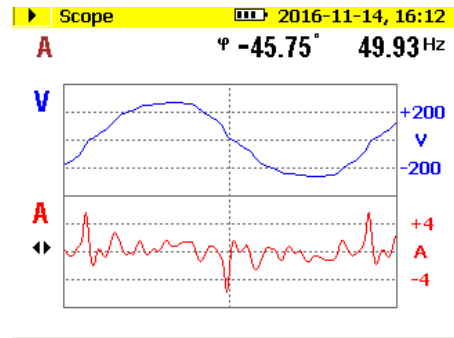


е) тағйирёби ҷараён ва шиддати ҷароғи каммасрафи фишори кам

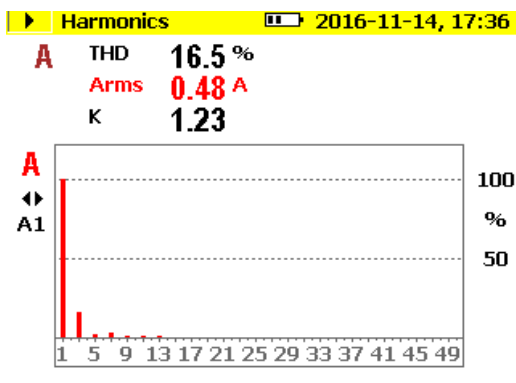
Расми 1. Нишондоди динамикии ҷараён ва шиддати ҷароғҳои гуногун



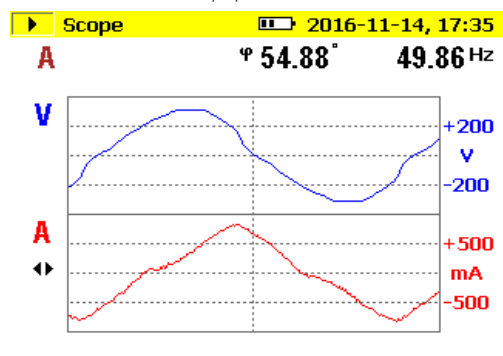
Спектри гармоник ДНаТ



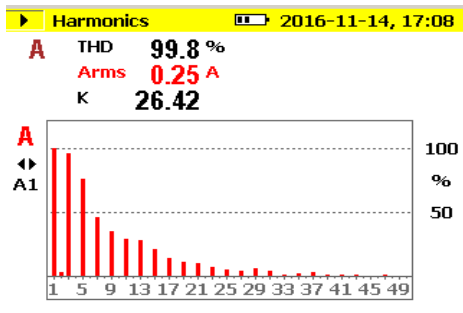
Шиддати синусоиди ва чараѐни ДНаТ



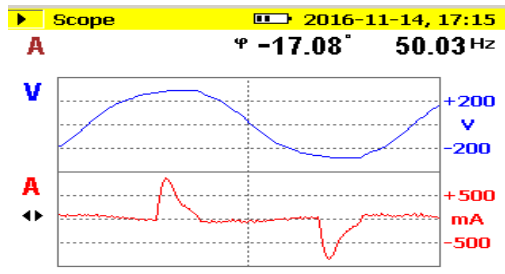
Спектри гармоник ЛЛ



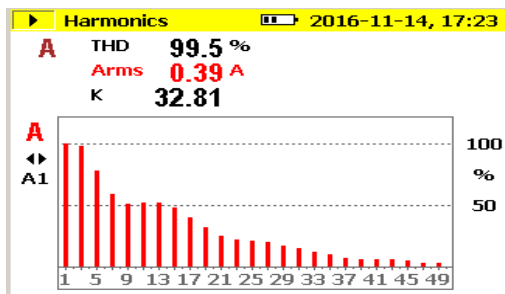
Шиддати синусоиди ва чараѐни ЛЛ



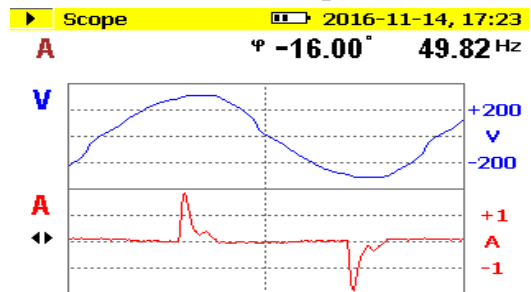
Спектри гармоник LED шифт



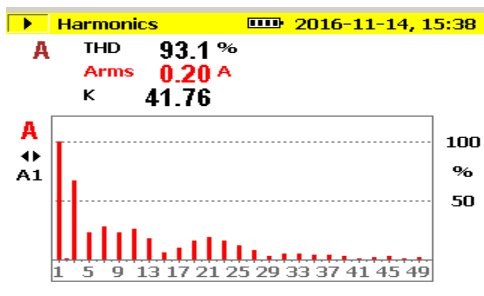
Шиддати синусоиди ва чараѐни LED шифт



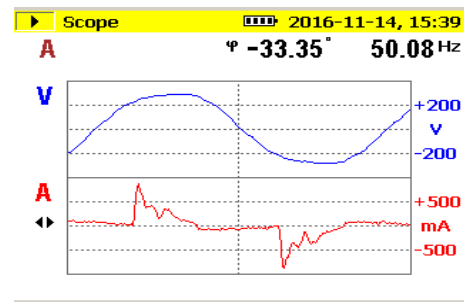
Спектри гармоник LED (прожектор)



Шиддати синусоиди ва чараѐни LED (прожектор)



Спектри гармоникаи чароғҳои каммасрафи фишори кам



Шиддати синусоидӣ ва ҷараёни ҶКФП

Расми 2. Спектри гармоникаи, шиддати синусоиди ва ҷараёни чароғҳои гуногун

Чароғҳои газпуркардашуда ва тафсон аз тағйирёбии шиддат вобастагии калон дошта дар афтиши шиддат ҳасос мебошанд. Тағйирёби шиддат амалан дар рӯшноидиҳии чароғҳои каммасраф таъсир намерасонад ва энергияи электрикиро се маротиба кам нисбати чароғҳои барқароршаванда истеъмол менамоянд.

Хулоса, аз натиҷаҳои бадастовардашуда муайян шуд, ки чароғҳои тафсон, ДНаТ, каммасраф, люминесентӣ ва чароғҳои светодиоди тавоноии хурд вобастагии хати коррелятсионии байни тағйирёби шиддат ва ҷараёнро доранд. Чароғҳои светодиоди тавоноии баланд вобастагии коррелятсионии муқобилро доранд. Чароғҳои каммасрафи фишори кам, ҳамаи чароғҳои светодиоди аз намуди шиддати синусоидӣ дар шабака ҷараёни зиёди гармоникӣ иборатбударо ҳосил менамояд, ки ин дар речаи кори шабакаи электрикӣ таъсири манфи мерасонад. Чароғҳои люминесентӣ ва чароғҳои фишори баланди пуркардашудаи натрий аз шабака ҷараёни зиёди гармоникиро истеъмол намуда ҷараёни резонанси ҳосил мекунанд, ки таъсири манфи дар муҳлати истифодабари ва эътимодияти элементҳои ин чароғҳо мерасонад.

Адабиётҳо

1. Экономия электроэнергии в системах электрического освещения промышленных предприятий и городов Московский энергетический институт – ООО Фирма «Энергоконтроль»
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Назиров Х. Б., Джамолзода Б.С., Маджидов А.Ш., Юнусов П.А., Камолова М. Д./Оценка электромагнитной совместимости энергосберегающих ламп по качеству электроэнергии // Энергосбережение и

инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов. Т. 2 / отв. редактор А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ. – 2016. – С. 364 – 368.

Маълумотҳои муаллифон:

Алиев Ш.Х. – магистри курси 2-и гурӯҳи 430103Б кафедри электротабминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ.

Собиров Х.Б. - магистри курси 2-и гурӯҳи 430103Б кафедри электротабминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ.

Содиқов Ҷ.С. - магистри курси 2-и гурӯҳи 430103Б кафедри электротабминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ.

Чамолзода Б.С. – н.и.т., муаллими калони кафедраи электротабминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРИЗНАКОВ

Гаюров Б.А., Исупов Ф.Ш., Салимов Н.М.

Научный руководитель – Ахъёев Дж.С.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими,
г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. Предложен метод многокритериального анализа нечеткой и неопределенной информации о неисправности трансформаторного оборудования для заключения о необходимости вывода его в ремонт, замены или продолжения эксплуатации.

Ключевые слова: электроэнергетика, техническая диагностика, электрооборудование, нечеткие отношения, экспертные оценки, нечеткая логика.

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRIC EQUIPMENT ON THE BASIS OF FUZZY FEATURES

Abstract: A method for multi-criteria analysis of fuzzy and uncertain information about the failure of transformer equipment is proposed to conclude that it is necessary to take it out for repair, replacement or continued operation.

Keywords: electric power industry, technical diagnostics, electrical equipment, fuzzy relationships, expert assessments, fuzzy logic.

Введение

Задачи силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов различны, но конструкция и виды неисправностей, встречающихся как на трансформаторах, так и на реакторах, позволяет нам объединить их под одним термином «трансформаторное оборудование».

Такая диагностика может производиться после осмотра электрооборудования и выявления признаков неисправности. Признаков может быть множество, но приведем лишь некоторые из них, на практике встречающихся довольно часто: $P1$ - перегрев трансформаторного оборудования; $P2$ – повышенная вибрация и шум трансформаторного оборудования; $P3$ - высокий ток утечки через изоляцию высоковольтного ввода; $P4$ - увлажнение трансформаторного масла.

Основными предпосылками, или причинами указанных неисправностей могут быть: $G1$ – высокая температура окружающей среды; $G2$ – неисправность системы охлаждения трансформаторного оборудования; $G3$ – перегрузка по току; $G4$ – пожар стали магнитопровода; $G5$ – несимметричность нагрузки по фазам; $G6$ – повреждение внутри бака трансформатора или реактора. Стоит заметить, что, как правило, повреждение вызывающее глубокое изменение в работе трансформатора или реактора (короткое замыкание, интенсивное газовыделение), ликвидируется релейной защитой и в данном случае не рассматривается. Но есть развивающиеся

дефекты, которые не вызывают каких-либо серьезных отклонений в краткосрочной перспективе, и потому располагают временем для их распознавания и принятия соответствующих мер.

Предположим, что имеются все 4 признака неисправности. Сравним эти признаки по фундаментальной шкале Саати [1,2,3], которая имеет девять степеней предпочтения:

1 степень – равная предпочтительность; 2 степень – слабая степень предпочтения; 3 степень – средняя степень предпочтения; 4 степень – предпочтение выше среднего; 5 степень – умеренного сильного предпочтения; 6 степень – сильного предпочтения; 7 степень – очень сильного (очевидное) предпочтения; 8 степень – очень, очень сильное предпочтение; 9 степень – абсолютное предпочтение.

Если признак А имеет умеренно сильное предпочтение над признаком В, то последний имеет обратную степень предпочтения над А.

Сравнение признаков производится с учетом наличия одной из шести причин неисправности. Суть метода заключается в том, что для человека привычнее задавать значения переменной не числами, а словами, а также получать и воспроизводить информацию, которая содержит в себе компоненты неточности. Понятие нечеткого множества – это попытка формализации лингвистической информации для построения математических моделей. В основе этого лежит представление о том, что составляющие данное множество элементы, обладающие общим свойством, могут обладать им в различной степени и, следовательно, принадлежать к этому множеству с различной степенью. Лингвистическая переменная – это переменная, значениями которой могут быть слова или словосочетания. Например, «высокое напряжение», «низкая работоспособность» и др. [4]. Эта информация не несет в себе точных определений, поэтому она является нечеткой.

Математическая модель

В следующих матрицах представлены степени предпочтения одних признаков неисправности над другими с учетом наличия одной из шести предпосылок:

$$A(G_1) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 & 3 \\ 1 & 1 & 5 & 3 \\ 0,2 & 0,2 & 1 & 0,333 \\ 0,333 & 0,333 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad A(G_2) = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 & 5 \\ 0,2 & 1 & 7 & 5 \\ 0,111 & 0,142 & 1 & 0,142 \\ 0,2 & 0,142 & 7 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(G_3) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1 & 1 & 5 & 5 \\ 0,333 & 0,2 & 1 & 1 \\ 0,2 & 0,2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad A(G_4) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 7 & 3 \\ 1 & 1 & 5 & 3 \\ 0,142 & 0,2 & 1 & 0,333 \\ 0,333 & 0,333 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(G_5) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 7 & 5 \\ 1 & 1 & 5 & 3 \\ 0,142 & 0,2 & 1 & 0,2 \\ 0,2 & 0,333 & 5 & 1 \end{bmatrix} \quad A(G_6) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 7 & 5 \\ 1 & 1 & 7 & 7 \\ 0,142 & 0,142 & 1 & 1 \\ 0,2 & 0,142 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\max G_1} &= 4,042; \quad I.C.G_1 = 0,014. \quad \lambda_{\max G_2} = 4,559; \quad I.C.G_2 = 0,18. \\ \lambda_{\max G_3} &= 4,029; \quad I.C.G_3 = 0,009. \quad \lambda_{\max G_4} = 4,037; \quad I.C.G_4 = 0,012. \\ \lambda_{\max G_5} &= 4,203; \quad I.C.G_5 = 0,068. \quad \lambda_{\max G_6} = 4,005; \quad I.C.G_6 = 0,001. \end{aligned}$$

Расчет коэффициентов относительной важности критериев проведем методом парных сравнений по фундаментальной шкале Саати.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0,333 & 0,333 & 0,333 & 0,333 & 0,2 \\ 3 & 1 & 3 & 1 & 3 & 0,2 \\ 3 & 0,333 & 1 & 0,333 & 1 & 0,2 \\ 3 & 0,333 & 3 & 1 & 3 & 0,333 \\ 3 & 0,333 & 1 & 0,333 & 1 & 0,2 \\ 5 & 5 & 5 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Находим коэффициенты относительной важности признаков $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6$. После необходимых расчетов получаем: $\alpha_1 = 0,049$; $\alpha_2 = 0,17$; $\alpha_3 = 0,082$; $\alpha_4 = 0,161$; $\alpha_5 = 0,082$; $\alpha_6 = 0,456$, означающее наиболее важные предпосылки G_2, G_6 . Максимальное собственное число вектора $\lambda_{\max} = 6,254$, индекс согласованности суждений $I.C. = 0,05$.

Производим расчет нечетких множеств по следующему выражению

$$\mu_D(P_j) = \min(\mu_{G_i}(P_j))^{\alpha_i} \quad (1)$$

Из (1) получаем нечеткие множества

$$\begin{aligned} \tilde{G}_1^{\alpha_1} &= \left\{ \frac{0,955}{P_1}, \frac{0,955}{P_2}, \frac{0,877}{P_3}, \frac{0,912}{P_4} \right\}; \quad \tilde{G}_2^{\alpha_2} = \left\{ \frac{0,917}{P_1}, \frac{0,793}{P_2}, \frac{0,563}{P_3}, \frac{0,687}{P_4} \right\}; \\ \tilde{G}_3^{\alpha_3} &= \left\{ \frac{0,924}{P_1}, \frac{0,933}{P_2}, \frac{0,827}{P_3}, \frac{0,818}{P_4} \right\}; \quad \tilde{G}_4^{\alpha_4} = \left\{ \frac{0,867}{P_1}, \frac{0,856}{P_2}, \frac{0,637}{P_3}, \frac{0,734}{P_4} \right\}; \\ \tilde{G}_5^{\alpha_5} &= \left\{ \frac{0,936}{P_1}, \frac{0,919}{P_2}, \frac{0,783}{P_3}, \frac{0,854}{P_4} \right\}; \quad \tilde{G}_6^{\alpha_6} = \left\{ \frac{0,567}{P_1}, \frac{0,695}{P_2}, \frac{0,286}{P_3}, \frac{0,297}{P_4} \right\}; \end{aligned}$$

Пересечение этих нечетких множеств дает такие степени принадлежности нечеткого решения \tilde{D} :

$$\begin{aligned} \mu_D(P_1) &= \min(0,955; 0,917; 0,924; 0,867; 0,936; 0,567) = 0,567 \\ \mu_D(P_2) &= \min(0,955; 0,793; 0,933; 0,856; 0,919; 0,695) = 0,695 \\ \mu_D(P_3) &= \min(0,877; 0,563; 0,827; 0,637; 0,783; 0,286) = 0,286 \\ \mu_D(P_4) &= \min(0,912; 0,687; 0,818; 0,734; 0,854; 0,297) = 0,297 \end{aligned}$$

В результате получаем нечеткое множество, свидетельствующее о преимуществе варианта обусловленного повышенной вибрации и шумом трансформаторного оборудования над остальными признаками.

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{0,567}{P_1}, \frac{0,695}{P_2}, \frac{0,286}{P_3}, \frac{0,297}{P_4} \right\}$$

В данном случае, повышенная вибрация и шум могут быть вызваны неисправностью системы охлаждения, либо повреждением внутри бака трансформатора или реактора. Притом наиболее вероятной причиной шума или вибрации с оценкой 0,456 является повреждение внутри бака, а неисправность системы охлаждения может вызвать повышенную вибрацию и шум трансформатора либо реактора с вероятностью 0,17.

Заключение

Показано, что при наличии некоторых признаков неисправностей трансформаторного или коммутационного оборудования, а также лингвистической неточной оценки этих признаков экспертами можно сделать выводы о тех или иных причинах неисправностей. Процесс принятия решений таким образом, основан на симбиозе теории нечетких множеств и фундаментальной шкалы парных сравнений по Саати.

Литература

1. Thomas L. Saaty. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. – 2008. - № 102. – p. 251-318
2. V. Z. Manusov, J.S. Ahyoev, Technical Diagnostics of Electric Equipment with the Use of Fuzzy Logic Models // Applied Mechanics and Materials Vol. 792 (2015) pp 324-329.
3. В.З. Манусов, Д.И. Коваленко, С.А. Дмитриев, С.А. Ерошенко. Анализ нечетких признаков неисправностей трансформаторного оборудования // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. - 2013.- Т. 13, № 1. - С. 124-127.
4. С.Д. Штовба. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

Сведения об авторах:

Гаюров Б.А. – старший преподаватель кафедры «Электроэнергетики» ДФНИУМЭИ, г. Душанбе.

Исупов Ф.Ш. – магистрант 2-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Салимов Н.М. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ – КАРЛО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Горшунув А.А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Секретарев Ю.А.

НГТУ, г. Новосибирск, Россия

E-mail: gorshunovandrej@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается использование метода Монте – Карло для моделирования технического состояния электрооборудования систем электроснабжения.

Ключевые слова: метод Монте – Карло, техническое состояние электрооборудования, система электроснабжения

Annotation. The paper considers the use of the Monte Carlo method for modeling the technical condition of electrical equipment of power supply systems.

Keywords: Monte Carlo method, technical condition of electrical equipment, power supply system

Введение

Оценка схемной надежности систем электроснабжения осуществляется на основе статистической информации об отказах электрооборудования за определенный период времени. Полученная данным способом оценка является приближенной и не учитывает текущее техническое состояние оборудования, входящего в состав рассматриваемой системы. Развитие дефектов в конструкции оборудования приводит к снижению его надежности и увеличивает вероятность отказа, надежность всей схемы снижается. С целью получения более точной оценки надежности схем электроснабжения необходимо учитывать текущее техническое состояние оборудования.

Для исследования влияния технического состояния на оценку надежности необходимо создать имитационную модель. Оценить текущее состояние оборудования возможно с помощью индекса технического состояния (ИТС). Создаваемая модель должна учитывать появление дефектов в узлах оборудования системы. Возникновение дефектов имеет случайный характер. При моделировании может быть применен метод Монте – Карло (метод статистических) испытаний.

Теоритические основы

На основе статистической информации об отказах электрооборудования определяются основные показатели надежности – параметр потока отказов ω и среднее время восстановления T_v . С помощью метода блок – схем элементы системы электроснабжения заменяются эквивалентными блоками, характеризующими показатели надежности. Блоки, показывающие последовательное и параллельное соединения, преобразуются в один

эквивалентный блок. Методика преобразования и оценки схем представлена в [1,2].

При решении практических задач, связанных с моделированием дефектов, необходимо применять псевдослучайные числа вместо случайных. С развитием технологий в области науки и техники в XX веке появились ЭВМ, способные генерировать псевдослучайные числа.

Развитие теории статистических испытаний в явлениях с присутствием элементов случайности или полностью случайных процессов (под общим названием метода статистических испытаний или Монте-Карло) позволяет в настоящее время подразделить задачи и в какой-то мере классифицировать вероятностно-статистические методы решения прикладных задач по их типу.

Теорию вероятности можно использовать для вычисления различного типа интегралов и решения математических уравнений (линейных, дифференциальных, интегральных, интегро-дифференциальных) безотносительно к каким-либо видам реальных явлений и процессов. Моделирование такого типа задач с помощью вероятностной модели называется вероятностным моделированием.

Метод Монте-Карло широко начал применяться при решении многомерных интегралов, систем алгебраических уравнений высокого порядка, для исследования различного рода сложных систем автоматического управления и др. В настоящее время метод имеет большое прикладное значение.

Сущность метода заключается в нахождении значения a некоторой изучаемой величины. Для этого необходимо выбрать такую случайную величину X , математическое ожидание которой равно a . Данное выражение представлено формулой (1)

$$M(X) = a \quad (1)$$

Метод Монте-Карло требует проведения большого числа испытаний, поэтому данный метод имеет второе распространенное название – метод статистических испытаний. Для реализации составляется программа для осуществления одного случайного испытания, затем данное испытание повторяется N раз, причем каждый проведенный опыт не зависит от всех остальных и результаты всех опытов осредняются. Метод представляет собой способ моделирования случайной величины и процессов для оценивания параметров, представляющих решение некоторой задачи. Теория метода указывает на целесообразный выбор случайной величины X и поиск возможных значений. Отыскание возможных значений случайной величины X (моделирование) называется «разыгрыванием случайной величины» [3].

Смысл компьютерного моделирования методом Монте-Карло заключается в следующем: случайному эксперименту реального явления или процесса или описывающим его дифференциальным уравнениям сопоставляется аналогичный им (иногда совершенно непохожий) вероятностный процесс, который моделирует это явление, т.е. создается вероятностная модель исследуемого явления. На вероятностной модели

проводятся исследования, отрабатываются возможные решения, чаще всего на компьютере, которые затем переносятся на реальный процесс или явление.

Для моделирования случайной величины применяются псевдослучайные числа. Псевдослучайные числа – последовательность чисел свойственно близкая к последовательности случайных чисел. Для получения псевдослучайных чисел используется генератор – формула или алгоритм, генерирующий последовательность чисел, элементы которой имеют слабую зависимость и подчиняются равномерному (равновероятному) закону распределения. Генератор псевдослучайных чисел реализуется на ЭВМ.

Для получения дефектов применяется метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Для этого производится n испытаний для получения n возможных значений X и рассчитывается среднее арифметическое. Расчет производится по формуле (2).

$$\bar{x} = \frac{(\sum x_i)}{n}, \quad (2)$$

где x_i – i -ое псевдослучайное число;
 n – количество испытаний.

Применение метода Монте – Карло для моделирования дефектов

В общем случае ИТС единицы оборудования будет осуществляться по формуле (3).

$$J = \sum (KB_i \times \bar{x}_i), \quad (3)$$

где KB_i –весовой коэффициент i -ого фактора.

В качестве примера для моделирования рассматривается воздушная линия электропередач. Весовые коэффициенты представлены в (таб. 1).

Таблица 1

Весовые коэффициенты для ВЛ

Узел	Параметры	Вес.коэф
Опора	Крепление опоры	0,1
	Приставка, стойка	0,03
	Траверса	0,07
	Заземляющее устройство	0,03
	Коммутационные аппараты, разрядники	0,1
Пролет	Трасса ВЛ	0,2
	Провод, кабельная вставка	0,47
Σ	-	1

Для дальнейших расчетов значение ИТС будет приниматься в относительных единицах. Тогда ИТС в зависимости от состояния оборудования может принимать значения в диапазоне от 0 до 1, где 0 - худшее

значение (неработоспособное состояние), соответственно 1 - наилучшее значение (идеальное).

Алгоритм моделирования ИТС реализован на языке программирования Python [4]. В Python генератор псевдослучайных чисел присутствует в виде модуля RANDOM. В основе модуля заложен алгоритм «вихря» Мерсенна, позволяющий генерировать высококачественные по критерию случайности псевдослучайные числа. Математическая модель для реализации алгоритма на Python представлена в формуле (4).

$$J = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^n RANDOM_i}{n} \right) \times KB_i \right), \quad (4)$$

где KB_i – весовой коэффициент i -ого фактора;
 $RANDOM$ – псевдослучайное число в диапазоне (0;1);
 n – количество испытаний;
 i – количество параметров (факторов).
 Реализация алгоритма представлена на (рис. 1).



Рис.1. Программная реализация моделирования ИТС

Применяя формулу (5) рассчитываются итоговые значения показателей надежности с учетом технического состояния электрооборудования[5].

$$P_{\text{ИТС}} = P \times J \quad (5)$$

где P – вероятность безотказной работы системы электроснабжения;
 J – ИТС, полученный при моделировании.

Заключение

Итоговое значение вероятности безотказной работы будет ниже значения, рассчитанного без учета текущего состояния оборудования. Расчеты надежности, проводимые без учета технического состояния электрооборудования, приводят к завышенным оптимистическим оценкам. Внедрение систем мониторинга за состоянием оборудования необходимо для снижения возможных экономических ущербов от перерыва электроснабжения.

Литература

1. Секретарев Ю.А., Левин В.М. Выбор и принятия решений по управлению ремонтами энергооборудования в системах электроснабжения с монопотребителем // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2021. №2 (83). С. 17-25.
2. Секретарев Ю.А., Левин В.М. Оценка влияния на надежность системы электроснабжения различного рода дефектов ее основных элементов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. № 4 (44). С. 55-63.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. Пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. Шк., 2003. – 479 с.
4. Свидетельство № RU 2022618655. Расчет надежности системы электроснабжения нефтяного промысла в рамках риск-ориентированного подхода / Ю.А. Секретарев, А.А. Горшунов // зарегистр. 13.05.2022. 1 с.
5. Секретарев Ю.А. Использование риск-ориентированного подхода для диагностики и мониторинга состояния объектов электроэнергетической системы / Ю.А. Секретарев, А.А. Горшунов // Гидроэлектростанции в XXI веке: сб. материалов IX Всерос. науч.-практ. конф., Саяногорск, 2022. – 28-36.

Сведения об авторах:

Горшунов А.А. – аспирант 1-го года обучения, кафедра «СЭСП», факультет энергетики, НГТУ, г. Новосибирск, Россия.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Алиев Ш.Х., Собиров Х.Б., Содиков Дж.С.

Научный руководитель – к.т.н. Джамолзода Б.С.

ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: sohzodsoha@gmail.com

Аннотация. В статье сформулирована оптимизационная задача, раскрыта актуальность и значимость данной проблемы. Представлены результаты обзора литературы на данную тему. Рассмотрены основные положения применения современных счетчиков электроэнергии для измерения и контроля качества электроэнергии для оптимизации работы электротехнических комплексов и систем.

Ключевые слова: напряжения, частота, гармоника, счетчик, показателей качества электроэнергии.

Annotation. The article builds optimization of the problem, reveals the relevance and capture of this problem. Suggestions for the results of a literature review on the topic. The main provisions for the use of modern electricity meters for measuring and controlling the quality of the economical operation of electrical complexes and systems are possible.

Keywords: voltage, frequency, harmonic, counter, power quality indicators.

Для исследования анализа и мониторинга показателей качества электроэнергии (ПКЭ) в мировой практике используются специализированные измерительные приборы – анализаторы качества электроэнергии (АКЭ). Анализаторы качества электроэнергии - это контрольно-измерительные приборы, применяемые для обработки результатов измерения различных электрических величин для проведения анализа с дальнейшей проверкой на соответствие нормам и требованиям.

Качество электроэнергии - это оценка стабильности источника питания с точки зрения величины частоты и формы сигнала напряжения, необходимых для безопасной, правильной и непрерывной работы конкретной электрической нагрузки. Действительно, поддержание требований PQ по напряжению и току в энергосистеме на должном уровне обеспечивает безопасную и непрерывную работу электрических нагрузок. Хорошее качество электроэнергии можно рассматривать как устойчивое напряжение питания, которое находится в заданном диапазоне, имеет частоту, близкую к номинальному значению, и форму волны, близкую к синусоидальной (отсутствие пиков и мерцаний, отсутствие искажений, и гармоник, и т. д.).

Проблема качества электроэнергии (КЭ) сегодня становится все более острой. Ухудшение может быть связано не только с потребителем, но и с поставщиком. В таком случае проводится проверка КЭ, по результатам которой можно обнаружить проблему и ее причину, а также составить претензию к сбытовой компании.

Конструкции приборов учета электроэнергии различаются в зависимости от таких возможностей, как соответствие точности, частота дискретизации, измерения гармоник и расчеты алгоритмов, и это лишь некоторые из них [1]. Погрешности показаний приборов учета электроэнергии могут различаться в зависимости от класса точности, частоты дискретизации, измерения гармонических искажений при не измеряемом напряжении сети и токовой нагрузке потребителя.

Учет электроэнергии для управления нагрузкой и выставления счетов за энергию должен обеспечивать минимальное измерение до 25-го порядка гармоник. Прогресс в измерении электроэнергии должен включать в себя такие функции, как регистрация данных, регистрация событий в комплекте с часами реального времени для отметки даты/времени. Эти функции могут обеспечивать функции регистрации данных как в режиме реального времени, так и с интервалами для автоматического сбора и хранения данных уровней гармонических данных.

Совмещение счетчиков электроэнергии имеет определенные достоинства:

- упрощает работу за счет измерения всех необходимых параметров от основных значений (КНИ) коэффициент нелинейных искажений до TDD и K-фактора, а также отдельных гармоник;
- с пользовательской логикой мониторинг становится автоматическим процессом;
- повышение универсальности средств измерений;
- доступ в виде онлайн-сервиса или отдельно в составе клиентского серверного пакета;
- специальные алгоритмы и функции для приложений управления энергопотреблением и обеспечивает непрерывную запись и анализ всех соответствующих параметров;
- дистанционного доступа к текущим показателям энергопотребления и качество электроэнергии при использовании в составе системы автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии;
- значения ПКЭ при учете электрической энергии используются для оценки погрешности измерений количества электрической энергии;

- ГОСТ Р 54149-2010 устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в точках передачи электрической энергии пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжений систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц [2]. Данная особенность увеличивает значимость счетчиков электроэнергии для измерения и контроля КЭ.

На ряду с указанными достоинствами применение современных счетчиков электроэнергии имеет недостатки. Данная средства измерений показателей качества электроэнергии, также отличающиеся высокой ценой, по совокупности параметров не обеспечивают требования стандартов на проведение сертификации и контроль качества электроэнергии в полном объеме. Данный аспект снижает целесообразность применения подобных приборов с точки зрения потребителя не только в плане стоимости прибора, но и его избыточной функциональности. Кроме того, в последние годы возникло несколько проблем с конфиденциальностью данных, связанных с интеллектуальными счетчиками. В некоторых случаях интеллектуальные счетчики могут собирать небольшие фрагменты информации за короткие промежутки времени и, следовательно, давать подробную картину того, какие устройства используются. Это нарушение может привести к выявлению конкретных характеристик, которые раскрывают информацию о социально-экономическом статусе дома, жилище и бытовых приборов, что представляет серьезную угрозу для конфиденциальности потребителей.

В соответствии стандартом установлены высокие требования к точности измерений ПКЭ. Для параметров частоты и напряжения измерения должны проводиться в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.30, класс А., которые приведены в таблице 1, [3].

Таблица

Требования к характеристикам процесса измерений класса А

Показатель КЭ	Диапазон измерений	Неопределенность измерений
Частота	42,5-57,5 / 51-69 Гц	$\pm 0,01$ Гц
Значение напряжения	10% - 150% U_{din}	$\pm 0,1\%$ U_{din}
Несимметрия напряжений	0,5% - 5% (K_2, K_0)	$\pm 0,15\%$
Гармоники напряжения		$\pm 0,05\%$

Можно сделать вывод, современных счётчиков электроэнергии с функцией измерения ПКЭ должны соответствовать требованиям стандартов в области КЭ по измеряемым параметрам. Применение современных счетчиков электроэнергии с функцией измерения ПКЭ, соответствующих требованиям действующих стандартов, позволяет увеличить степень взаимосвязи систем автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии получить данные по характеристикам энергопотребления для оптимизации работы электротехнических комплексов.

Литература

1. Шевцов В.В. Многофункциональные приборы для коммерческого учета и контроля качества электрической энергии // Информатизация и системы управления в промышленности. 2011. №6. С. 19-23.
2. ГОСТ Р 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. ГОСТ Р 51317.4.30–2008 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

Сведения об авторах:

Алиев Ш.Х. – магистрант 2-го курса, группы 430103Б кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

Собиров Х.Б. - магистрант 2-го курса, группы 430103Б кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

Содиков Дж.С. - магистрант 2-го курса, группы 430103Б кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

Джамолзода Б.С. – к.т.н., стр. преп. кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Кувватов И.А., Шофайзов М.Ф.

Научный руководитель – Рахимзода Дж.Б.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В статье рассмотрена задача анализа и оптимизации режимов электроэнергетической системы на основе функций принадлежности.

Ключевые слова: Электроэнергетическая система, нечеткая информация, нагрузка, вероятность, мощность

OPTIMIZATION OF POWER SYSTEM OPERATION MODES ON THE BASIS OF ACCESSORIES FUNCTIONS

Annotation. The article considers the problem of analyzing and optimizing the modes of the electric power system based on membership functions.

Keywords: Power system, fuzzy information, load, probability, power

Нечеткие описания в структуре метода анализа состояния системы появляются в связи с **неуверенностью** эксперта, что возникает в ходе различного рода классификаций. Например, эксперт не может четко разграничить понятия «высокой» и «максимальной» вероятности. Или когда надо провести границу между средним и низким уровнем значения параметра. Тогда применение нечетких описаний означает следующее:

Эксперт строит лингвистическую переменную со своим термножеством значений. Например: переменная «**Уровень потерь энергии**» может обладать термножеством значений «*Очень низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень высокий*».

Чтобы конструктивно описать лингвистическую переменную, эксперт выбирает соответствующий ей *количественный признак* – например, сконструированный специальным образом показатель уровня потерь энергии, который принимает значения от нуля до единицы.

Далее эксперт каждому значению лингвистической переменной (которое, по своему построению, является **нечетким подмножеством** значений интервала $(0,1)$ – области значений показателя уровня потерь энергии) сопоставляет **функцию принадлежности** уровня потерь энергии тому или иному нечеткому подмножеству. Общеупотребительными функциями в этом случае являются **трапециевидные** функции принадлежности. Верхнее основание трапеции соответствует полной уверенности эксперта в правильности своей классификации, а нижнее – уверенности в том, что никакие другие значения интервала $(0,1)$ не попадают в выбранное нечеткое подмножество.

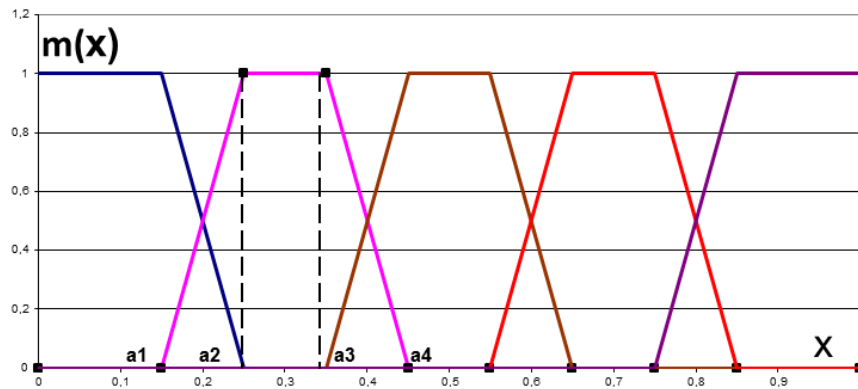


Рис. 1. Трапециевидные функции принадлежности

Задача определения возможного минимума потерь электроэнергии является одной из самых насущных проблем в современной энергетике.

Так, простейшие методы не позволяют рассчитывать и прогнозировать потери при проектировании и эксплуатации сложных разветвленных сетей, поэтому вызывают интерес любые научно обоснованные методики их определения.

Уровень потерь электроэнергии – это комплексный показатель, характеризующий как качество эксплуатации системы, так и качество управления ей, которое, в конечном счете, получает свое выражение в финансовом эквиваленте, но не исчерпывается одними лишь финансовыми последствиями.

Любое заинтересованное положением предприятия лицо (руководитель, инвестор, кредитор, аудитор и т.д.), далее именуемое лицом, принимающим решения (ЛПР), не довольствуется простой количественной оценкой показателей. Для ЛПР важно знать, приемлемы ли полученные значения, хороши ли они, и в какой степени. То есть ЛПР не может быть удовлетворено бинарной оценкой "хорошо - плохо", его интересуют оттенки ситуации, а также и экономическая интерпретация этих оттеночных значений. Задача осложняется тем, что показателей много, изменяются они зачастую разнонаправлено, и поэтому ЛПР стремится "свернуть" набор всех исследуемых частных финансовых показателей в **один комплексный**, по значению которого и судить о степени благополучия ("живучести") энергосистемы.

Успешный анализ электроэнергетической системы возможен лишь на основе следующих основных предпосылок:

В основу анализа ложатся результаты наблюдения за системой за возможно более долгий период времени.

Показатели, используемые при анализе, должны достоверно отображать подлинное состояние системы.

Для анализа используются лишь те показатели, которые в наибольшей степени критичны с точки зрения их относимости к величине потерь.

Лицо, производящее анализ, должно располагать представительной статистикой похожих систем, которая также должна быть верифицирована на относимость к величине потерь данной системы.

Постановка задачи комплексного анализа потерь активной мощности электроэнергетической системы

Как известно, существует две постановки задачи оптимизации реактивной мощности в электроэнергетической системе:

Проектная: минимум затрат на установку и обслуживание устройств компенсации реактивной мощности (КРМ)

Эксплуатационная: минимум потерь активной мощности при наличии заранее установленных устройств КРМ в определенных узлах сети.

1. Пусть заданы два временных интервала I и II, по которым проводится сопоставительный анализ. Пусть система в каждом из периодов характеризуется набором N показателей, построенных на основании наблюдений диспетчеров за период. В периоде I это показатели X_1, \dots, X_N со значениями x_{1I}, \dots, x_{NI} , в периоде II - те же показатели со значениями x_{1II}, \dots, x_{NII} , причем предполагается, что система показателей $\{X\}$ достаточна для достоверного анализа (для классификации и сопоставления состояний системы).

2. Полное множество A состояний электроэнергетической системы относительно потерь (в общем случае пересекающихся) нечетких подмножеств вида:

A_1 - нечеткое подмножество состояний “предельного неблагополучия”;

A_2 - нечеткое подмножество состояний “неблагополучия”;

A_3 - нечеткое подмножество состояний “среднего качества”;

A_4 - нечеткое подмножество состояний “относительного благополучия”;

A_5 - нечеткое подмножество состояний “предельного благополучия”.

То есть терм-множество лингвистической переменной “Состояние электроэнергетической системы” состоит из пяти компонентов. Каждому из подмножеств $A_1 \dots A_5$ соответствуют свои функции принадлежности $\mu_1(V) \dots \mu_5(V)$, где V - комплексный показатель состояния потерь активной мощности электроэнергетической системы, причем чем выше V , тем меньше потери мощности в системе. Качественный вид функций $\mu_i(V)$ представлен на рис. 2.

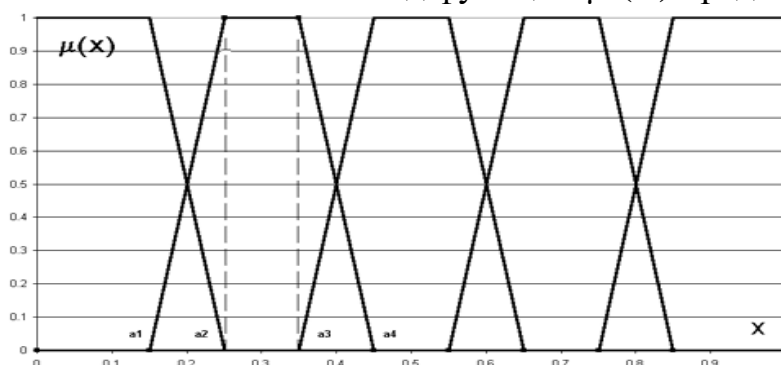


Рис. 2. Качественный вид функции принадлежности

Во избежание избытка графиков, введем некий математический формализм, позволяющий компактное описание этих функций. Поставим в однозначное соответствие функции принадлежности $\mu(V)$ нечеткое число

$$\beta(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4),$$

где α_1 и α_4 - абсциссы нижнего основания, а α_2 и α_3 - абсциссы верхнего основания трапеции (рис. 2), задающей μ в области с ненулевой принадлежностью носителя V соответствующему нечеткому подмножеству. Назовем числа β трапецевидными или, кратко, T-числами.

Вернемся к комплексному показателю V . Ясно, что он функционально и алгоритмически связан с набором исходных показателей состояния электроэнергетической системы:

$$\begin{aligned} V_I &= \Psi(X_{I1}, \dots, X_{IN}); \\ V_{II} &= \Psi(X_{II1}, \dots, X_{IIN}), \end{aligned}$$

но вид Ψ неизвестен и подлежит установлению.

3. В отношении каждого показателя X_1, \dots, X_N известно, как его изменение влияет на изменение V . Например, с уменьшением напряжения в системе, значение потерь активной мощности увеличивается, что ухудшает и комплексный показатель. Это можно обозначить $X_i \downarrow \rightarrow V \downarrow$. Если верно это, то справедливо и обратное: $X_i \rightarrow V$. В функциональной записи:

$$r(V) = \delta_i r(X_i),$$

где

$$r(\bullet) = \begin{cases} 1, & \text{если параметр } \bullet \text{ растет} \\ -1, & \text{если параметр } \bullet \text{ падает} \end{cases}$$

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{если рост } X_i \text{ сопровождается ростом } V_i \\ -1, & \text{если рост } X_i \text{ сопровождается уменьшением } V_i \end{cases}$$

В нечетком энергетическом анализе не является обыкновением то, что рост какого-либо показателя сопровождается улучшением состояния электроэнергетической системы ($\delta_i = 1$). Зависимости здесь далеко не однозначны и не линейны, поэтому всегда необходимо рассматривать всю систему в целом и делать выводы только по значению комплексных показателей, учитывающих все основные зависимости.

4. В качестве оценки состояния электроэнергетической системы введем лингвистическую переменную “уровень потерь мощности” со значениями {Наивысший, Высокий, Средний, Низкий, Незначительный}. Взаимно однозначное соответствие лингвистических переменных “Состояние системы” и “Уровень потерь мощности” задано табл. 1.

Таблица 1

Соответствие лингвистических переменных “Состояние системы” и “Уровень потерь мощности”

Значение переменной “Состояние системы”	Значение переменной “Уровень потерь мощности”
Предельное неблагоприятие	Наивысшая
Неблагополучие	Высокая
Среднее качество	Средняя
Относительное благополучие	Низкая
Предельное благополучие	Незначительная

Тогда задача комплексного анализа может быть сформулирована следующим образом:

1. Определить процедуру Ψ (функцию или алгоритм), связывающую набор показателей $\{X\}$ с комплексным показателем V . Тогда, по мере получения количественных значений V и на основании функций $\{\mu\}$ конструируется следующее утверждение: **“Текущее состояние системы:**

предельно благополучно с уровнем соответствия $\mu_1(V)$,
относительно благополучно с уровнем соответствия $\mu_2(V)$,
среднего качества с уровнем соответствия $\mu_3(V)$,
неблагополучно с уровнем соответствия $\mu_4(V)$,
предельно неблагоприятно с уровнем соответствия $\mu_5(V)$ ”.

Это утверждение придает определенный вес каждой из гипотез принадлежности текущего состояния электроэнергетической системы к одному из нечетких подмножеств $\{A\}$. Лицо, принимающее решение в отношении системы, может удовлетвориться той гипотезой, для которой значение $\mu(V)$ **максимально**, и таким образом для себя качественно оценить состояние системы.

2. Определить, улучшилось или ухудшилось состояние системы за период Π по отношению к периоду I . Эта задача решается попутно с предыдущей:

если $V_{\Pi} > V_I$, то состояние **улучшилось**,

если $V_{\Pi} < V_I$ - то **ухудшилось**.

Качественно положительная или отрицательная динамика изменения состояния системы распознается с анализом изменений значений $\{\mu\}$, переместился ли максимум $\{\mu\}$ из подмножества в подмножество, и если да, то в каком направлении.

3. Оценить уровень потерь мощности по значению показателей V_I, V_{Π} и на основании табл. 1. С ростом значения показателя V уровень потерь снижается, и наоборот.

Решение задачи комплексного анализа в заявленной постановке

Пусть $D(X_i)$ - область определения параметра X_i , несчетное множество точек оси действительных чисел. Определим лингвистическую переменную

“Уровень показателя X_i ” с введением пяти нечетких подмножеств множества $D(X_i)$:

- V_1 - нечеткое подмножество “**очень низкий** уровень показателя X_i ”,
- V_2 - нечеткое подмножество “**низкий** уровень показателя X_i ”,
- V_3 - нечеткое подмножество “**средний** уровень показателя X_i ”,
- V_4 - нечеткое подмножество “**высокий** уровень показателя X_i ”,
- V_5 - нечеткое подмножество “**очень высокий** уровень показателя X_i ”.

Задача описания подмножеств $\{V\}$ - это задача формирования соответствующих функций принадлежности $\lambda_{1-5}(x_i)$.

Заключение

Данный метод построения функций принадлежности основан на использовании нечетких чисел, отражающих мнения экспертов по рассматриваемому вопросу. Задача сводится к отысканию параметров заранее заданной функции, при решении которой используются результаты экспертного опроса.

Литература

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений, М.: Мир, 1976.
2. Богатырев Л.Л., Манусов В.З., Содномдорж Д. Математическое регулирование электроэнергетических систем в условиях неопределенности.- Улан-Батор: Издательство типографии МГТУ, 1999.348 с.
3. Мельников Н.А. Реактивная мощность в электрических сетях. М., «Энергия», 1975.
4. Веников В.А. оптимизация режимов электростанций и энергосистем: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1981 г.
5. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями, Минск: Вышэйшая школа, 1992.

Сведения об авторах:

Кувватов И.А. – магистрант 2-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Шофайзов М.Ф. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Лайлои И, Хабибов О.С.

Научный руководитель – к.т.н. Ахъёев Дж.С.

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
г. Душанбе, Таджикистан*

Аннотация. В статье произведен обзор электрических сетей, требований, предъявляемых к качеству электрической энергии в электрических сетях, а также вопросы классификации электрических сетей электроэнергетических систем.

Ключевые слова: Электрические сети, электроэнергия, надежность, подстанция, потребители.

DEVICE OF ELECTRIC NETWORKS AND THEIR CLASSIFICATION

Abstract. The article provides an overview of electrical networks, the requirements for the quality of electrical energy in electrical networks, as well as the classification of electrical networks of electric power systems.

Key words: Electrical networks, electricity, reliability, substation, consumers.

Введение

Электрические сети являются техническим устройством, предназначенным для передачи электроэнергии от электрических станций к потребителям и распределения энергии между потребителями. Электрические сети состоят из передающих элементов – ЛЭП и преобразующих элементов - трансформаторов и дополнительных устройств, обеспечивающих защиту и регулирование режимов электрических сетей.

Линии высокого напряжения предназначены для передачи электрической энергии в больших количествах и на большие расстояния. ЛЭП низкого напряжения предназначены для распределения электрической энергии между потребителями.

Требования к электрическим сетям

Надежность электроснабжения потребителей.

Надежным считается электроснабжение, при котором в случае аварийных повреждений элементов электрической сети питание восстанавливается в течение времени, необходимого для производства ручных переключений без выполнения ремонта поврежденного элемента.

Бесперебойным считают электроснабжение, если при аварийных повреждениях питание электроприемника не нарушается или имеет место перерыв в подаче электроэнергии на время работы автоматических устройств (1...3с).

Согласно действующим Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) все электроприемники по степени надежности делятся на три категории:

Электроприемники первой категории должны иметь бесперебойное электроснабжение. Питание электроприемников первой категории должно осуществляться не менее чем от двух: независимых источников;

Электроприемники второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допускают перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады;

Электроприемники третьей категории допускают перерыв в электроснабжении на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного элемента сети, но не более суток. [9]

Качество электрической энергии

Каждый потребитель должен обеспечиваться качественной электроэнергией. Для характеристики качества электроэнергии применяются специальные показатели, которые установлены государственным стандартом (ГОСТ 32144-2013). К показателям качества электроэнергии относят: отклонение частоты от номинального значения, отклонение напряжения от номинального значения, коэффициенты несимметрии и несинусоидальности трехфазной системы напряжений и др.

Экономичность сооружения и эксплуатации.

При проектировании электрической сети следует соразмерить средства, вложенные на сооружение сети, и расходы, которые будут идти на ее эксплуатацию. Для этого используют специальные критерии, например полные затраты на сооружение и эксплуатацию в течение экономического срока службы сети.

Безопасность. Для обеспечения безопасности персонала энергосистем и других лиц согласно ПУЭ применяют заземления, ограждения, сигнализацию, охрану, специальную одежду и другие приспособления.

Возможность дальнейшего развития.

Вследствие изменения нагрузок потребителей, а также появления новых потребителей электрическая сеть находится в состоянии развития, модернизации и реконструкции. Достраиваются, заменяются, реконструируются электростанции, линии, подстанции, устанавливаются новые системы управления. Необходимо так проектировать электрическую сеть, чтобы она давала возможность дальнейшего расширения и развития.

Классификация электрических сетей

Существует несколько способов классификации электрических сетей.

Каждая сеть характеризуется номинальным напряжением. Различают номинальные напряжения ЛЭП, генераторов, трансформаторов и электроприемников. Номинальным напряжением ЛЭП считается напряжение сети, элементом которой она является. Номинальное напряжение электроприемника совпадает с номинальным напряжением сети, к которой он подключен. Номинальное напряжение генераторов по условию компенсации потерь напряжения в сети принимают на 5 % выше.

Номинальные напряжения, указанные в скобках, для вновь проектируемых сетей не рекомендуются.

До 1 кВ при трехфазном переменном токе приняты номинальные междуфазные напряжения: 40, 60, 220, 380 и 660 В.

По величине номинального напряжения сети подразделяются:

- на сети низкого напряжения НН (до 1000 В);
- среднего напряжения СН (3 ... 35 кВ);
- высокого напряжения ВН (ПО ... 220 кВ);
- сверхвысокого напряжения СВН (330 ... 750 кВ);
- ультравысокого напряжения УВН (свыше 1000 кВ).

По роду тока сети подразделяются:

- на сети постоянного тока;
- переменного тока.

Таблица 3.1

Номинальные напряжения электрических сетей и присоединенных к ним источников и приемников энергии (ГОСТ 21128-83)

Сеть	Генераторы	Трансформаторы				Наибольшее рабочее напряжение
		без РПН и с обмотками		с РПН и с обмотками		
		первичной	вторичной	первичной	вторичной	
6	6,3	6; 6,3	6,3; 6,6	6; 6,3	6,3; 6,6	7,2
10	10,5	10; 10,5	10,5; 11	10, 10,5	10,5; 11	12,0
20	21	20	22	20,21	22	24,0
35	-	35	38,5	35; 36,75	38,5	40,5
110	-	-	121	ПО, 115	115, 121	126
(150)	-	-	(165)	(158)	(158)	(172)
220	-	-	242	220, 230	230, 242	252
330	-	330	347	330	330	363
500	-	500	525	500	-	525
750	-	750	787	750	-	787
1150	-	-	-	1150	-	1200

ЛЭП постоянного тока применяются для дальнего транспорта электрической энергии и связи электрических сетей с разными номинальными частотами или с разными подходами к регулированию при одной номинальной. Для связи с другими странами применяют вставки постоянного тока. За рубежом в разных странах существуют несколько десятков ЛЭП постоянного тока, среди которых самой мощной является Итайпу - Сан Паулу (Бразилия) с номинальным напряжением 1200 кВ, длиной 783 км и пропускной способностью 6,3 млн. кВт.

Линии переменного трехфазного тока используются повсеместно. Первые экспериментальные участки линий электропередачи 1150 кВ были построены в 1985 г.

По конструктивному выполнению сети делятся:

- на воздушные;
- кабельные;
- токопроводы промышленных предприятий;
- проводки внутри зданий и сооружений.

По назначению сети называют:

- питающими;
- распределительными;
- основными сетями энергосистем;
- системообразующими;
- межсистемными связями.

Питающими называют сети, по которым энергия подводится к подстанции или РП. Распределительные сети - это сети, к которым непосредственно подсоединяются электроприемники и трансформаторные пункты. Обычно это сети с номинальным напряжением до 20 кВ, однако часто к распределительным сетям относят и разветвленные сети более высоких напряжений. К основным сетям принадлежат сети высокого напряжения, на которых осуществляются наиболее мощные связи в системе. Системообразующими сетями называют линии наивысшего напряжения в данной энергосистеме, сооружаемые для дальнейшего ее развития. Межсистемными связями называют ЛЭП, которые соединяют отдельные энергосистемы.

По схеме соединений сети делят:

- на разомкнутые;
- разомкнутые резервированные;
- замкнутые.

Разомкнутыми называют такие сети, которые питаются от одного пункта и передают электрическую энергию к потребителю только в одном направлении. Разомкнутые сети, бывают магистральными, радиальными и радиально-магистральными (разветвленными). В разомкнутых резервированных сетях при нарушении питания по одной из ЛЭП вручную или автоматически включается резервная перемычка, по которой восстанавливается электроснабжение отключенных потребителей. Замкнутыми называют сети, питающие потребителей, по меньшей мере, с двух сторон.

Заключение

Электрические сети должны обеспечивать достаточно надежное электроснабжение потребителей и требуемое качество электроэнергии. При этом они должны соответствовать требованиям наибольшей экономичности. Это относится и к условиям проектирования, и к условиям эксплуатации.

Литература

1. Провода для высоковольтных линий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energyland.info/analitic-show-104569>. – Загл. с экрана.
2. Лыкин А.В. Электрические системы и сети учебное пособие /Лыкин А.В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 248 с.
3. Глазунов А.А. и Глазунов А.А Электрические системы и сети учебное пособие/ – Москва: государственное энергетическое Изд-во, 1960. – 367с
4. Идельчик В.И. Электрические системы и сети учебное пособие для вузов / – Москва:Энергоатомиздат, 1989 – 592 с.
5. Файбисович Л.Д. Справочник по проектированию электрических сетей / – Москва Изд-во НЦ ЭНАС, 2009. – 392 с.

Сведения об авторах:

Изатулло Л. – магистрантка 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Хабибов О.С. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

ЛИНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО И ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Манусов В.З¹., Реутов С.Н¹., Бумцэнд У²., Галеев Р.Г¹.
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного
транспорта»¹

Монгольский Государственный Университет Науки и Технологии,
Дарханский институт технологий²

Аннотация. Дан сравнительный анализ электромагнитного (аналогового) трансформатора тока с волоконо-оптическим (цифровым) трансформатором тока. Проведена оценка идеальности как технических систем электромагнитного трансформатора тока и оптического трансформатора тока. По линиям развития этих систем построены диаграммы оценки идеальности. На основе сравнения фигур площадей заполняемости диаграммы. Оценивается направление развития выявленных элементов этих устройств, при этом выявлены перспективы их развития для дальнейшего применения в электроэнергетике.

Ключевые слова: трансформатор, линии развития, электромагнитный, волоконно-оптический, оптимальность, сравнительный анализ.

DETERMINING THE IDEALITY OF A CURRENT TRANSFORMER AND COMPARING IT WITH AN ANALOG CURRENT TRANSFORMER

Abstract. Based on the theory of inventive problem solving, the article describes a comparison of an analog current transformer with an optical current transformer. The ideality of the technical system of current transformers is evaluated and compared by finding the area of the filled diagram. The directions of development of individual technological nodes and prospects for their replacement and introduction to electric power facilities are evaluated.

Keywords: transformer, development lines, electromagnetic, fiber-optic, optimality, comparative analysis.

Введение

С развитием цифровой техники термины аналоговые приборы или датчики относятся к технологиям имеющих значительную погрешность измерения [1,2]. Аналоговым приборам требуется дополнительное оборудования для дискретизации сигнала с некоторым выбранным интервалом квантования. Современный контроль параметров приборов опирается на данные измерения в цифровом формате. Электромагнитные (аналоговые) трансформаторы тока имеют конструкции на разные классы напряжений, размер, вес. Волоконно-оптический измерительный трансформатор переменного и импульсного тока может применяться для измерения нескольких классов напряжений, в одном конструктивном исполнении.

Волоконно-оптический измерительный трансформатор переменного и импульсного тока, основанный на использовании магнитооптического эффекта Фарадея, состоит из чувствительного элемента (ячейки Фарадея) и оптоэлектронного блока. Трансформатор предназначен для преобразования первичных мгновенных значений переменных и импульсных токов в пропорциональные значения низкого вторичного тока или цифровой сигнал. Принцип действия основан в повороте плоскости поляризации линейно-поляризованного света[3]. Использование этого физического эффекта повышает функцию идеальности трансформатора тока.

Измерения тока значительно повышает точность и снижает погрешности, это повышает идеальность. Внедрение на энергетических объектах волоконно-оптических трансформаторов обеспечивает технологию электрических измерений на качественно новом уровне, приближая такие объекты к полноценному переходу к цифровой подстанции и технологии SmartGrid[3].

Модели и методы

Дан сравнительный анализ электромагнитного (аналогового) и волоконно-оптического трансформаторов тока.

Оценка идеальности по 24 линиям развития технических систем проведены методом «Диаграмма оценки идеальности технических систем» (ДОИТС). [4, 5]

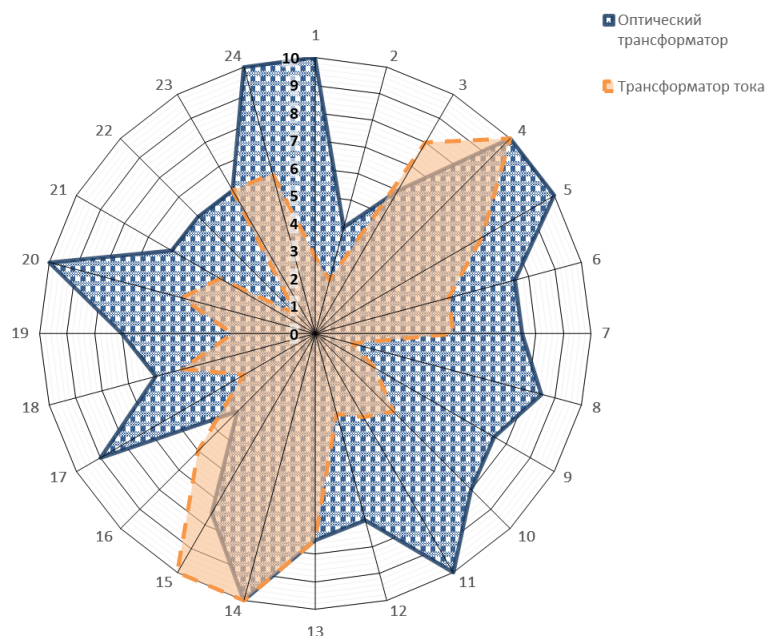


Рис. 1. Диаграмма оценки идеальности электромагнитного (аналогового) и волоконно-оптического трансформаторов тока.

Линии развития, которые определяют идеальность электромагнитного (аналогового) и волоконно-оптического трансформаторов тока как технических систем.

Площадь ΔABC , представленная на рисунке 2.

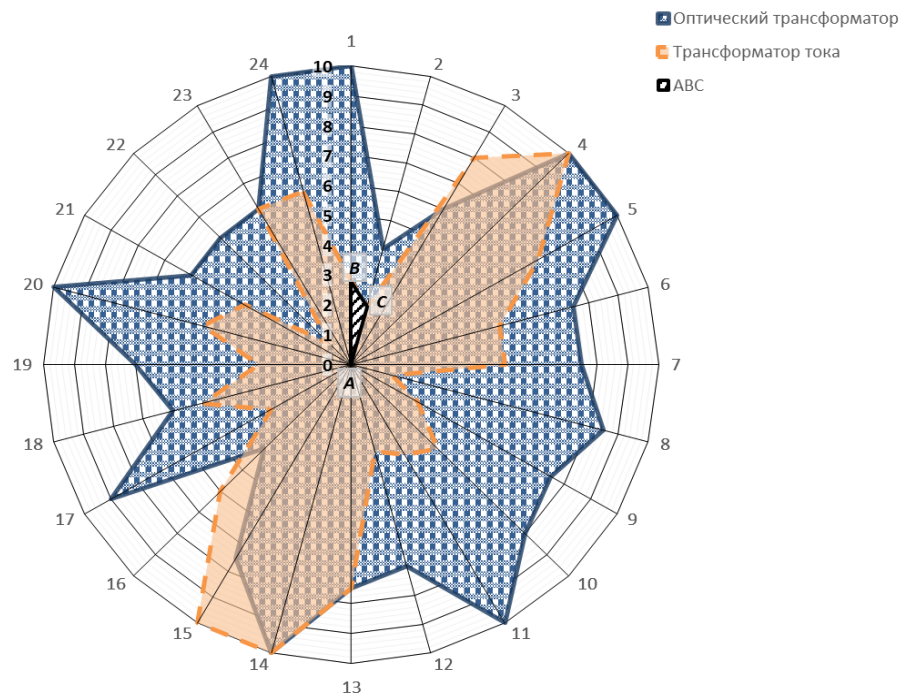


Рис. 2. Расчет ΔABC

Вычислим площадь треугольника с помощью формулы:

$$S_{\Delta ABC} = \frac{1}{2} \rho_0^2 (\sin \varphi_0 - a_1 \cos \varphi_0)^2 * \left(\frac{-1}{\operatorname{tg} \varphi_1 - a_1} + \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_0 - a_1} \right)$$

$$a_1 = \frac{\rho_1 \sin \varphi_1 - \rho_0 \sin \varphi_0}{\rho_1 \cos \varphi_1 - \rho_0 \cos \varphi_0} = \frac{2 * 0,26 - 2,8 * 0}{2 * 0,96 - 2,8 * 1} = -0,59$$

$$S_{\Delta ABC} = \frac{1}{2} * 2,8^2 (0 + 0,59 * 1)^2 * \left(\frac{-1}{-0,7} + \frac{1}{0,59} \right) = 0,72$$

Также $S_{\Delta ABC}$ можно найти по формуле:

$$S_{\Delta ABC} = \frac{1}{2} * a * b * \sin \varphi = \frac{1}{2} * 2,8 * 2 * 0,26 = 0,72$$

Рассчитаем данные на все треугольники на диаграмме. Сравним полученные площади фигур.

Идеальность трансформаторов тока можно оценить в отношении площади получившейся фигуры каждого из них к максимальной площади (когда все параметры $\rho_i=10$):

$$S_{\max} = \frac{1}{2} * 10 * 10 * \sin 15^\circ * 24 = 310,43$$

Идеальность электромагнитного трансформатора тока = 28,34 %

Идеальность волоконно-оптического трансформатора тока = 59,16 %

Из анализа по ДООТС и расчет площади сравниваемых трансформаторов, можно сделать следующие выводы:

Параметры, оцениваемые в баллах по шкале от 0 до 10 позволяют построить количественную диаграмму объекта исследования по линиям развития технических систем

Площадь фигуры, рассчитанная в зависимости от оценки идеальности линиям развития методики ДООТС – даёт объективную картину исследования.

По качественной картине можно выбрать наиболее перспективные линии развития для исследований, по совершенствованию объекта исследования.

Обсуждения результатов

Показано, что у волоконно-оптических трансформаторов тока идеальность достигается на более высоком уровне за счет измерения переменного (до 100 кА) и постоянного или импульсного (до 600 кА) токов разных классов напряжений (до 800 кВ);

- оптико-электронное преобразование световых сигналов в связи с отсутствием петли гистерезиса, магнитного насыщения и остаточного намагничивания, характерного для электромагнитных (аналоговых) трансформаторов тока, позволяет не сдерживать их динамический диапазон и точности измерений;

- большой динамический диапазон ($0,1 \dots 200\% I_{ном}$) и высокая точность ($0,1 \dots 0,2\%$) измерений, защиты токовых цепей, достигаются за счет использования поляризованных световых сигналов и их цифровой обработки. При этом волоконно-оптический трансформаторы тока, могут использоваться при отличающихся на порядок номинальных токах за счет электронной перенастройки коэффициентов трансформации;

- широкая полоса пропускания сигналов (до 10 кГц), дает полный анализ качества электроэнергии включая высшие гармоники;

- на ряду с этим использование маломощных световых сигналов и отсутствие электропроводящих материалов способствует лучшей электро- и пожарной безопасности;

Заключение

1. Представлено исследование преимуществ волоконно-оптического трансформатора тока с точки зрения повышения идеальности по линиям развития как технической системы, на основе метода "Диаграмма оценки идеальности технических систем"

2. Показанное увеличение площади фигуры на лепестковой диаграмме свидетельствует о том, что данная система приближается в своем развитии к идеальности.

3. Незаполненное пространство на лепестковой диаграмме указывает о возможности дальнейшего совершенствования данной технической системы.

Литература

1. Найденев А. Д. Оптические трансформаторы тока /А. Д. Найденев// Вестник науки и образования №8 (86), Ч. 1, 2020 – с. 19– 23.
2. Гречухин В.Н. Электронные трансформаторы тока и напряжения. Состояние, перспективы развития и внедрения на ОРУ 110-750 кВ станций и подстанций энергосистем // Вестник ИГЭУ, 2006. № 4. С. 56-59.
3. Ураксеев М. А. Оптоволоконные трансформаторы как элементы современных электротехнических комплексов и систем / М. А. Ураксеев, Левина Т. М.// Электротехнические и информационные комплексы и системы. № 2, т. 9, 2013 –с. 23–29.
4. Сибиряков В. Г. Диаграмма оценки идеальности технических систем. / [https://veselkov.me/in/upravlenie/vyigryishnyie-i-prostyie-texnologii-v-biznese-\(neozhidanno-prosto-i-legko-ob-upravlenii\)-chast-3.-teoriya-ogranicheniya-sistem-dlya-vyibora-strategii-i-postroeniya-texnologii-rabot-\(dopolnenie-9\).html](https://veselkov.me/in/upravlenie/vyigryishnyie-i-prostyie-texnologii-v-biznese-(neozhidanno-prosto-i-legko-ob-upravlenii)-chast-3.-teoriya-ogranicheniya-sistem-dlya-vyibora-strategii-i-postroeniya-texnologii-rabot-(dopolnenie-9).html).
5. Дёмин Ю. В. / Сравнительный анализ развития технических систем «Дизельного двигателя» и «Электрического двигателя» с помощью диаграммы оценки идеальности технических систем / Б. В. Палагушкин, С. Н. Реутов // МОРСКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 4 (42) Т. 4, 2018 – с. 32–138.

Сведения об авторах:

Манусов В.З. – д.т.н., профессор, профессор кафедры “Электрооборудования и автоматики” ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», г. Новосибирск

Реутов С.Н. – аспирант кафедры “Электрооборудования и автоматики” ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», г. Новосибирск

Бумцэнд У. – к.т.н., доцент кафедры «Энергетики и информационной технологии», Монгольского Государственного Университета Науки и Технологии, Дарханский институт технологий, г. Дархан

Галеев Р.Г. – аспирант кафедры “Электрооборудования и автоматики” ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», г. Новосибирск

ОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ

Пирова Ш.Х., Бобозода Ш.А., Раджабов Д.Р.

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
г. Душанбе, Таджикистан*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы энергоснабжения и оптимизация расходов для организаций непроизводственной сферы, основными видами потребляемой энергии которых является теплота и электрическая энергия.

Ключевые слова: энергоснабжение, энергоресурсы, затраты, потребление, оптимизация.

GENERAL METHODOLOGY FOR SOLVING ENERGY SAVING PROBLEMS IN ORGANIZATION

Annotation. The article deals with the issues of energy supply and cost optimization for organizations in the non-productive sphere, the main types of energy consumed by which are heat and electricity.

Keywords: energy supply, energy resources, costs, consumption, optimization.

Введение

При решении задач энергосбережения в конкретной организации вопросы конечности органических топлив, воздействия энергопроизводства на природу и человека, как правило, остаются вне поля зрения лиц, принимающих решения. Основным практическим критерием при выработке концепции энергосбережения является снижение затрат на оплату энергоресурсов. Такой подход правомерен и в условиях кратко- и среднесрочного развития и приводит практически к тем же результатам, что и использование глобальных критериев. Принципиальное отличие этих подходов состоит лишь в том, что глобальные критерии допускают длительные периоды окупаемости капитальных вложений в энергосбережение (свыше 10 лет), а экономический подход предполагает (в явном и неявном виде) максимально быстрые сроки окупаемости капиталовложений (1-2 года и менее). Следует отметить, что глобальные критерии оптимизации, основанные на долгосрочных прогнозах изменения стоимости энергоресурсов и санкций за ущерб от неэффективного использования энергии практически не применяются.

Констатирую это явление как негативное, рассмотрим более детально основные подходы к решению задач энергосбережения по экономическому критерию.

Стоимость энергоресурсов, потребляемых организацией, складывается из платы за тепловую, электрическую энергию и топливо прямого использования. В ряде случаев сюда также относят сжатый воздух, пар и пр., если они поступают от стороннего источника.

Для организаций непромышленной сферы основными видами потребляемой энергии является теплота и электрическая энергия.

Основное положение энергосбережения – экономить нужно в первую очередь то, что обходится дороже.

На рис. 1 приведено примерное соотношение годовых затрат на оплату энергоресурсов организаций непромышленной сферы.

Как видно из рисунка почти 2/3 затрат приходится на оплату тепловой энергии. На рис. 2 приведена примерная структура распределения тепловой энергии по видам потребления.

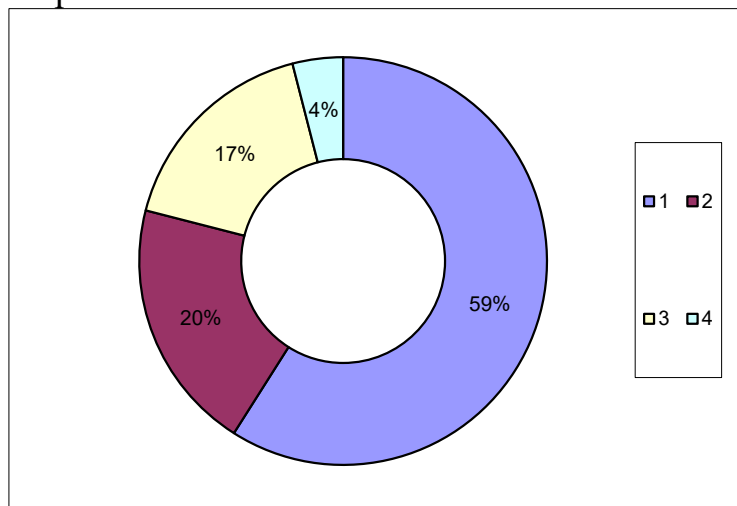


Рис. 1. Распределение затрат организации на оплату энергоресурсов
1 – тепловая энергия; 2 – электрическая энергия; 3 – водоснабжение и водоотведение; 4 – прочие коммунальные расходы

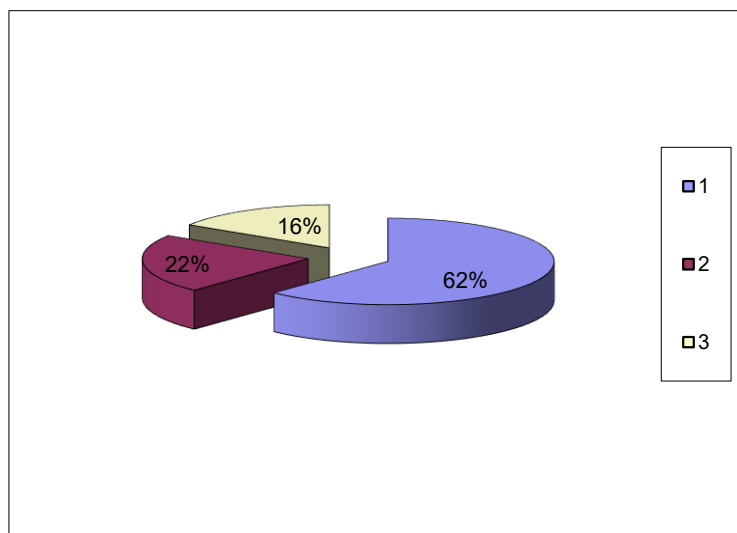


Рис. 2. Распределение тепловой энергии по видам потребления
1 – отопление; 2 – вентиляция; 3 – ГВС

Из этих данных следует, что наибольший расход энергии связан с отоплением зданий и сооружений.

Климатические особенности любого региона характеризуются

специальным фактором – числом градусо-суток отопительного периода (ГСОП), равным произведению длительности отопительного периода на средний за период перепад температур в окружающей среде. Среднегодовой объем потребления энергии на отопление в разных по климату регионах может быть оценен по формуле:

$$Q_{от} = q_0 \cdot V_n (\text{ГСОП}),$$

где q_0 – удельная отопительная характеристика здания, Вт/м³К;

V_n – объем здания по наружному обмеру (без подвалов), м³.

Чем более суров климат (выше ГСОП), тем больше требуется расход тепловой энергии, а, следовательно, и плата за нее.

Второе положение энергосбережения – экономить нужно то, что можно сэкономить при минимальных затратах.

Третье положение энергосбережения – снижать потери нужно там, где они аномально велики (находить энергетические дыры).

Инструментом для решения этой задачи служат энергоаудит и энергетическая паспортизация объектов с последующим сравнением однотипных сооружений.

Четвертое положение – с позиции экономики желательно избегать посредников (лучше всего производить энергию самим, покупая только дешевое топливо, например газ), так как посредники заинтересованы в переносе всех своих затрат и потерь на потребителя.

В том случае, если избежать наличия посредников невозможно, нужно руководствоваться пятым положением.

Пятое положение – нужно точно знать объем потребленных энергоресурсов (иметь коммерческий учет энергоресурсов).

Шестое положение – реализация мероприятий по энергосбережению не должна ухудшить санитарно-гигиенические условия в организации.

Снижение освещенности, ухудшение вентиляции помещений, понижение температуры ниже нормы недопустимы и не должны рассматриваться.

В любом случае средств всегда будет не достаточно, поэтому заключительное седьмое положение энергосбережения – тщательный анализ, точный выбор целей и концентрация средств на самых эффективных мероприятиях.

Заключение

1. Наибольшие расходы средств связаны с отоплением, и тепловая защита зданий является приоритетной задачей.
2. Значительный эффект энергосбережения уже может быть достигнут без больших финансовых вложений.
3. Учет энергопотребления (теплоты) нужен для избежания переплаты посреднику, поставщику.
4. Часто причины аномально высоких теплопотерь просты и

устранимы – требуется энергоаудит, энергетический паспорт и сравнительный анализ.

5. Мероприятия по энергосбережению должны идти во благо людей, аморально экономить на здоровье.

6. Решая задачи энергосбережения по финансовым критериям, не нужно забывать о том, что они действуют только сегодня, завтра они могут измениться (и уже меняются), в проблеме повышения эффективности использования энергии имеется только одна тенденция – рост стоимости и дефицитности энергоресурсов.

Литература

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. – 344 с.
2. Гусар Ф.Г., Отбор тепла силовых трансформаторов // Энергетика и электрификация, 1999. №9 С 38-40.
3. Трансформаторы силовые масляные с системами охлаждения М и Д. Тепловой расчет обмоток / РД 16424-88. Запорожье: ВИТ, 1988.
4. Мезенцев А.П. Основы расчета мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива. – Л.: Энергоатмиздат, 1984.
5. Егорычев А.П., Лисиенко В.Г., Розин С.Е., Щелоков Я.М. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. – М.: Металлургия, 1990.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. UNIDO, 1994.

Сведения об авторах:

Пирова Ш.Х. – старший преподаватель кафедры «Электрические станции» Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Бобозода Ш.А. – ассистент кафедры «Электрические станции» Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Раджабов Д.Р. – магистрант 2-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ

Пирова Ш.Х., Исупов Ф.Ш., Салимов Н.М.

Научный руководитель – Анварова Г.Б.

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
г. Душанбе, Таджикистан*

Аннотация. В статье рассмотрен возможный метод технической диагностики электрооборудования электрических сетей с помощью математического аппарата теории нечетких множеств и нечеткой логики. Показано, что на основе нечетких экспертных оценок можно делать прогнозирование возможных причинах отказов.

Ключевые слова: электроэнергетика, техническая диагностика, электрооборудование, нечеткие отношения, экспертные оценки, нечеткая логика.

DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL EQUIPMENT BASED ON FUZZY CAUSE AND EFFECT RELATIONSHIPS

Abstract. The article considers a possible method of technical diagnostics of electrical equipment of electrical networks using the mathematical apparatus of the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. It is shown that on the basis of fuzzy expert assessments it is possible to predict the possible causes of failures.

Keywords: electric power industry, technical diagnostics, electrical equipment, fuzzy relationships, expert assessments, fuzzy logic.

Введение

Техническое состояние электрооборудования электрических электроэнергетических систем (ЭЭС) является наиболее перспективной ветвью инновационного развития этих систем. Это направление требует индивидуальной оценки технического состояния каждого объекта – трансформатора или коммутационного аппарата, с помощью методов неразрушающего контроля и экспертных оценок. Так, например, обмоток, как самой уязвимой части трансформатора, повреждение изоляции которых создает опасность короткого замыкания (КЗ) и вывода оборудования из строя.

Математическая модель

Рассмотрим математическую модель технической диагностики электрооборудования энергетических и промышленных объектов, основанную на нечетких отношениях между возможными причинами отказов и реальными повреждениями.

Примем следующую модель технической диагностики трансформаторов с использованием матрицы нечетких отношений, которая в свою очередь требует некоторых экспертных оценок. Эти лингвистические оценки представляются как некоторые точки функции принадлежности, отражающей

субъективное восприятия повреждения экспертом на основе его опыта и знаний [1].

Пусть описание полного пространства возможных повреждений (предпосылок) X состоит из m факторов, а полное пространство причин (заключений) появления этих повреждений Y из n симптомов.

Рассмотрим набор следующих возможных повреждений, обнаруживаемых у силовых трансформаторов:
 у 1 - выгорание витковой изоляции и витков обмотки трансформатора; у 2 - деформации в обмотках; у 3 - увлажнение и загрязнение изоляции обмоток; у 4 - износ изоляции обмоток.

Возможные причины появления того или иного повреждения могут быть следующие:

x_1 - длительное неотключение сквозного тока КЗ на обмотках низшего напряжения трансформатора; x_2 - недостаточная электродинамическая стойкость обмоток к токам КЗ; x_3 - нарушение герметичности трансформатора; x_4 - снижение механической прочности изоляции.

Между x_i и y_j существуют некоторые нечеткие причины – следственные отношения $r_{ij} = x_i \rightarrow y_j$ которые можно представит в виде некоторой матрицы R , с элементами $r_{ij} \in [0,1]$. Конкретные входы (предпосылки) и выходы (заключения) можно рассматривать как нечеткие множества, A и B на пространстве X и Y [2-3].

Отношение этих нечетких множеств можно обозначить как

$$B = A \cdot R, \quad (1)$$

В данном случае направление решения в отношении выводов является обратным к направлению выводов правил, т.е. в случае диагностики имеется матрица R (знания экспертов) и определяются входы.

Исходя из выше изложенного, используя теорию нечетких отношений и экспертные оценки возможных причин повреждаемости, можно составить структурную схему матриц нечетких отношений между причинами (повреждениями) и их следствиями.

Таблица 1.

Принадлежности причин и повреждений обмотки трансформатора

Повреждения	Причины			
	Длительное неотключение тока КЗ на стороне низшего напряжения – x_1	Недостаточная электродинамическая стойкость обмоток к токам КЗ – x_2	Нарушение герметичности трансформатора а – x_3	Снижение механической прочности изоляции – x_4
Выгорание витковой изоляции и витков обмотки трансформатора – y_1	0,8	0,5	0,6	0,9

	Деформация обмоток – y2	0,5	0,8	0,6	0,6
	Увлажнение или загрязнение изоляции - y3	0,6	0,3	0,2	0,6
	Износ изоляции обмоток - y4	0,4	0,9	0,5	0,7

Детерминистические отношения между причиной и следствием рассматриваются как 1. Отсутствие связи как 0. Другие нечеткие отношения как промежуточные значения между 0 и 1. Допустим знания эксперта по эксплуатации, и диагностике силовых трансформаторов в форме нечетких отношений причин и следствий имеют следующий вид

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} y1 & y2 & y3 & y4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,8 & 0,5 & 0,6 & 0,4 \\ 0,5 & 0,8 & 0,3 & 0,9 \\ 0,6 & 0,6 & 0,2 & 0,5 \\ 0,9 & 0,6 & 0,6 & 0,7 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Метод решения

Допустим, в результате осмотра трансформатора эксперт оценивает его техническое состояние через следующие отношения возможных причин и следствий

$$B=0,4/y1+0,8/y2+0,3/y3+0,9/y4, \quad (2)$$

Требуется определить возможную причину такого состояния на основе уравнения

$$A=a1/x1+a2/x2+a3/x3+a4/x4, \quad (3)$$

Уравнение нечетких отношений введенных нечетких множеств можно представить в виде

$$[0,4 \ 0,8 \ 0,3 \ 0,9] = [a1 \ a2 \ a3 \ a4] \bullet \begin{bmatrix} 0,8 & 0,5 & 0,6 & 0,4 \\ 0,5 & 0,8 & 0,3 & 0,9 \\ 0,6 & 0,6 & 0,2 & 0,5 \\ 0,9 & 0,6 & 0,6 & 0,7 \end{bmatrix} \quad (4)$$

При использовании макси-минной (max-min) - композиции последнее соотношение преобразуется к виду

$$\left. \begin{aligned} 0,8 &= (0,5 \wedge a1) \vee (0,8 \wedge a2) \vee (0,6 \wedge a3) \vee (0,6 \wedge a4) \\ 0,4 &= (0,8 \wedge a1) \vee (0,5 \wedge a2) \vee (0,6 \wedge a3) \vee (0,9 \wedge a4) \\ 0,3 &= (0,6 \wedge a1) \vee (0,3 \wedge a2) \vee (0,2 \wedge a3) \vee (0,6 \wedge a4) \\ 0,9 &= (0,4 \wedge a1) \vee (0,9 \wedge a2) \vee (0,5 \wedge a3) \vee (0,7 \wedge a4) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Из первого уравнения получим

$$0,4 \geq 0,9 \wedge a4, a4 \leq 0,4$$

Из второго уравнения

$$0,8 = 0,8 \wedge a2, a2 = 0,8$$

Из третьего уравнения

$$\begin{aligned} 0,3 &\geq 0,6 \wedge a1, a1 \leq 0,3, \\ 0,3 &\geq 0,6 \wedge a4, a4 \leq 0,3 \end{aligned}$$

Из четвертого уравнения

$$0,9 = 0,9 \wedge a2, a2 = 0,9$$

Таким образом, решение данной системы уравнений показывает, что наиболее вероятными, с наибольшей принадлежностью могут быть следующие причины повреждений:

- недостаточная электродинамическая стойкость обмоток к токам КЗ с принадлежностью – 0,8;
- длительное неотключение сквозного тока КЗ на стороне низшего напряжения с принадлежностью – 0,3;
- снижение механической прочности изоляции с принадлежностью – 0,3.

Анализ результатов решения

Используя лингвистические переменные и нечеткие отношения мы можем получить информацию о текущем техническом состоянии электрооборудования, сравнивая те или иные признаки по фундаментальной шкале Саати [4-5] на основе парных сравнений которая может содержать следующие предпочтения:

- 1 степень – равная предпочтительность;
- 3 степень – средняя степень предпочтения;
- 5 степень – умеренно сильная предпочтение;
- 7 степень – сильное (очевидное) предпочтение;
- 9 степень – абсолютное предпочтение.

Используя матрицу отношений видно, что если признак А имеет некоторое предпочтение над признаком В, то последний имеет обратную степень предпочтения над А. Решение матричных уравнений позволяет получить некоторое нечеткое множество, где каждая из возможных причин получает свое значение степени принадлежности нечеткого решения. Наибольшее из этих значений указывает первопричину неисправности оборудования, которые представлены на основе экспертных оценок.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что при наличии некоторых признаков неисправностей трансформаторного или коммутационного оборудования, а также лингвистической неточной оценки этих признаков экспертами можно сделать некоторые выводы о причинах тех или иных неисправностей.

Данный метод технической диагностики на основе неточной информации позволяет выбрать наиболее достоверный признак повреждения при наличии нескольких альтернатив и критериев.

Развитие данного метода свидетельствует о возможности итогового принятия решений для двух важных случаев:

- возможна дальнейшая эксплуатация оборудования с учащенным контролем параметров (неисправное работоспособное состояние);
- немедленный вывод оборудования в ремонт (предельное состояние).

Литература

[1] Zadeh L. Fuzzy Sets // Information and Control. - 1965. - № 8. - P.338-353.

[2] Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. - М.: Радио и связь, 1982. - 432 с., ил.

[3] Манусов В.З., Токаренко Е.А. Диагностика технического состояния трансформаторного оборудования на основе нечетких моделей // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2014. - №1-2. - С. 269-272.

[4] Thomas L. Saaty. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. – 2008. - №102. – p. 251-318

[5] Манусов В.З., Коваленко Д.И., Дмитриев С.А., Ерошенко С.А. Анализ нечетких признаков неисправностей трансформаторного оборудования // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. - 2013.- Т. 13, № 1. - С. 124-127.

Сведения об авторах:

Пирова Ш.Х. – старший преподаватель кафедры «Электрические станции» Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Исупов Ф.Ш. – магистрант 2-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Салимов Н.М. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

РИОЯИ ҚОИДАҲОИ БЕХАТАРИИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР ИСТЕҲСОЛОТ БО ДАРНАЗАРДОШТИ ТАҲИЯИ БАЪЗЕ ПЕШНИҲОДҲО

Раунов Н.М., Махсумов И.Б., Ризоев С.Н.
Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон, н. Кушонӣён
E-mail: nasim.raupov@bk.ru

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола риояи техникаи бехатарии электрики дар истеҳсолот бо дарназардошти таҳияи баъзе пешниҳодҳо дида баромада шудааст. Ин маълумотҳо дар асоси аз назаргузарониши чашмакҳо зеристгоҳҳо ва хатҳои интиқоли нерӯи барқ ба миён омада аз тарафи муалифон як қатор пешниҳодҳо оиди ҳалли онҳо дар истеҳсолоти энергетикӣ пешниҳод карда шудааст. Бартараф кардани садамаҳо дар истеҳсолоти энергетикӣ ва бехатарии электрикии коргарон масъалаи авалиндараҷа ба ҳисоб меравад.

Калимаҳои калидӣ: бехатарӣ, электрикӣ, трансформатор, ХИБ, олотҳои тақсимоии, хати кабелӣ, муҳофизати меҳнат, таъмирҳо.

COMPLIANCE WITH THE RULES OF ELECTRICAL SAFETY AT PRODUCTION, TAKING INTO ACCOUNT THE DEVELOPMENT OF SOME RECOMMENDATIONS

Abstract. This article discusses the observance of electrical safety in production, taking into account the development of some proposals. These data are based on a survey of cells, substations and transmission lines, and the authors proposed a number of proposals for their solution in energy production. The elimination of accidents in the production of energy and ensuring the electrical safety of workers is considered a priority issue.

Keywords: safety, electricity, transformer, power transmission line, distribution equipment, cable line, labor protection, repair.

Муқаддима

Мувофиқи банди 8-ӯми «Қонун дар бораи муҳофизати меҳнат дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» таъминоти муҳофизати меҳнат ва солимии кормандон вазифаи ҳар як роҳбар буда бар души онҳо вогузор шудааст.

Инчунин бояд хотирасон карда шавад, ки мувофиқи банди 26 – ӯми ҳамин қонун роҳбарон ва дигар кормандоне, ки барои вайрон намудани муҳофизати меҳнат гунаҳгор мебошанд ба ҷавобгарии маъмурӣ, интизомӣ, моддӣ ва ҷаъмиятӣ кашида мешаванд.

Қайд кардан лозим аст, ки бехатарии энергетикӣ яке аз таркибиҳои бехатарии умумӣ мебошад, чун, ки нерӯ яке аз шартҳои асосии ҳаёти инсон ва мавҷудоти ҷаъмият аст. Аз ҳамин лиҳоз барои тақвият бахшидан ба ҳолати муҳофизати меҳнат ва баланд бардоштани интизومي риояи қоидаҳои бехатарӣ, интизومي истеҳсоли ва меҳнати инчунин истифодаи маҷмуи чораю тадбирҳои ташкилию техникӣ, воситаҳо барои ҳифзи коргарон андешида шуда истодаанд.

Маълумот дар бораи садамаҳои марговаре, ки дар давоми 12 моҳи соли 2020 ҳангоми истифодаи нерӯгоҳҳои барқи ташкилотҳои таҳти назорати Ростехнадзор ба амал омадаанд. Дар давраи ҳисоботии соли 2020 34 садамаи марговар (38 фавт) рух додааст. Дар ҳамин давраи соли 2019 39 садама (40 фавт) рух додааст. Дар расм динамикаи садамаҳои марговар нишон дода шудааст [5].

Ба ин нигоҳ накарда осебҳои электрӣ дар истеҳсолот яке аз ҷойҳои аввалро ишғол менамояд. Бунёди хатарнокии электриро дар истеҳсолот мумкин аст тақсим кардан ба якчанд равияҳо:

- Хатарнокии ҷараёни электриро ҳамчун воқеияти физикави ҳангоми гузариши он ба организми инсон фаҳмидан мумкин аст.

- Дараҷаи бунёдҳои биноҳои истеҳсолӣ ва категорияҳои он.

- Хатарнокии таҷҳизотҳои электрӣ ҳамчун қабулқунакҳои ҷараёни электрӣ.

- Хатари электрӣ аз нуқтаҳои назари нигоҳ надоштани ё ин, ки ба назар нагирифтани қойдаҳои истифодабарии техники, қойдаҳои бехатарии оташнишони, қойдаҳои амнияти бехатарии техники, қойдаҳои сохти дастгоҳҳои электрӣ инчунин дастуру нишондодҳо.

Тавсияҳо оид ба бехатарии электрикӣ дар истеҳсолот

Ҳоло ҳам дар истеҳсолот ба назар мерасад дағалона вайрон кардани қойдаҳои техникаи бехатарӣ ба монанди:

1) Нагузоштани монеаҳо (барьерҳо - наздикшави ба қисмҳои ҷараёнгузар) ва худсарона тақсими заминҳои дар арзи сарҳадоти ва муҳофизатии хатҳои интиқоли барқи вучуд дошта, риоя накардани қойдаҳои техникаи бехатарӣ барои бунёди маконҳои зисту истеҳсолӣ, бунёди боғу обҷақориҳо.

2) Риоя накардани андозаҳо дар хатҳои интиқоли барқи шиддатҳои паст ва баланд:

Андоза то ба замин, масофаи байни фазаҳо, истифодаи ноқилҳои бӯриши кӯндалангиашон гуногун ба замин, пайвасти набудани дарғотҳои оҳанин, истифодаи оикҳои бо шиддатҳои кори номувофиқ, симчӯбҳои бо баландияш ҷавобгу бо шиддат набуда, нагузоштани варақаҳои бехатарӣ ва тартиботи рақамгузорӣ, соли бунёд, аломату ишоратҳо дар ҷойҳои бӯриши хатҳои интиқоли барқӣ шиддатҳои пасту баланд ва параллели гузаштани хатҳои интиқоли барқи 110 кв, истифодаи симчӯбҳои бо талабот ҷавобгу набуда, истифодаи ноқилҳои намуди ПСО (ноқилҳои пулодии яктора), нагузоштани арзи сарҳадоти дар атрофи симчӯбҳо барои хизматрасони, худсарона истифода бурдани хоки беҳи симчӯбҳо бо мақсадҳои гуногун, аҳамият надодан ба зада шикастани оикҳо аз тарафи кӯдакон ва наврасон, истифодаи ноқилҳои буришашон калон ва вазнин дар симчӯбҳо ва нагузоштани фосилҳои лозима (ҳоло барои ХИБ 0.4-6-10кв 50м).

3) Сари вақ нагузаронидан мувофиқ бо нақшаи истеҳсолӣ таъмирҳои асосиву ҷорӣ, инчунин аз назар гузаронии ХИБ.

4) Таъмин накардани коргарон ба воситаҳои Ҳимоявӣ ва асбобу анҷомҳои ин чунин таъмин накардан бо техникаю нақлиётҳои хизматрасонӣ (заминваслаҳои саёрави, набудани дастпӯшакҳои диэлектрикӣ, хизматрасониҳо бо велосипедҳо дар фасли зимистон) яъне ҳангоми сар задани ягон ҳодисаи нохуш сари вақт расонидан ба беморхона коргари хизматрасонро.

5) Қалбаки пур кардани шиносномаҳои зеристгоҳҳо, хатҳои интиқоли барқи 0.4-6.10кВ инчунин хатҳои интиқоли кабелӣ (оиди таъмириҳои ҷорӣ ва асосӣ) ва насанҷидани заминпайвандҳои тақрори Ҳимоявӣ сари вақт аз тарафи кормандони масъул ва додани санадҳо ва протоколҳо оиди истифодабарӣ.

6) Баромади ХИБ аз олотҳои тақсимшаванда бо ХИК бароварда намешавад лекин дар аксарияти зеристгоҳҳо бо хатҳои интиқоли барқии ҳавоӣ бароварда шуда аст, ин ба ҳолатҳои садамави оварда мерасонад.

7) Аҳамият надодан ба ҳолатҳои ҷойгирнамоии зеристгоҳҳо, бунгоҳҳои трансформаторҳои кори симчубу сутунҳо ва пояҳо (ҳангоми боришоти зиёд ҳоки беҳи симчубҳо шуста бурда шуда бо сабаби набудани обпартоҳо дар атрофи зеристгоҳҳо, ки оби бисёр ба зерӣ чашмакҳо ва олотҳои тақсимкунанда медарояд ва хизматрасони мушкил мегардад).

8) Тағи солҳои охир тавоноҳои трансформаторҳо бо сабабҳои пурбор гаштанашон (худсарона пайвасти намудани борҳо) бо тавоноии калонтар иваз карда шуда аммо ноқилҳо бошанд бо ҳамон буришу андозаашон мемонанд, дар натиҷаи пурборӣ ноқилҳо гармшуда ба расиши кутӯҳ оварда мерасонад.

9) Аҳамият додан ҳангоми боришоти зиёд яхбандӣ, ҷарду барқ ба воситаҳои Ҳимоявӣ ва истифодаи онҳо дар дастгоҳҳои барқӣ.

10) Таёр кардани мутахассисон оиди иши корҳои махсус ба монанди (қавшERGари, насбнамоии кабелҳо, кор дар баландӣ аз 5 метр баланд, корҳои борбардори-стропольщик).

11) Ҳангоми буридани ноқилҳо дар баландӣ, иваз намудани оиқҳо ва истифодаи ғарғараҳо аҳамият додан лозим аст ба асбобҳо ва анҷомҳои кори.

12) Ҳангоми кор дар зеристгоҳҳои шакли маҳкама намубудани ду дарвозаи кори яъне (даромаду, баромад) барои он, ки ҳангоми ҳодисаҳои нохуш ҷои баромад бошад.

13) Барои ба кор дохил шудани корманд бояд, ки мувофиқи қоида муоина ва ташҳиси тиббӣ гузарад ва оиди тандуруст буданаш ҳулоса пешниҳод карда шавад. Дар ҳақиқат ин муоинаҳои тибӣ аксарияташон қалбаки буда ба талабот ҷавобгӯ намебошанд. Мувофиқи қоида коргари техники бояд, ки (забонаш лакнат надошта бошад, ношунаво набошад, мардумакӣ чашмаш дар як хати рост дуруст бошанд, биноиши хуб дошта бошад, бемории инфекисионӣ яъне гузаранда надошта бошад) тандурусту солим бошад. Ҳоло бошад коргароне ба кор қабул карда мешаванд, ки ба ин қоидаҳо ҷавобгу нестанд ва аз ҳамин лиҳоз осебҳои электрӣ дар истеҳсолот зиёд ба амал меояд.

14) Аксарияти таҷҳизотҳо ва воситаҳо аз онҷумла дар олотҳои бастукушоӣ рост (шунт) пайванд карда шудаанд (дар ҷудокунакҳои шидати паст ва баланд) ва барои таъмири маҷбур ҳастем, ки тамоми хати интиқоли барқиро хомуш намоем (оварда мерасонад ба набудани барқ).

15) Бисёри трансформаторҳо баъд аз таъмири асоси баровардан ба як ҳолати кори гузошта мешаванд яъне, ки имконияти танзимкунонии шидат риоя карда намешавад ё ин,ки нобаробарии тақсимооти борҳои электри ,ки ба гармшавии ноқилҳо ва расиши кутоҳи байни печаҳо оварда мерасонад.

16) Аксарияти трансформаторҳо дар шакли кушода дар ҳавои кушод чойгир мебошанд . ки дар натиҷаи боришоти зиёд дохилшавии об ва намноки аз эҳтимол дур нест ва оварда мерасонад ба паст шудани оиққори ва ваёроншавии речаи кории трансформаторҳо.

Баъди таҳлили ҳодисаҳои нохуш дар истеҳсолот барои бартараф ва такрори дигар ҳодисаҳои ба ин монанд чорачуйҳо тартиб дода мешаванду нисбати шахсони масул аз роҳбари корхона то аъзои даста чазоҳо таъин карда мешаванд. Нисбати ҷабрдидагон имтиёзҳои лозима амали карда мешавад. Ҳоло корхонаҳои дохилаи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар тавозуни давлатанд ва риояи корҳои бехатари бисёр хуб ба роҳ монда шудаанд.

Хулоса

Барои бартараф намудани ин масъалаҳои ҳаётан муҳим дар истеҳсолот бояд як қатор чорабиниҳо оиди бехатарии фаоляти инсон дар дилхоҳ минтақаи кори ё садамавӣ гузаронида шавад ва масъалаҳои дар боло зикр гардида дар раванди истеҳсолот бартараф карда шавад. Аз руи маълумотҳо дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳодисаҳои нохуш ба қайд гирифта мешаванд аммо талафи кормандон дар як соли даври номаълум мебошад. Мисоли одди овардан мумкин аст,ки дар Федератсияи Руссия дар соли 2020, 39 садамаҳои марговар ба миён омада дар натиҷа 40 нафар кормандони соҳаи барқ талаф ёфтаан. Хуб мешуд,ки дар шароити кунунии Ҷумҳурии Тоҷикистон зина ба зина масъалаҳои асоси яъне аз навсозии зеристгоҳҳо, ивазнамоии трансформаторҳои қуваги дар қишлоқҷойҳо ва маҳалаҳо бо дар назардошти зиёд шудани аҳолии минтақа бароҳ монда шавад.

Адабиётҳо

1. Дастур амалҳои кории истеҳсолӣ, нишондодҳо ва шарҳи ҳодисаҳои нохуш дар истеҳсолот.
2. Таҷрибаҳои таи сисоли охири кории муҳандисон ва кормандон.
3. Основы техники безопасности в электроустановках П.А. Долин. Москва «Энергоатомиздат»1984.
4. Электротехника и Электроника В.В. Кононенко Ростов- на Дону «Феникс» 2010.
5. Гарифуллина, А. Р. Анализ состояния и причин производственного электротравматизма на предприятиях электроэнергетики. Предупредительные меры по сокращению несчастных случаев на производстве / А. Р. Гарифуллина // Тинчуринские чтения – 2021 «энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года. Том 1. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – С. 22-26.

Сведения об авторах:

Раупов Н.М. – старший преподаватель кафедры нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 000-20-01-71, E-mail: nasim.raupov@bk.ru

Махсумов И. Б. – к.т.н., старший преподаватель, заведующий кафедрой нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 909-22-24-24, E-mail: messi.ilhom@gmail.com

Ризоев С.Н. – ассистент кафедры нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 907-10-91-91.

ВЛИЯНИЕ АВАРИЙНОСТИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЁЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Джононаев С.Г., Балаев М.А., Джумаев Б.Х., Хакимов А.А.
ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В данной статье обсуждается проблема, связанная с влиянием аварийности электропередачи на показатели надёжности энергосистемы. Значительная часть потока отказов ВЛ вызывается неблагоприятными метеорологическими условиями. Влияния аварийности ЭП на надёжность ОЭС решается в два этапа. На первом – рассчитывается величина необходимого оперативного резерва ОЭС исходя из предположения, что ЭП, связывающая удаленную электростанцию и ОЭС, является абсолютно надёжной. На втором этапе учитывается влияние, оказываемое аварийными отказами ЭП, на величину оперативного резерва ОЭС.

Ключевые слова: Показатели надёжности энергосистемы, аварийность ВЛ, надёжность ОЭС, дефицита мощности, влияния аварийности ЭП, передаваемая мощность электропередачи, индекса надёжности.

IMPACT OF POWER TRANSMISSION ON THE RELIABILITY INDICATORS OF THE POWER SYSTEM

Abstract. This article discusses the problem associated with the impact of power transmission accidents on the reliability of the power system. A significant part of the flow of overhead line failures is caused by adverse meteorological conditions. The impact of the EP accident rate on the reliability of the IPS is solved in two stages. At the first stage, the value of the required operational reserve of the IPS is calculated based on the assumption that the EP connecting the remote power plant and the IPS is absolutely reliable. At the second stage, the influence exerted by EP emergency failures on the value of the operational reserve of the IPS is taken into account. In order for the integral probability of the absence of a power shortage to remain unchanged when EP emergency failures occur, the reserve of the power system must be increased compared to the case when the EP is considered absolutely reliable.

Keywords: Reliability indicators of the power system, accident rate of overhead lines, reliability of the IPS, power shortage, impact of accident rate of electric power supply, transmitted power transmission, reliability index.

Введение

Под надёжностью электропередачи (ЭП) понимается свойство обеспечения транспорта электроэнергией в требуемых размерах при сохранении в заданных пределах своих эксплуатационных характеристик [1]. Надёжность электроэнергетической системы полностью зависит от надёжности отдельных элементов, также зависит от того, в каком режиме

работает система (запасов статической и динамической устойчивости, различных ограничений по мощности, степени резервирования), а также от жизнеспособности (времени эксплуатации) самой энергосистемы. Под живучестью понимается способность энергосистемы выдерживать определенные системные аварии и сроки без каких-либо тяжелых последствий. Обеспечение надежной и бесперебойной работы является одной из важнейших задач, которую необходимо решить при создании и эксплуатации любой технической системы. Для систем, состоящих из большого числа элементов и имеющих обширные внутренние и внешние связи, эта задача стоит на первом месте. Примером сложной системы служит система электроснабжения, основной задачей которой является бесперебойное обеспечение потребителей электроэнергией. Проблема надежности электроснабжения решается с помощью целого комплекса технических, экономических и организационных мероприятий.

Анализ показателя надёжности энергосистемы

На рис. 1. представлена схема, состоящая из генерирующей станции передающей системы и концентрированной энергосистемы.

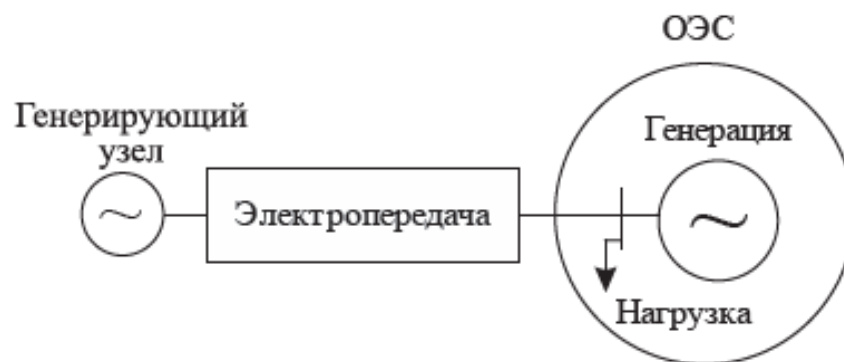


Рис. 1. Расчетная схема

Интегральная вероятность дефицитов мощности для этой схемы определяется соотношением

$$J_{ЭП} = J_{\max} \left[\left(1 - \sum_i q_i \right) \cdot DF(x) + \sum_i q_i \cdot DF(x_i) \right], \quad (1)$$

где $x = \frac{R - \Delta \bar{W}}{\sigma}$; $x_i = \frac{R - \Delta \bar{W} - W_i}{\sigma}$; q – вероятность аварийных отказов ЭП, когда имеет место снижение передаваемой мощности на величину W_i .

Соответственно резерв мощности, обеспечивающий нормированный уровень надёжности энергосистемы с учетом аварийности электропередачи, найдётся как

$$R_{ЭП} = \frac{I}{1-q} (qP_{н.мах} + \sigma \cdot x_{ЭП.норм}) \quad (2)$$

где $x_{ЭП.норм}$ – корень уравнения, определяемого из (1.32) при $J_{ЭП} = I - H_{норм}$.

Для стоимостной оценки мер по обеспечению балансовой надёжности используются приведённые затраты в форме

$$Z(R) = E_{\kappa} \kappa_R R + z_{уц} \mathcal{E}_{нед}(R), \quad (3)$$

Стоимостная оценка мер по обеспечению балансовой надёжности осуществляется на основе приведённого ранее выражения (3), в котором недоотпуск электроэнергии определяется с учетом аварийности электропередачи

$$\mathcal{E}_{недЭП} = \mathcal{E}_{\max} \left[\left(1 - \sum_i q_i \right) \cdot \mathcal{E}F(x) + \sum_i q_i \cdot \mathcal{E}F(x_i) \right], \quad (4)$$

где $x = \frac{R - \Delta \bar{W}}{\sigma}$; $x = \frac{R - \Delta \bar{W} - W_i}{\sigma}$; $\mathcal{E}F(x), \mathcal{E}F(x_i)$ – функции, характеризующие недоотпуск электроэнергии соответственно при безотказной работе электропередачи и при её i -ом виде отказа.

Исходные параметры энергосистемы

$P_{н.мах}$	β_{ann}	σ	q	E_{κ}	κ_R	$z_{уц}$
ГВт	–	ГВт	–	–	руб/кВт	руб/кВт·ч
50	0,2	1,7	0,045	0,2	15000	100

Влияние аварийности электропередачи и величины её передаваемой мощности проиллюстрируем для схемы, изображенной на рис.1 полагая, что в идеальном случае абсолютно надёжной электропередачи централизованная энергосистема, включая удалённую станцию, характеризуется данными, приведенными в табл. 1. С учётом аварийности электропередачи, для того чтобы обеспечить тот же индекс надёжности энергосистемы, потребуется увеличение резерва в энергосистеме, которое оценим как

$$K_R = \frac{R_{ЭП} - R_0}{R_0} \quad (5)$$

где $R_{эл}$, R_0 – резервы в энергосистеме соответственно при учёте и без учёта аварийности электропередачи, обеспечивающие один и тот же уровень надёжности.

На основе соотношения (5) с учетом (2) на рис. 1 построены зависимости степени увеличения резерва при изменении индекса надёжности в диапазоне 0,99 – 0,9999 в предположении, что электропередача характеризуется только полными простоями с вероятностью $q_n = 3 \cdot 10^{-3}$.

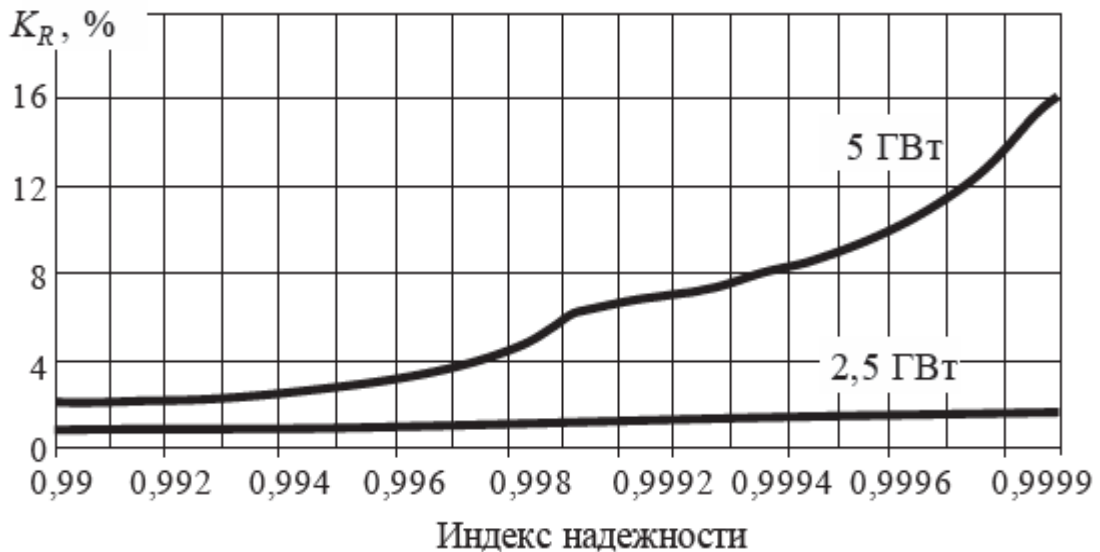


Рисунок 3. Изменение резерва в зависимости от индекса надёжности с учетом аварийности электропередачи

Заключение

Существенное влияние на увеличение резерва оказывает передаваемая мощность электропередачи. При передаваемой в течение года мощности, составляющей 2,5 ГВт (примерно 5 % от максимума нагрузки энергосистемы), увеличение резерва не превышает 2 %, а в случае, когда она составляет 5 ГВт (около 10 % от максимума нагрузки), увеличение резерва может достигать 16 % при $N_{ст} = 0,9999$.

Литература

1. Руденко Ю. Н. Надёжность систем энергетики / Ю. Н. Руденко, И. А. Ушаков. – Новосибирск : Наука, 1989. – 328 с..
2. Красильникова Т. Г. Физико-технические основы дальних электропередач переменного тока : монография / Т. Г. Красильникова, Г. И. Самородов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. – 300 с. – (Монографии НГТУ)

3. Зильберман С. М. Пути обеспечения режимной надежности электропередач напряжением 500 кВ и выше / С. М. Зильберман // Электрические станции. – 2009. – № 5. – С. 42–45.

Сведения об авторах:

Джононаев С.Г – к.т.н., ассистент кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

Балаев М.А – к.т.н., и.о. доцент кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

Джумаев Б.Х – магистрант 2-го курса, группы 1-430103Б кафедры Электроснабжение, ТТУ имени академика М.С. Осими.

Хакимов А.А . — студент 4-го курса группы 430103-01 Б, энергетического факультета, ТТУ имени академика М.С. Осими.

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ КАСКАДА ГЭС ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМУМА ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ К.П.Д.

Андалеби Н., Арабов Ф.Д., Субхонов Ш.

Научный руководитель – к.т.н. доц. Киргизов А.К.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

E-mail: alifbek@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены, вопросы оптимального регулирования режима работы каскада Вахшских ГЭС в особенности регулирования режим работы водохранилища Нурекской ГЭС. Рассмотрены, также вопросы увеличения к.п.д. каскада Вахшских ГЭС, которое в последние годы наблюдается очень много раз, увеличение кпд, которое может быть катастрофическим для оборудования гидроэлектростанции. В статье проведены некоторые конкретные решения этих проблем. Статья содержит ещё вопросы оптимального использования водных ресурсов реки Вахи.

Ключевые слова: ГЭС, система, мощность, проектирование, водохранилище, установленная.

CALCULATION OF THE OPTIMAL MODE OF OPERATION OF THE CASCADE OF HEP BY THE CRITERION OF MAXIMUM POWER GENERATION AND DYNAMICS OF CHANGE IN EFFECTIVENESS

Abstract. The article considers the issues of optimal regulation of the operation mode of the Vakhsh HPP cascade, in particular the regulation of the operation mode of the Nurek HPP reservoir. The issues of increasing the efficiency are also considered. cascade of Vakhsh hydroelectric power plants, which has been observed very many times in recent years, an increase in efficiency, which can be catastrophic for hydroelectric equipment. The article provides some specific solutions to these problems. The article contains more questions about the optimal use of water resources of the Vakhsh River.

Key words: HPP, system, capacity, design, reservoir, installed.

Электроэнергетическая система Таджикистана, после распада Объединенной Энергетической Системы (ОЭС) Средней Азии, превратилась в редчайшую систему, которая состоит практически из гидравлических электростанций (ГЭС, 99%). Другой важнейшей ее отличительной особенностью заключается в том, что около 97% от этих генерирующих мощностей сосредоточены на одном Вахшском каскаде.

Основные исследования, в проблеме повышения эффективности, эксплуатируемых ГЭС, в настоящее время должны быть направлены на разработку путей рационального использования гидроэнергетических ресурсов. Известно, что с первых шагов научных и параметрических задач [1.2.3.4.5], однако, эксплуатации ГЭС, как в децентрализованных условиях, так и в составе энергосистемы, в том числе как элемент каскада, присуща

определенная специфика. Многие вопросы, имеющие второстепенное значение при первоначальном планировании и проектировании становятся главными в период эксплуатации. Поэтому, не для всех практических задач можно и обязательно нужно использовать нормативно–технические правила эксплуатации, разработанные на стадии проектирования. Особенно, это положение чрезвычайно актуально для Электроэнергетической системы Таджикистана при основательном изменении ее режимы работы после выхода из состава ОЭС Средней Азии.

Большинство вопросов, относящихся к проблеме эффективности использования существующих гидроэлектростанций Вахшского каскада, в основном, включает задачи совершенствования технологического процесса производства электроэнергии и задачи рационального использования водных ресурсов водохранилищ Нурекской, а в перспективе Рогунской ГЭС.

Общеизвестно, что максимум выработки электроэнергии каскада ГЭС, за период регулирования, является функционалом суммарной мощности каскада и может быть определен на основе следующего выражения:

$$\mathcal{E}^{\text{каскад}} = \int_{t_0}^{t_0+T} \sum_{k=1}^n P_{Гк} dt = \max. \quad (1)$$

Для определения мощностного режима $P_{Г1}=P_{Г1}(t)$, $P_{Г2}=P_{Г2}(t), \dots, P_{Гn}(t)$ и значения выработанной электроэнергии $\mathcal{E}_{Г1}, \mathcal{E}_{Г2}, \dots, \mathcal{E}_{Гn}$ решается следующая система уравнений, где n-количество ГЭС в каскаде:

$$P_{Г1} = 9,81 \eta_1 Q_{Г1} (Z_{вб1} - h_{срб1} - Z_{нб2})$$

$$P_{Г2} = 9,81 \eta_2 Q_{Г2} (Z_{вб2} - h_{срб2} - Z_{нб2})$$

$$P_{Гn} = 9,81 \eta_n Q_{Гn} (Z_{вбn} - h_{србn} - Z_{нбn})$$

$$\mathcal{E}_{Г1} = \int_{t_0}^{t_0+T} P_{Г1} dt \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_{Г2} = \int_{t_0}^{t_0+T} P_{Г2} dt$$

$$\mathcal{E}_{Гn} = \int_{t_0}^{t_0+T} P_{Гn} dt$$

$$\mathcal{E}^{\text{каскад}} = \mathcal{E}_{Г1} + \mathcal{E}_{Г2} + \dots + \mathcal{E}_{Гn} ,$$

где $\eta_{Г}$ - к.п.д ГЭС

$Q_{Г}$ - расход воды через ГЭС, м³/с;

$Z_{вб}$ - отметка верхнего бьефа водохранилища, м;

$Z_{нб}$ -отметка нижнего бьефа ГЭС, м;

$h_{срб}$ - глубина сработки водохранилища м;

t_0 - начальное значение краевых условий;

$t = t_0 + T$ - краевые условия.

Таким образом, математически для определения оптимального режима работы каскада ГЭС в данном случае, необходимо при соблюдении граничных условий и совокупности режимных ограничений максимизировать в заданных пределах интеграла [Л1]. Результаты расчета приведены в Таблице 1. [Л7]

В проводимых нами расчетах, η_r для заданного интервала времени принимался величиной постоянной. Однако, при оценке одного из основных показателей определяющий значение эффективной части мощности ГЭС, мы должны быть более строгим, требовательным и избирательным, так как он играет довольно важную роль в режимных задачах. Известно, что факторы, определяющие технико-экономические характеристики гидроагрегатов делятся на постоянные и переменные. Если первые имеют конструктивный характер, и мы о них знаем заранее и можем, оценить их эффект на работу оборудования, как при проектировании, так при эксплуатации, то с переменными дело обстоит иначе. Их влияния могут быть большим или меньшим при той или иной конкретной ситуации по условиям работы ГЭС.

В целях количественной оценки существующего состояния коэффициента полезного действия Вахшского каскада ГЭС, мы проанализировали 20 летний режим работы всех гидроагрегатов электростанций. Результаты анализа и процесс изменения к.п.д. ГЭС иллюстрируются на рисунках 1,2,3,4. [Л7].

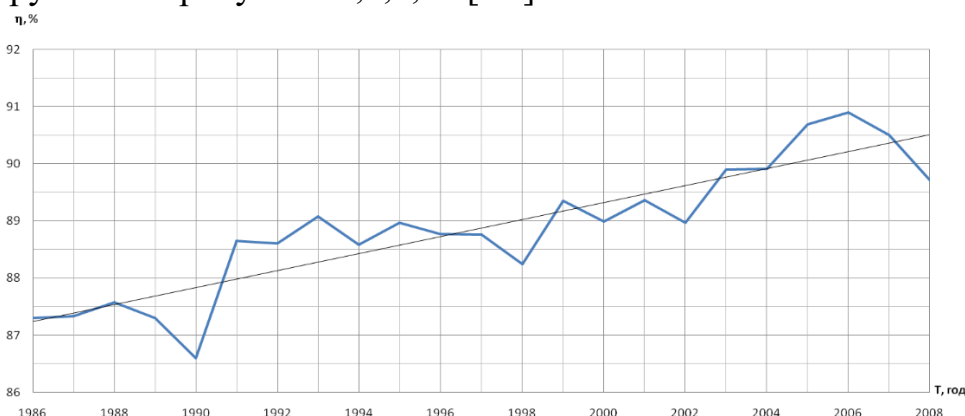


Рис 3. Изменение среднегодового КПД Нурекской ГЭС по годам

Из них видно, что за последние годы они увеличиваются на 1-3%, это практически выполнить очень трудно, но возможно, при плотном и интенсивном использовании мощности оборудования, которые действительно имеет место в практике эксплуатации ГЭС Вахшского каскада, начиная с 1999года. Наибольшие значения показателей подтвердились при наших проведенных расчетах по критерию максимума выработки электроэнергии каскада. На пример - технически возможные к.п.д. Нурекской ГЭС приблизительно составляют (турбина генератор) -92,8%. Они практически совпадают по характеру и количеству с теми, которые мы получили и иллюстрируем на рисунках при детальном анализе режима эксплуатации гидроэлектростанций, за довольно длительный период. Только по этой причине мы не повторяем эти результаты.

Проведенное нами исследование относится к проблеме оптимизации длительного каскадного водноэнергетического регулирования стока водохранилищами ГЭС. Оно, разумеется, не претендует на исчерпывающее решение этой проблемы и может быть оценено лишь как начальный этап в исследовании этой проблемы в целом.

Заключение

Кратко общие итоги выполненного исследования могут быть сформулированы следующим образом:

1. Изменение к.п.д. ГЭС отражают техническое состояние оборудования и сооружений станции, а также степень плотности график нагрузки и наличие резерва мощности в электроэнергетической системе.

2. Анализ режима работы Вахшского каскада ГЭС показал, что из всех существующих электростанций системы только на Нурекской ГЭС наблюдается увеличение коэффициента мощности. Эта тенденция в основном зависит от интенсивного использования оборудования станции. Такое положение чревато и может привести к очень серьезным последствиям.

3. Другие ГЭС каскада, находящиеся в эксплуатации, работают со сниженными к.п.д., что свидетельствует о наличии морального и физического износа оборудования.

4. Полученные результаты по коэффициентам полезного действия станции могут быть использованы при невыгоднейшим распределении активной нагрузки между ГЭС системы и подбора состава гидроагрегатов при внутристанционной оптимизации в отдельных гидроэлектростанциях.

Литература

1. Маркович М.И. режимы энергетических систем. Изд. 4-ое. «Энергия», М., 1970.

2. Филиппова Т.А. Оптимизация энергетических режимов гидроагрегатов гидроэлектростанций. «Энергия» М., 1975

3. Обрезков В.И. Расчет сезонного регулирования стока на максимум выработки электроэнергии ГЭС. «Электрические станции» №11, 1962.

4. Расулов С. Энергетические возможности водохранилища Нурекской ГЭС. –В изв. АН Таджикской ССР, отд–ние физ.-мат. Геолог -хим. Наук, 1978, №4 (70).

5. Расулов С., Масликов В.И. Режимы гидроэлектростанций Вахшского каскада. В изв. АН Таджикской ССР, отд-ние физ.-мат. Геолог -хим. Наук, 1980.

Сведения об авторах:

Андалеби Навруз – соискатель кафедры «Электрические станции»

Арабов Фируз – докторант PhD, кафедры «Электрические станции»

Субхонов Шамсиддин – магистрант, кафедры «Электрические станции»

СВЯЗЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ И НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС

Сохибзода Н.М., Султон Атои

*Научный руководитель – к.т.н., доц. Касобов Л.С.
ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан*

Аннотация. В работе представлено понятие о надежности, виды ремонтов и объеме капитального ремонта генератора.

Ключевые слова: эксплуатация, надежность, ремонт, электрооборудования.

Annotation. The paper presents the concept of reliability, types of repairs and the amount of overhaul of the generator.

Keywords: operation, reliability, repair, electrical equipment.

Процесс эксплуатации электрооборудования сопровождается его износом – изменением его характеристик под действием окружающей среды и эксплуатационных режимов работы.

К воздействию окружающей среды относятся ее температура, влажность, загрязненность, химическая активность, а также солнечная радиация, интенсивность грозовой деятельности, ветер, гололед и другие факторы.

В эксплуатационных режимах электрооборудование подвергается рабочим нагрузкам, систематическим и аварийным перегрузкам от токов коротких замыканий, воздействию рабочих напряжений и перенапряжений (грозовых, коммутационных, феррорезонансных) и других факторов.

Перечисленный комплекс факторов при их совместном воздействии на оборудование приводит к ухудшению его характеристик, которое в конечном итоге может привести к отказу оборудования.

К отказу оборудования могут привести нарушения условий транспортировки и хранения оборудования, а также случайные факторы, в частности ошибочные действия эксплуатационного персонала.

Надежность является одним из свойств оборудования, которое проявляет себя только в процессе эксплуатации. Надежность оборудования закладывается при его проектировании, обеспечивается при изготовлении и расходуется при эксплуатации.

Надежность является комплексным свойством оборудования, которое в зависимости от назначения и условий эксплуатации характеризуется безотказностью, долговечностью и сохраняемостью, а для восстанавливаемого оборудования – дополнительно ремонтпригодностью.

Выбор показателей надежности или их совокупности определяется не только назначением оборудования, его местом в технологическом процессе, но и условиями использования.

Правильный анализ и учет условий использования оборудования позволяют обоснованно организовать систему его технического обслуживания и ремонта.

Для обеспечения требуемой надежности электроснабжения, работоспособности оборудования электрических систем важное значение имеет своевременное и качественное проведение ремонтов.

В энергосистеме республики Афганистана используется ряд гидроэлектростанций, которые были построены 50-60 лет тому назад. Однако эти станции давно выполняли свой эксплуатационный ресурса и требуется на модернизации или, по крайней мере, своевременного проведение капитального ремонта.

Нам известно, что действия персонала, направленные на поддержание работоспособности оборудования, можно разделить на: межремонтное обслуживание, текущий и капитальный ремонты.

Межремонтное обслуживание – носит профилактический характер. Оно состоит в проведении регулярных осмотров оборудования, чистке, смазке и проверке работы его механизмов, замене деталей с коротким сроком службы, устранении мелких неисправностей. Эти работы, как правило, выполняются без остановки оборудования.

Текущий ремонт – это комплекс сравнительно малозатратных ремонтных работ, проводимых в период между двумя капитальными ремонтами. Он производится, как правило, без вскрытия оборудования, но требует кратковременного останова или вывода из работы оборудования со снятием напряжения. Его назначение – продление эксплуатационного ресурса оборудования до капитального ремонта.

Капитальный ремонт – основной вид ремонта, проводится для восстановления эксплуатационного ресурса оборудования. При капитальном ремонте производится вскрытие и ревизия оборудования с тщательным внутренним осмотром, его инструментальным контролем, испытаниями, устранением обнаруженных неисправностей.

Заключение о пригодности оборудования к эксплуатации после проведения ремонтов даётся на основании сравнения результатов его испытаний с действующими нормами, результатами предыдущих испытаний.

Гидрогенератор является основной оборудования в гидроэлектростанциях. Надежность гидрогенератора зависят от длительности его работы. В процессе эксплуатации генератора эксплуатирующий персонал следя за состоянием оборудования, одновременно ведет статистику о повреждении его части с целью своевременного проведения ремонта. Все генераторы должны периодически подвергаться текущему и капитальному

ремонтам. Ремонт генераторов производится, как правило, одновременно с ремонтом турбин по заранее установленному в энергосистеме графику.

Капитальный ремонт генераторов производится через год работы после ввода в эксплуатацию и в дальнейшем 1 раз в 3—4 года, что в энергосистемы Афганистана это не всегда соблюдается.

Обычно для повышения надежности и продления жизненного цикла генератора при типовом объеме капитального ремонта генератора производится ремонт следующих узлов:

а) статора; б) ротора; в) возбуждителя; г) оборудования и аппаратуры цепей возбуждения; д) газоохладителей, теплообменников, фильтров и системы пожаротушения; е) подшипников и пяты и их системы смазки; ж) уплотнений вала, оборудования газомасляной системы; з) системы непосредственного водяного охлаждения обмоток с принадлежащими ей аппаратурой и приборами; и) тормозных и подъемных устройств у гидрогенераторов; к) основного и вспомогательного оборудования присоединения генератора, устройств регулирования, автоматики и релейной защиты.

После ремонта производится пуск и испытание и составляется акт приемки генератора из ремонта.

Заключение

Ведение нормальной эксплуатации и своевременное проведение ремонтов электрооборудований продлевает жизненный цикл оборудования на несколько лет.

Литература

1. Касобов Л.С., Немихин Ю.Е., Тарасов Ф.Е. Эксплуатация электрооборудования. Екатеринбург: РИО ИПЦ УрФУ, 2016. – 220 с.
2. Касобов Л.С., Раджабов М.Ш., Очилов С.А., Асоев И.А. Монтаж и ремонт электрооборудования. Душанбе: Промэкспо, 2021.-304 с.

Сведения об авторах:

Сохибзода Н.М. – сардори Раёсати назорати давлатии энергетикии шаҳру ноҳияҳои тобеи ҷумҳури.

Султон А. – магистрант 1-го курса, группы 430101 Б кафедры «Электрические станции», ТТУ имени академика М.С. Осими.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БАЙПАЗИНСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Хабибов О.С., Аминов А.М., Ахмадов Дж.Х.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Аннотация. В статье произведен обзор технических возможностей Байпазинской гидроэлектростанций, работающей в Вахшском каскаде ГЭС.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, мощность, турбина, платина, водохранилище.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CAPABILITIES OF THE BAUPAZA HYDRO STATION

Abstract. The article provides an overview of the technical capabilities of the Baipazinsky hydroelectric power station operating in the Vakhsh cascade of hydroelectric power stations.

Key words: hydroelectric power plant, power, turbine, platinum, reservoir.

Введение

Гидроэнергетика, как в настоящее время, так и в ближайшем будущем, является основным энергетическим источником для ЭЭС Республики Таджикистан. По общим потенциальным запасам гидроэнергоресурсов Таджикистан занимает восьмое место в мире после Китая, России, США, Бразилии, Заира, Индии и Канады, его гидроэнергетические запасы оцениваются 527,06 млрд. кВт·ч в год, а технический доступный и экономический целесообразный потенциал составляет 317 млрд кВт·ч в год, из которых пока реализованы лишь 5%. Удельный показатель по гидроэнергопотенциалу на душу населения составляет 87,8 тыс. кВт·ч в год на человека, что обеспечивает ему второе место в мире.

На реке Вахш действуют гидростанции суммарной установленной мощностью 4775 МВт, на которых вырабатывается 94 % электроэнергии в стране. Пять ГЭС находятся на реке Вахш. Это - Нурекская, Байпазинская, Сангтудинская 1, Сангтудинская 2 и Головной ГЭС, а две другие (Центральная и Перепадная) расположены на магистральном Вахшском канале и имеют малые установленные мощности.

Байпазинская ГЭС – гидроэлектростанция расположена в Хатлонской области республики Таджикистан, на реке Вахш. Входит в Вахшский каскад ГЭС, являясь её третьей ступенью и располагаясь в 32 километрах ниже Нурекской ГЭС.

Байпазинская ГЭС имеет следующие технические характеристики:

- Установленная мощность - 600 МВт
- Количество агрегатов - 4
- Расход воды - 1236 м³ /с
- Годовая выработка - 2685 млн. кВт*ч

В состав сооружений гидроузла входят:

- здание ГЭС;- водоприемник ГЭС;
- два подводных туннеля с турбинными водоводами;
- каменно-земляная плотина;
- поверхностный водосброс;
- туннельный водосброс.

1. Здание ГЭС открытого типа с установкой 4-х агрегатов мощностью по 150 МВт с турбинами радиально-осевого типа РО 75/3123 В-620 с генераторами типа СВ-1260/185-60 УХЛ4 мощностью по 150 МВт. ЭС располагается в нижнем бьефе гидроузла на правом берегу реки. Машинный зал вместе с монтажной площадкой, занимающий левый торец, имеет размеры в плане 31,5 х 139,5 м и обслуживается двумя мостовыми кранами г.п. по 160 т.

2. Водоприемник ГЭС глубинный, башенного типа, шириной 55 м, строительной высотой 38 м и четырьмя водоприемными отверстиями оборудуются вертикальными сороудерживающими решетками, грейферами, четырьмя плоскими аварийно-ремонтными затворами, пазами для ремонтных затворов, стандартными лебедками для маневрирования аварийно-ремонтных затворов и козловым краном. Отметка верха водоприемника 635 м.

3. Подводящие туннели начинаются от водоприемника и заканчиваются развилками. Туннели имеют круглое поперечное сечение с плоским днищем диаметром 13,5 м, площадью 144 м², длиной 713,15 и 636,85 м (соответственно левая и правая нитка). Туннели имеют железобетонную отделку. Турбинные водоводы представляют собой стальные оболочки, бетонированные в подземных разработках. Диаметр каждого водовода 7,6 м, длины от 60 до 100 м. Перед спиральными камерами установлены предтурбинные дисковые затворы ЭД-760-75.

4. Каменно-земляная плотина наращена на существующей каменно-набросной плотине, возведенной методом направленного взрыва, и отсыпана до отметки 635 м. Разделительный массив - земляная перемычка, разделяющая подводящие каналы ГЭС и поверхностного водосброса, отсыпана до отметки 623 м.

5. Поверхностный водосброс - железобетонная щитовая коробка с четырьмя восьмиметровыми пролетами, перекрываемыми плоскими затворами и двухлотковым быстротоком с водобойным колодцем и отводящим каналом рассчитанным на пропуск расхода воды 4164 м³/с.

6. Туннельный водосброс предназначен для эксплуатации во время ремонтов поверхностного водосброса и сооружен на месте строительного туннеля, путем его реконструкции и достройки. Водосброс состоит из туннеля, начинающегося от развилки на правом подводном туннеле, открытой камеры затворов и концевого сооружения.

Основные гидроэнергетические показатели ГЭС:

Максимальный напор - 60 м

Пусковой напор - 40 м.

Полная емкость водохранилища - 97 млн. м³

Полезная емкость водохранилища - 80 млн. м³
Режим работы ВБ - 630 - 626 м
Подпор водохранилища распространяется на 27 км
НПУ - 630 м
УМО - 617 м
Уровень воды в НБ при $Q = 1250 \text{ м}^3/\text{с}$ - 573 м
Расход через створ при $Q_p = 0,01\%$ - $5400 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q_p = 0,1\%$ - $4470 \text{ м}^3/\text{с}$
 Q санитарный = $100 \text{ м}^3/\text{с}$
Расход одного агрегата - $309 \text{ м}^3/\text{с}$
Отметка порога Вахш-Яванского туннеля - 614 м
Гидроузел построен в 60-х годах, ГЭС добавлена в восьмидесятых.
Первые три агрегата были введены в 1985 году, последний - четвертый - в 1986 году.

Заключение

В рамках модернизации Байпазинской ГЭС выполнена реконструкция системы возбуждения генераторов и системы теплоконтроля гидроагрегатов, работы выполнялись Компанией Гэнсер (Турция).

Планируется реконструкция ОРУ 220 кВ с использованием выключателей с элегазовой изоляцией.

Литература

1. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС. Фаза II: Том 3 – Глава 5: Исследования по моделированию эксплуатации водохранилища [Электронный ресурс]. ОАХК «БАРКИ ТОЧИК», Отчет №: P.002378 RP40 Ред. Д. Август 2014. – 122 с.
2. 103. Анализ режима работы каскада Вахшских ГЭС и Кайракумской ГЭС: отчет о научно-исследовательской работе / Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими. – Душанбе, 2009. – 55 с.
3. Секретарев, Ю.А. Повышение выработки электроэнергии в Таджикистане на основе оптимизации режимов ГЭС. / Ю.А. Секретарев, Ш.М. Султонов, В.Г. Шальнев // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2015 – № 5. – С. 14-17.
4. Злотник, С.Г. Методы оптимизации режима энергосистем, основанные на симплекс-процедуре / С.Г. Злотник, Г.В. Спиридонова. – Кишинев, Штиинца, 1976. – 152 с.

Сведения об авторах:

Хабиров О.С. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Аминов А.М. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Ахмадов Дж.Х. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

РОЛЬ ГИДРОСТАНЦИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАЛАНСАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Хабибов О.С., Ахмадов Дж.Х., Аминов А.М.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Аннотация. В статье произведен обзор режимов работы гидроэлектростанций, работающих в энергетической системе.

Ключевые слова: Режим, гидроэлектростанция, мощность, регулирование, нагрузка.

THE ROLE OF HYDROPOWER IN THE ENERGY BALANCES OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Abstract. The article provides an overview of the operating modes of hydroelectric power plants operating in the energy system.

Key words: Mode, hydroelectric power plant, power, regulation, load.

Введение

В связи с постоянным подорожанием углеводных энергоносителей, специалисты обращают все большее внимание на преимущества, которые дает использование электроэнергии, полученной более экономным способом. Одним из самых экономных и экологически чистых способов получения электроэнергии является гидроэлектростанция. Гидроэлектростанция (ГЭС) – электростанция, использующая в качестве источника энергии энергию водных масс в русловых водотоках и приливных движениях. Гидроэлектростанции обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища.

Гидроэнергия использовалась с древних времён, для молки муки и других нужд. При этом приводом служил колёсный механизм, вращаемый потоком воды. В середине 1770-х годов французский инженер Бернар Форест де Белидор в опубликованной им работе *Architecture Hydraulique*, привёл описание гидромашин с вертикальной и горизонтальной осью вращения. К концу XIX века появились электрические генераторы, которые могли работать в сочетании с гидроприводом. Растущий спрос на электроэнергию вследствие Промышленной революции дал толчок в их развитии. В 1878 году заработала «первая в мире ГЭС», разработанная английским изобретателем Уильямом Джорджем Армстронгом в Нортумберленде, Англия. Она представляла собой агрегат, предназначенный для питания одной единственной дуговой лампы в его картинной галерее. Старая электростанция № 1 Schoelkopf возле Ниагарского водопада в США начала производить электричество в 1881 году. Первая гидроэлектростанция Эдисона для целей освещения, Vulcan Street начала работать 30 сентября 1882 года, в г. Аплтон, штат Висконсин, США, и выдавала мощность около 12,5 киловатт.

Гидростанции оказывают значительное влияние на работу всех станций системы и поэтому необходимо хорошо понимать все особенности их участия в балансах мощности и энергии.

ГЭС без регулирования в энергетических балансах.

ГЭС без регулирования – это «малая энергетика», но для полного изучения поставленного вопроса целесообразно рассмотреть и эти станции. ГЭС без регулирования использует только естественный расход реки. Она не может регулировать мощность и ее режим является *вынужденным*. Она всегда работает в базовой части графика нагрузки, так как при этом приточность реки используется наиболее полно. Ее рабочая мощность не регулируется, резервов такая станция не несет, при изменении приточности меняется рабочая мощность.

ГЭС с суточным регулированием в энергетических балансах.

У ГЭС с суточным регулированием существует жесткая связь между суточным стоком, суточной выработкой электроэнергии и графиком ее мощности. Необходимо в графике нагрузки системы определять такое место ГЭС, когда ее сток за сутки используется наиболее полно. Поскольку на ГЭС с суточным регулированием водохранилище выбирается по расчетным маловодным суткам, то с увеличением приточности выработка ГЭС растет и станция перемещается в полупиковую, а затем и в базовую часть графика нагрузки системы. На рисунке 1 показано место ГЭС в балансе максимальных мощностей системы.

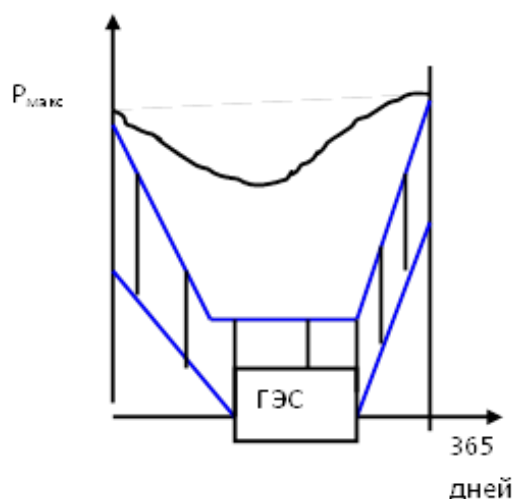


Рис. 1. ГЭС с суточным регулированием в годовом балансе максимальных мощностей системы

ГЭС может нести нагрузочный резерв системы, если ее рабочая мощность меньше располагаемой. Аварийный резерв станция не несет, так как ее водохранилище мало и не может иметь в любое время аварийный запас гидроресурса.

ГЭС с годовым регулированием в энергетических балансах системы.

Работа ГЭС с годовым регулированием определяется бытовой приточностью и режимом использования водных ресурсов водохранилища за год. Имеются четыре характерных периода ее работы в системе (рис. 2).

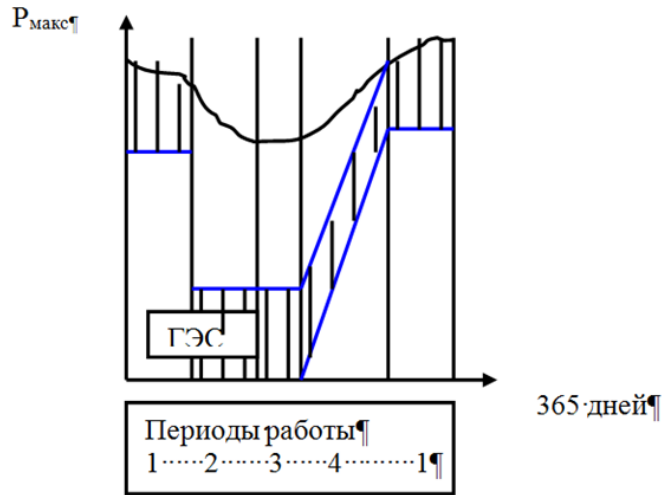


Рис. 2. ГЭС с годовым регулированием стока в балансе максимальных мощностей системы

Период сработки водохранилища, характерный для зимней межени. ГЭС работает в пиковой части графика нагрузки системы. Несет нагрузочный и аварийный резервы, если это предусматривается балансами мощности системы. Ведет суточное и недельное регулирование мощности. Ее выработка электроэнергии определяется в соответствии с правилами использования водных ресурсов водохранилища.

Период заполнения водохранилища. Обычно ГЭС с годовым регулированием работают в базе графика нагрузки системы с максимальной располагаемой мощностью. Главная задача в этот период получить максимум выработки электроэнергии. Резервные функции с ГЭС снимаются.

Период холостых сбросов – ГЭС работает с максимальной располагаемой мощностью и не несет резервов. Она не может пропустить через свои турбины всю приточность, и часть воды сбрасывается.

Период работы на бытовом стоке без сработки водохранилища, заполненного в период паводка. Это обычно летне – осенняя межень. ГЭС перемещается в полупик, а затем и в пик графика нагрузки.

ГЭС с многолетним регулированием стока.

ГЭС с многолетним регулированием стока может вырабатывать в пределах своей располагаемой мощности то количество электроэнергии, которое требуется в системе. Исключение составляют годы полной сработки многолетнего объема водохранилища, когда ГЭС работает только с годовым регулированием стока. В годы избыточной приточности при полностью

заполненном водохранилище ГЭС работает по принципу максимального использования стока.

Совместная работа нескольких гидростанций в системе.

Совместная работа станций зависит от многих факторов. В их числе степень регулирования стока, установленные мощности, каскадное расположение с гидравлическими связями между станциями, одиночное расположение ГЭС на различных водотоках, характеристики оборудования и др. Задача должна решаться по критерию максимальной выгоды использования всех ГЭС в системе. Достаточно строго она может быть решена только при использовании оптимизационных моделей. Это достаточно специальные вопросы и их можно изучить, пользуясь специальной литературой.

Заключение

Ценность гидроэлектрической станции состоит в том, что для производства электрической энергии они используют возобновляемые природные ресурсы. В виду того, что потребности в дополнительном топливе для ГЭС нет, конечная стоимость получаемой электроэнергии значительно ниже, чем при использовании других видов электростанций.

Литература

1. Филиппова Т. А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник / Т. А. Филиппова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 300 с. – (Серия «Учебники НГТУ»).
2. Злотник, С.Г. Методы оптимизации режима энергосистем, основанные на симплекс-процедуре / С.Г. Злотник, Г.В. Спиридонова. – Кишинев, Штиинца, 1976. – 152 с.
3. Глазунов А.А. и Глазунов А.А. Электрические системы и сети учебное пособие/ – Москва: государственное энергетическое Изд-во, 1960. – 367с
4. Гераскин, О.Т. Оптимизация режимов электроэнергетических систем обобщенными симплексными методами нелинейного программирования / О.Т. Гераскин. // Изв. ВУЗов. Энергетика. – 1978. – С. 9-13.

Сведения об авторах:

Хабибов О.С. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Ахмадов Дж.Х. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Аминов А.М. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

АНАЛИЗ УМЕНЬШЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ БИЛЛИНГОВОЙ СИСТЕМЫ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Хакимов А.А.

Научный руководитель: к.т.н. Исмоилов Ф.О.

Таджикский Технический Университет им. ак. М.С.Осими

Аннотация. В современном мире с каждым днем новейшие технологии совершенствуются и жизнь без них не представляется возможным. Биллинговая система или автоматизированная система учета-это и есть новейшая технология в области учета электроэнергии.

Ключевые слова: биллинговая система, автоматизированная система учета электроэнергии, коммерческие потери.

REDUCING COMMERCIAL LOSSES IN THE POWER SYSTEM THROUGH THE INTRODUCTION OF A BILLING METERING SYSTEM FOR ELECTRICITY

Annotation. In the modern world, the latest technologies are improving every day and life without them is not possible. Billing system or automated metering system is the latest technology in the field of electricity metering.

Key words: billing system, automated electricity metering system, commercial losses.

Биллинговая система является новейшей технологией учета электроэнергии нашего времени, за счет которого можно добиться уменьшения коммерческих потерь. Как всем известно коммерческие потери

занимают большую часть потерь в некоторых энергосистемах разных государств. Бороться с ними можно различными способами, один из которых автоматизация системы контроля учета электроэнергии с помощью биллинговой системы.

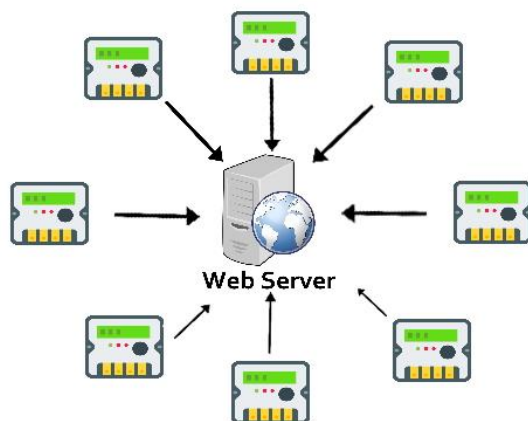


Рис. 1- Графическое изображения биллинговой системы учета электроэнергии.

Работа данной системы заключена в сборе информации и отправки её в единый сервер, который находится непосредственно у электроснабжающей компании. После отправки информации об определенном потребителе, подсчитывается цена электроэнергии по заданному тарифу и отправляется

потребителю на личный номер. Вся эта работа происходит моментально по заданному графику ежемесячно.

Для бухгалтерской деятельности электроснабжающей компании есть интеграция биллинговой системы учета с программой 1С. Эта интеграция даёт возможность составления бухгалтерских отчетов за любой промежуток времени функционирования системы.

Теперь относительно уменьшения коммерческих потерь за счёт установки этой автоматизированной системы. Для того чтобы анализировать влияние системы на потери, сначала нужно привести пути происхождения данных потерь (при традиционной системе учета электроэнергии):

- потери электроэнергии при сборе информации со счетчиков;
- преднамеренное отключение измерительного прибора потребителем;
- халатные отношения контролеров;
- потери счетов;
- погрешности при калькуляции;
- человеческий фактор;
- выход из строя измерительного прибора.

Исходя из вышеперечисленных факторов, анализируем работу и эффективность автоматизированной системы учета:

- в этой системе не бывает потерь при сборе информации, так как это происходит автоматическим образом, передачей данных непосредственно по сети на сервер;
- несанкционированное отключение измерительного прибора сигнализируется в центр сбора информации инспекторам и ответственным лицам (диспетчерам);
- в биллинговой системе сокращается штат контролера, его обязанности исполняет сам счетчик;
- потери счетов недопустимы, так как информация за отчетный период резервируется;
- при калькуляции погрешности не возникают, даже точность выше, чем при традиционном способе расчета;
- человеческий фактор здесь тоже присутствует, но уже его влияние незначительное (относительно учёта);
- как приведено выше, выход из строя электросчетчика здесь не допускается.

В настоящее время в Республике Таджикистан, в крупных городах осуществляется полный переход на биллинговую систему. По мнению

ответственных лиц ОАХК «Барки точик», за счет перехода на новейшую систему сбор денег за электроэнергию с потребителей достигнет 100%, а потери снижаются от 18-19% до 9-10%, график приведен ниже.

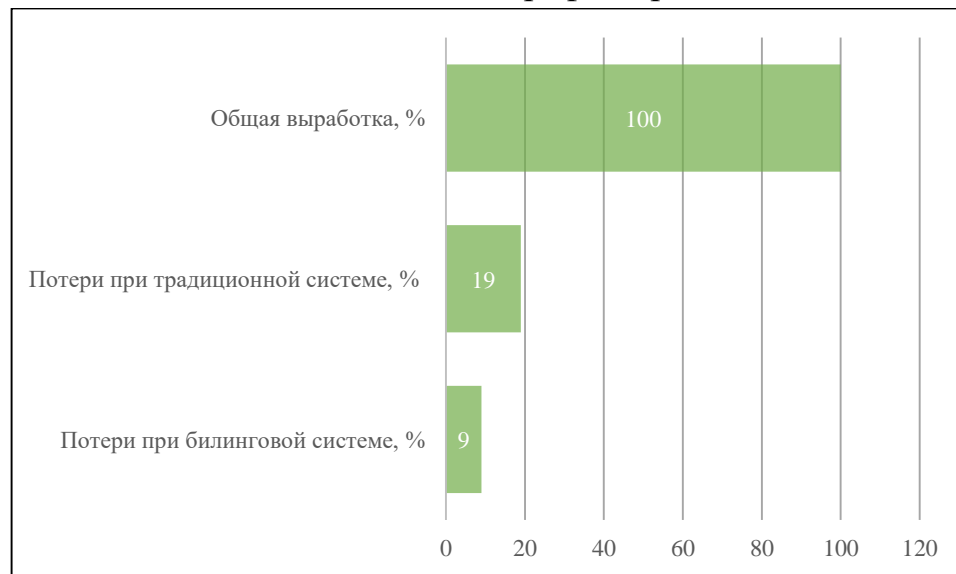


Рис. 2. График снижения уровня потерь электроэнергии.

По графику видно, что потери уменьшаются на половину, а оставшаяся часть-это технические потери, устранить которые можно при модернизации элементов системы и оптимизации работы электрических сетей.

Выводы

Анализ эффективности биллинговой системы показал, что переход на эту систему является положительным решением, даже при больших капитальных вложениях. За счет уменьшения потерь эти капитальные вложения покрываются за короткие сроки.

В нынешнем мире жизнь без информационных технологий и автоматизированных систем не представляется возможным, так как эти технологии вошли в нашу обыденную жизнь полностью.

Литература:

1. Фурсанов, М. И. Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М. И. Фурсанов.–Минск: Белэнергосбережение, 2006. – 207 с.

2. Электронные ресурсы: <https://tj.sputniknews.ru/>, <https://en-art.com/billing-elektroenergii/>.

Сведения об авторе

Хакимов Азимджон Абдулвалиевич – студент 4-го курса группы 430103-01 Б, энергетического факультета, Таджикского Технического Университета имени академика М.С. Осими.

РОЛЬ ГЭС В БАЛАНСАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Иноятзода Алишер

*научный руководитель к.т.н., доцент кафедры Худжасаидов Дж.Х.
ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан*

Аннотация: *Рассматриваются основные принципы и показатели эффективности использования гидроэнергии эксплуатируемых ГЭС. Показатели зависят от роли ГЭС в энергосистемах. Подчеркивается необходимость компьютеризации этих расчетов.*

Ключевые слова: *гидроэнергоресурсы, выработка электроэнергии, ЭЭС, функции ГЭС, эффективность.*

THE ROLE OF HPP IN THE BALANCES OF ELECTRICITY SYSTEMS

Abstract. *The main principles and indicators of the efficiency of the use of hydropower in operated HPPs are considered. The indicators depend on the role of HPPs in energy systems. The need for computerization of these calculations is emphasized.*

Key words: *hydropower resources, electricity generation, EPS, HPP functions, efficiency.*

После преобразования энергетики, которое в основном произошло в связи с изменением экономической формации государства, возникло много новых проблем в том числе, и проблема эффективного использования гидроэнергетического потенциала ГЭС. Вопросы повышения эффективности работы ГЭС актуальны во многих странах мира.

Особенности использования ГЭС в России

При реформировании энергетики активы генерации объединились. Все ГЭС входят в ПАО «Русгидро», которое определяет основные принципы эксплуатации и методику решения гидроэнергетических задач. Однако ГЭС имеют множество индивидуальных особенностей и поэтому многие задачи решаются независимо от «Русгидро» по собственным разработкам. Гидроэлектростанции приобрели статус генерирующих компаний (ГК) с полной хозяйственной самостоятельностью, и задачи изменения методики оценки эффективного использования гидроресурсов приобрела большую актуальность.

Для ГЭС, как для предприятия с хозяйственной самостоятельностью, имеется внутренняя коммерческая эффективность, связанная с выработкой электроэнергии ГЭС ($\mathcal{E}_{ГЭС}$). При этом $\mathcal{E}_{ГЭС}$ - это товар и необходимо говорить об эффективности его использования [1,2].

Часть электроэнергии может использоваться в электроэнергетической системе (ЭЭС) - региональной или объединенной, и тогда имеет место системная эффективность ($\mathcal{E}_{ЭЭС}$). Наиболее разумно оценивать ее по топливной составляющей [3]. Рассмотрим кратко ряд задач повышения

эффективности использования ГЭС, на примере изолированно работающей энергосистемы.

Особенности использования ГЭС в Таджикистане

В Таджикистане существует две изолированно функционирующие энергосистемы: Северо-южная система, которую эксплуатирует и развивает ОАХК «Барки Точик» и Горно-Бадахшанская, где эксплуатацию гидроэнергетических мощностей осуществляет частная компания ОАО «Памир Энерджи».

Для первой могут применяться методики, разработанные для энергосистемы России. Для второй же характерны свои особенности: Бассейн реки Гунд (площадь водосбора 1370 км², длина 296 м), расположен на территории Горно-Бадахшанской автономной области Республики Таджикистан, в горах Памира.

В бассейне реки Гунд насчитывается 49 озер, наиболее крупных из них Яшилькуль. Рельеф местности к Востоку от Озера Яшилькуль имеет плавные очертания, ниже озера сильно изрезан. Ниже озера река получает название Гунд.

Озеро Яшилькуль расположено на высоте 3720 м. Площадь зеркала 35,2, емкость 0,4 км³ (по подсчётам Средазгидропроекта). Площадь водосбора озера 5280 км², из них 2800 км², приходится на р. Аличур.

Из перечисленного видно, что река Гунд имеет снеговое питание, что вызывает большую неопределенность при прогнозировании стока. ГЭС Памира могут работать без регулирования стока или с суточным регулированием. Станции Памира – деривационные с большим количеством заносов. Уже эти особенности говорят о том, что необходимо разрабатывать новую методику использования водных ресурсов. Первые результаты проведенного анализа говорят о том, что при разработке этой методики необходимо решать следующие задачи:

1. Необходимо уменьшать холостые сбросы ГЭС. Авторы статьи считают, что в решение этой задачи необходимо включить экономические механизмы: в период холостых сбросов устанавливать льготные тарифы.

2. Для управления процессом потребления необходимо прогнозирование графика нагрузки с применением статистических методов и компьютерных технологий.

3. Необходимо разрабатывать технологию непрерывных корректировок режима станции, т.к. неопределённость стока при снеговом питании сильно зависит от метеорологических факторов.

4. Необходимо строить статистические ряды гидрографов для гидрологического года, что позволит улучшить модель прогнозирования.

Задача 1 - получение максимальной выработки электроэнергии $\mathcal{E}_{ГЭС} \rightarrow \max$.

Обязательным условием является непрерывная корректировка первоначального плана использования гидроэнергетических ресурсов. Гидроэнергетический потенциал (сток) на весь цикл его использования обладает свойством непредсказуемости, поэтому план рассчитывается по модели, которая принимается без каких-либо оценок ее достоверности. Обычно

план редко оправдывается, его корректировка проводится для гидрологических циклов стока в створе ГЭС. Это означает необходимость: постоянных прогнозов; календарных дат гидрологических периодов (начала, конца и диапазона изменения этих дат); прогнозов стока на предстоящий период; уточнения модельного гидрографа по результатам анализа фактических данных на весь цикл регулирования; уточнения ограничений по параметрам комплексного использования (по расходам и уровням нижнего бьефа и др.). При каждом уточнении производится новый расчет. Чаще всего в период осенне-зимней межени уточнения производятся один раз в месяц, а в период паводки могут производиться и ежесуточно. Это зависит от прогноза ожидаемого паводка. Часто допускаются неоправданные холостые сбросы при не оптимальном режиме использования ресурсов водохранилища

Задача 2 - оценка системной эффективности гидроресурсов $\mathcal{E}_{рес}$.

Известно, что в России нет цены гидроэнергетического ресурса - нет цены на воду (сток). Такая задача активно решалась в 80-е годы, но не была доведена до установления цены. Цена гидроэнергии при ее использовании в ЭЭС определяется в зависимости от себестоимости производства. Себестоимость включает только постоянные затраты. Это искажает представление о ценности гидроресурса. Если воду (сток) рассматривают как источник энергии, то главное — это напор, при котором используется сток. Не будем забывать, что напор — это энергия стока [1].

Тогда единица расхода обладает разным энергетическим потенциалом. Зависимость от напора и эффективности использования гидроресурсов ГЭС в системе выражается относительными показателем $\frac{N_{ГЭС}}{H_{ГЭС}}$.

Так для станций Сибири по напору будет следующий ряд эффективности: Саяно – Шушенская ГЭС (напор 200 м), Красноярская ГЭС (напор 100 м), Новосибирская ГЭС (напор 20 м). Видно, что потенциал единицы стока Саяно – Шушенском ГЭС в 2 раза больший, чем на Красноярской и в 10 раз больший, чем на Новосибирской станции при сравнительно небольшой разнице в их себестоимости. Таким образом, цена должна приводиться к базовому потенциалу [3].

Тогда средневзвешенная поправка к ценам всех ГЭС будет:

$$C_{гэс.ср} = \frac{\sum C_{ГЭСi} N_{ГЭСi}}{\sum N_{ГЭСi}}, \quad (1)$$

Задача 3 - оценка системной эффективности $\mathcal{E}_{ЭЭС}$.

Топливная составляющая эффективности использования ГЭС в ЭЭС зависит от относительных приростов топлива ТЭС. Для интервала t относительный прирост топлива:

$$b_t = \frac{\Delta B_t}{\Delta N_{тГЭС}}, \quad (2)$$

и при использовании мощности ГЭС равна:

$$b_{t.монл} = \frac{B_t}{N_{tГЭС}} N_{tГЭС}, \quad (3)$$

Для всего периода T . она будет:

$$B = \sum_t b_{монл}, \quad (4)$$

Можно рассчитать и коммерческую эффективность. Задачи, приведенные выше, могут быть эффективно решены только при использовании компьютерных технологиях.

На основе анализа функционирования ГЭС в составе ЭЭС авторами была предложена алгоритмическая структура модели ресурсы-производство-нагрузка Р-П-Н [4], состоящая из пяти взаимосвязанных блоков. Разработанная алгоритмическая структура является основой разрабатываемого авторами программно-вычислительного комплекса для проведения имитационных расчетов нормальных режимов электроэнергетических систем (ЭЭС), который позволит анализировать различные режимы при влиянии внешних факторов.

Блок 1 - информационное пространство. Принципиальным вопросом является необходимость использования гидроэнергетической и гидравлической информации по напорам, стоку, расходам, уровням бьефов, что не только увеличивает размер массивов традиционной информации тепловых электроэнергетических систем, но и неопределенность всех задач планирования режимов гидротепловых ЭЭС. В блок включаются модели прогнозирования, так как без прогнозов невозможно решать режимные задачи ЭЭС.

В рамках работы было создано экспериментальное программное обеспечение, позволяющее производить подбор коэффициентов временного ряда заданной конфигурации. Основная функция программы заключается в том, что при задании входной информации в виде массива данных, и выборе способа решения (дискретное преобразование Фурье, градиентная оптимизация, роевые интеллекты) производится расчет коэффициентов и среднее значение отклонения модели от фактических данных по всей выборке [5].

Блок 2 – гидроэнергетический режим, в котором определяется оптимальное использование водных ресурсов ГЭС (бытовой приточности и запасов стока в водохранилище).

Блок 3 – технологический процесс ГЭС.

В нем рассматриваются задачи внутристанционных решения выбора состава и режима гидроагрегатов при заданной нагрузке станции по критерию максимума КПД. Это основной показатель технологического процесса преобразования потенциальной энергии в рабочую и выполнения критерия $\mathcal{E}_{ГЭС} \Rightarrow \max$ [6,7,8]. Для решения поставленной задачи создана программная реализация блока «Оптимизация», который основан на методе динамического программирования и позволяет в автоматизированном режиме осуществить распределение

нагрузки между агрегатами ГЭС, а также выбрать состав включенных в работу агрегатов [9].

В ЭЭС должно соблюдаться условие получения минимума издержек с учетом структуры мощностей ЭЭС. Основные особенности ЭЭС соответствуют ее энергетическим балансам, и критерием оптимизации является минимизация суммарных издержек всех единиц (станций и сетей). Такая оптимизация производится для календарного года при изменении нагрузки.

Полный алгоритм включает 5 основных блоков, перечисленных выше: информационный, гидроэнергетический, технологический, энергетических балансов гидротепловой ЭЭС, коммерческий [10,11]. Расчет режима ведется от базового первоначального плана к конечному, при этом режим ГЭС рассчитывается последовательно по трем критериям: максимум выработки энергии, минимум издержек, максимум прибыли.

Применение различных показателей эффективности.

В различных задачах могут использоваться отдельные или совместные показатели эффективности использования гидроэнергетических ресурсов. Например, если ГЭС работает на крупного потребителя (алюминиевого комбината, лесопромышленного комплекса, близлежащего города) то может использоваться показатель $E_{ГЭС} \rightarrow \max$, поскольку главной задачей является максимальная выработка электроэнергии. В гидравлической ЭЭС (например, энергосистеме Памира) можно также использовать показатель $E_{ГЭС} \rightarrow \max$.

Если несколько гидростанций работают в гидротепловой энергосистеме на коммерческих принципах – то можно использовать относительные приросты $\frac{N_{ГЭС}}{N_{ГЭС}}$, $\frac{M_{ЭЭС}}{M_{ГЭС}}$, $\frac{P_{ЛЭП}}{N_{ГЭС}}$, и рассчитывать цену с использованием ценности стока.

Приводя эти примеры, авторы не обсуждают вопрос, применяется ли это сейчас, хотя он является принципиальным.

Одной из главных задач их применения являются программные средства расчета. Решать задачи оценки эффективности гидроэнергетических ресурсов «на пальцах» нельзя. Сейчас программных средств нет и необходимо их создавать.

Заключение

Гидроэнергетический ресурс ГЭС - это природное богатство и использовать его в чисто местных интересах недопустимо. Конечно, создание электроэнергетического рынка потребовало громадных усилий по развитию и пересмотру существующих принципов, но нам представляется, что сейчас уже настало время их пересмотра.

В настоящее время эти положения прорабатываются. В первую очередь необходимо решать вопросы компьютеризации, прогнозирования и информационного обеспечения.

На всех крупных ГЭС имеются автоматизированные системы, но в них сейчас гидроэнергетические задачи по-существу не входят. Представляется, что это является косвенным признаком отсутствия контролируемых показателей оценки эффективности использования гидроэнергетических ресурсов.

Литература

1. Perfecting business processes in electricity grids by the use of innovative technology of demand side management in the framework of the general conception of smart grids / I. L. Klavsuts, D. L. Klavsuts, G. L. Rusin, I. S. Mezhev // 49 International Universities power engineering conference (UPEC), Romania, Cluj-Napoca, 2–5 Sept. 2014. – IEEE, 2014. – 4 p. – ISBN 978-1-4799-6556-4

2. Основы методики оценки использования ресурсов ГЭС при функционировании электроэнергетической системы = Basics of Technique Evaluation the Use of Hydroelectric Resources in Their Work in EPS. / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова, Е. А. Совбан, Д. Х. Худжасаидов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии = Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. - 2017. - Т. 10, № 3. - С. 426-434. - DOI: 10.17516/1999-494X-2017-10-3-426.

3. Агафонова М. В. Разработка модели электропотребления и суточного графика нагрузки на примере энергосистемы Памира / М. В. Агафонова, Д. Х. Худжасаидов, П. В. Матренин ; науч. рук. А. Ю. Арестова // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. : в 10 ч., Новосибирск, 4–8 дек. 2017 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. – Ч. 4. – С. 7-11. - 100 экз. - ISBN 978-5-7782-3422-2.

4. Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg, Gerald B. Sheble. Power Generation Operation and Control. - Third ed. /. New York : John Wiley & Sons , 2013

5. Русина А. Г. Повышение эффективности управления режимами электроэнергетической системы, состоящей из гидроэлектростанций = Increase in effective management of operating modes of a hydroelectric power station system / А. Г. Русина, Д. Х. Худжасаидов // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. - 2017. - № 1 (66). - С.179 -192. - DOI: 10.17212/1814-1196-2017-1-179-192.

Сведения об авторах:

Алишер И. – магистрант 2-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ТАДЖИКИСТАНА

Сохибзода Н.М., Худододов А.

*Научный руководитель – к.т.н., доц. Касобов Л.С.
ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан*

Аннотация. В работе представлена общая информация о состоянии энергосистемы Таджикистана, приведены характеристики энергосистемы.

Ключевые слова: энергосистема, электрическая энергия, линия.

ANALYSIS OF THE PRESENT STATE OF THE ENERGY SYSTEM OF TAJIKISTAN

Annotation. The paper provides general information on the state of the energy system of Tajikistan, the characteristics of the energy system are given

Keywords: power system, electrical energy, power line.

Главной задачей развития энергетической отрасли остается обеспечение энергетической безопасности в долгосрочной перспективе. Обеспечение энергетической безопасности является актуальной проблемой. Для Республики Таджикистан, его энергетический сектор является не только источником света и тепла, а также главным стержнем развития экономики страны. Производство электроэнергии энергосистемы Таджикистана, сконцентрирована на гидростанциях, так как на территории имеет место многочисленные ресурсы воды, то есть первое место среди стран Центральной Азии. Производство электрической энергии, в основном, осуществляется крупнейшей гидроэлектростанции. Передача электрической энергии по высоковольтным сетям осуществляется передающие электрические сети.

Рост потребления электроэнергии населением вызван, в основном, повсеместным использованием электроэнергии для обогрева помещений, подогрева воды и для приготовления пищи, так как электрическая энергия на сегодняшний день является самым дешевым и удобным во всех отношениях видом энергии.

В республике эксплуатируются более 15 гидроэлектростанций и две теплоэлектроцентрали суммарной мощностью 6400 МВт. В нижнем течении реки Вахш восемь мощных гидроэлектростанций составляют каскад. В настоящее время в республике ежегодно вырабатывается более 20-22 миллиардов кВт*ч электроэнергии.

ЭЭС Таджикистана является избыточной в летний период, и нагрузка не обеспечивает покрытие всех мощностей генерации. Таким образом, в летнем периоде энергосистема Таджикистана работает в режиме покрытия

нагрузочных мощностей по республике и выдачи электроэнергии и мощности в сопредельные энергосистемы.

Энергосистема имеет устойчивые связи с государствами Центральной Азии по магистральным сетям 500 и 200 кВ. Республика экспортирует часть вырабатываемой электроэнергии в Узбекистан, Афганистан и Киргизии. По результатам многочисленных технико-экономических исследований общий гидропотенциал производства электроэнергии оценивается в 527 миллиардов кВт*ч, из которых на сегодня освоено порядка 10 %. Только строительство Рогунской ГЭС позволит в ближайший год довести объемы производства электроэнергии до 30 миллиардов кВт*ч в год.

Общая структура годовых запасов энергоресурсов Таджикистана в млн.т.у.т. приведена в табл.1:

Таблица 1

Гидроресурсы	Уголь	Нефть	Газ	НИЭ
158,12	13,35	1,85	0,75	1,6

Таблица 2.

Запасы гидроэнергоресурсов Таджикистана

Бассейны рек и озер	Среднегодовая мощность, мВт	Среднегодовая энергия, ТВт/ч	Доля в общем объеме, %
Пяндж	14030	122,90	23,2
Гунт	2260	19,80	3,73
Бартанг	2969	26,01	4,93
Ванч	1191	10,34	1,96
Язгулем	845	7,40	1,39
Кызыл-Су	1087	9,52	1,78
Вахш	28670	251,15	48,00
Кафирниган	4249	37,22	7,00
Оз. Кара-Куль	103	0,90	0,17
Сурхан-Дарья	628	5,50	1,03
Зеравшан	3875	33,94	6,38
Сыр-Дарья	260	2,28	0,43
Итого	60167	527,06	100,00

Суммируя все выше обозначенные факты, можно выявить пути развития энергетического сектора Таджикистана, определить и проанализировать проблемы данного сектора экономики и предложить возможные пути решения.

В целом, по мнению ряда экспертов, Таджикистан в перспективе вполне может стать энергетическим центром регионального масштаба. В настоящее время Таджикистан имеет хороший гидроэнергетический потенциал, грамотное управление которым, включая инвестиционную политику государства, может привести страну до высокого уровня экономического развития.

Выработка электроэнергии в 2030 году по планам Правительства республики должна достигнуть уровня 30 млрд. кВт*ч. Экспертный потенциал составить 5-7 млрд. кВт *ч. в год.

Данный факт предопределяет необходимость опережающего строительства новых гидростанций для полного удовлетворения потребностей экономики и нужд населения в электроэнергии. В то же время, избытки электроэнергии могут экспортироваться за пределы республики в страны ближнего и дальнего зарубежья. Сегодня к импорту гидроэлектроэнергии Таджикистана проявляют интерес такие страны как Россия, Казахстан, Афганистан, Иран, Пакистан и Китай. Для экспорта этой энергии идет строительство межгосударственные линии электропередачи сверхвысокого напряжения так называемые CASA-1000.

Заключение

Эффективное использование большие запасы гидроресурсов в энергетике даёт возможность о реализации планами развития энергетики Таджикистана в экспорт электрической энергии с помощью сооружаемых новых линий электропередачи (ЛЭП).

Литература

1. Касобов Л.С. Предотвращение нарушения устойчивости режима энергосистемы с преобладанием гидрогенерации (на примере энергосистемы Таджикистана): дис....канд.тех.наук: 05.14.02 / НГТУ. Новосибирск, 2009. 178с.
2. [Электронный ресурс] Официальный сайт Министерства энергетики республики Таджикистан: Режим доступа: [http:// www.minenergo.tj](http://www.minenergo.tj).
3. ОАХК «Барки Точик» [электронный ресурс]: <http://www.barkitotjik.tj>.

Сведения об авторах:

Сохибзода Н.М. – сардори Раёсати назорати давлатии энергетикии шахру ноҳияҳои тобеи ҷумҳури.

Худододов А. – магистрант 1-го курса, группы 430101 кафедры «Электрические станции», ТТУ имени академика М.С. Осими.

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шофайзов М.Ф., Лайлоу И.

Научный руководитель – к.т.н. Рахимзода Дж.Б.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Аннотация. В статье рассмотрена задача расчета и анализа установившихся режимов электроэнергетической системы на основе теории нечетких множеств.

Ключевые слова: режим, нагрузка, мощность, оптимизация, анализ.

CALCULATION AND ANALYSIS OF STATED MODES OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Abstract. The article considers the problem of calculating and analyzing the steady state modes of the electric power system based on the theory of fuzzy sets.

Key words: mode, load, power, optimization, analysis.

Введение

Применением детерминированных методов нельзя получить достоверного решения, так как при этом получается точечное решение, которое не учитывает естественной неопределенности нагрузки узлов системы. Применение вероятностных методов для учета неопределенности, не всегда целесообразно с точки зрения получения большого количества статистических данных. В то время как применение теории нечетких множеств для задач анализа установившихся режимов позволяет использовать имеющиеся детерминированные методы, при учете неопределенности.

Рассмотрим решение задачи оптимального управления источниками реактивной мощности на примере схемы, приведенной на рис.1. Схема состоит из 12 узлов и 16 ветвей. В схеме имеется три источника реактивной мощности. В качестве векторов входных возмущений в электрической сети выступают нечеткие нагрузки, представляемые экспертом. Их функции принадлежности приняты симметричными и соответствуют заключению экспертов "примерно", что составляет разброс 10%. Параметры схемы для базового режима приведены на рис.1. Нечеткие нагрузки заданы для узлов 7, 8 и 10. Информация о нагрузках, функция принадлежности которых представлена в виде уравнения нечеткого интервала, представлена в табл.1.

В качестве критерия оптимальности принят критерий минимума потерь активной мощности в электрической сети. Функции принадлежности нагрузок

узлов 7, 8 и 10 представлены соответственно на рис. 2 (а, б, в), рис. 3 (а, б, в) и рис. 4 (а, б, в).

Таблица 1

Нечеткие интервалы нагрузок узлов

Номерузла	Активные нагрузки, МВт			Реактивные нагрузки, МВар		
	P^{I-}	P^{III}	P^{I+}	Q^{I-}	Q^{III}	Q^{I+}
7	205	230	255	90	100	110
8	260	290	320	125	140	155
10	60	70	80	15	20	25

Для простоты расчета схемы (рис. 1) принимаются $\alpha = 0; 0.5; 1$. Для $\alpha = 0; 1$ нечеткие интервалы нагрузок заданы в таблице 1. Для уровня $\alpha = 0.5$ принадлежности нагрузок узлов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Граница интервалов для уровня $\alpha = 0.5$

Номер узла	Активные нагрузки, МВт		Реактивные нагрузки, МВар	
	P^{II-}	P^{II+}	Q^{II-}	Q^{II+}
7	217,5	242,5	95	105
8	275	305	132,5	147,5
10	65	75	17,5	22,5

Расчет режима

Расчеты режима проводятся при левых и правых значениях интервала для каждого уровня согласно алгоритму метода α - сечения.

Результаты расчета представлены в таблице 3. По этим результатам строятся функции рассчитываемых параметров узла 7 (рис. 2), (рис. 3), (рис. 4).

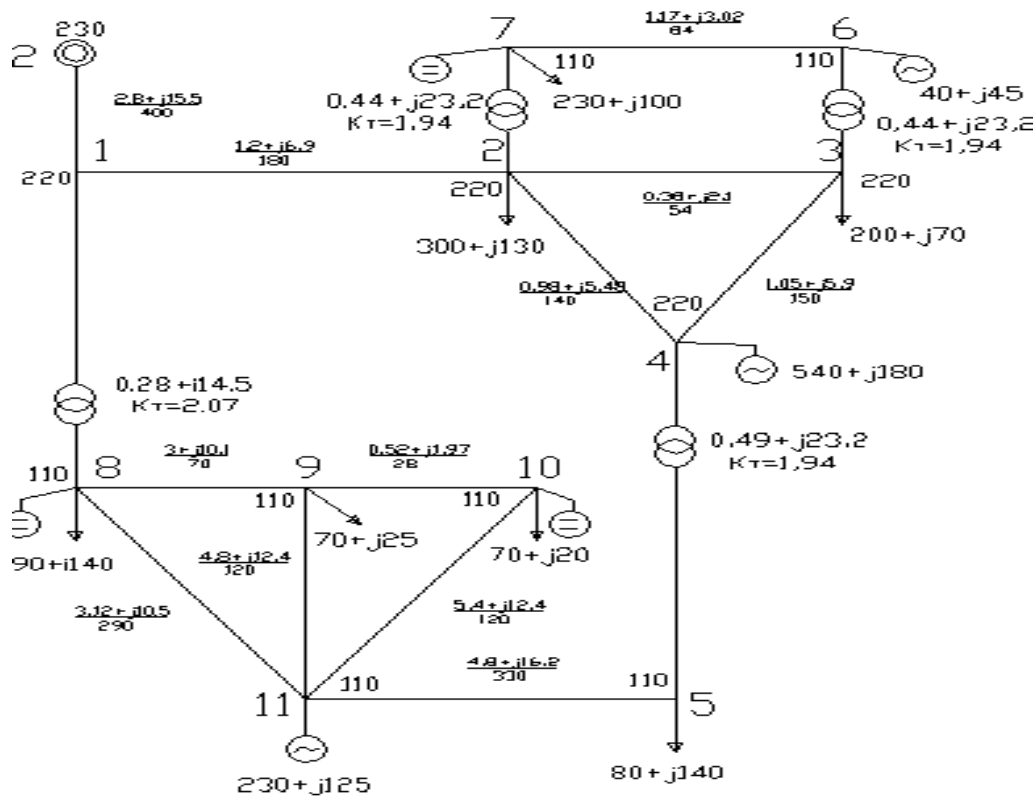


Рис. 1. Расчетная схема

Таблица 3.

Результаты оптимизации режимов

α	0	0,5	1	0,5	0
УЗЕЛ 7					
P_7	205	217,5	230	242,5	255
$Q_{7ДО}$	90	95	100	105	110
$Q_{7ПОСЛЕ}$	54,01	54,79	56,07	57,27	58,6
$Q_{7КУ}$	35,99	39,21	43,93	47,73	51,5
$U_{7ДО}$	108,07	106,22	104,22	102,04	99,62
$U_{7ПОСЛЕ}$	119,1	119,09	119,05	119,02	119,01
$G_7(q)$	-50	-65	-76	-90	106
УЗЕЛ 8					
P_8	260	275	290	305	320
$Q_{8ДО}$	125	132,5	140	147,5	155
$Q_{8ПОСЛЕ}$	59,35	60,14	62,64	65,04	67,43
$Q_{8КУ}$	65,65	72,36	77,65	82,46	87,59
$U_{8ДО}$	105,36	103,61	101,69	99,6	97,28
$U_{8ПОСЛЕ}$	114,35	114,32	114,19	114,07	113,95
$G_8(q)$	-41	-49	-60	-73	-91

УЗЕЛ 10					
P_{10}	60	65	70	75	80
$Q_{10ДО}$	-15	-17.5	-20	-22,5	-25
$Q_{10ПОСЛЕ}$	33,03	34,79	36,72	38,58	40,89
$Q_{10КУ}$	48,03	52,29	56,72	61,3	65,89
$U_{10ДО}$	105,66	103,59	101,34	98,9	96,19
$U_{10ПОСЛЕ}$	115,99	115,97	115,94	115,91	115,89
$G_{10}(q)$	41	-51	-64	-80	-102
УЗЕЛ 9					
$U_{9ДО}$	105,57	103,55	101,37	98,98	96,35
$U_{9ПОСЛЕ}$	115,42	115,39	115,35	115,31	115,27
СУММАРНЫЕ ПОТЕРИ В СЕТИ					
$\Delta P_{ДО}$	17,86	20,46	23,55	27,25	31,71
$\Delta P_{ПОСЛЕ}$	13,51	14,92	16,52	18,29	20,24

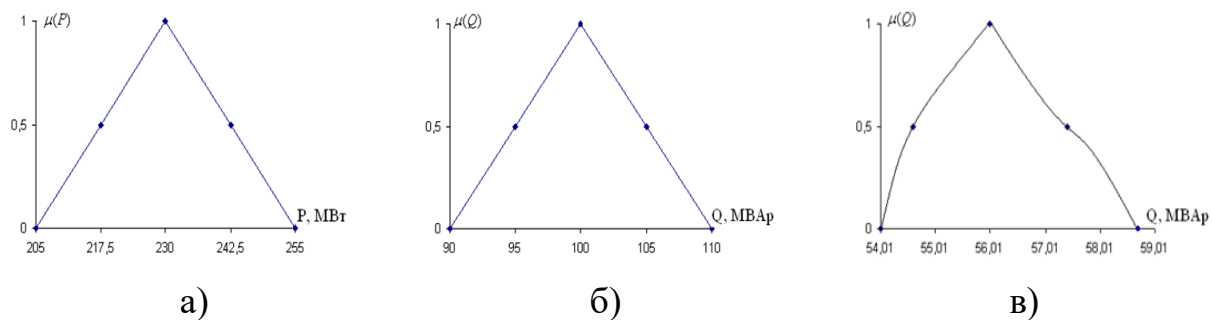


Рис. 2. Функции принадлежности параметров узла 7:

а) активной мощности до и после оптимизации; б) реактивной мощности до оптимизации; в) реактивной мощности после оптимизации

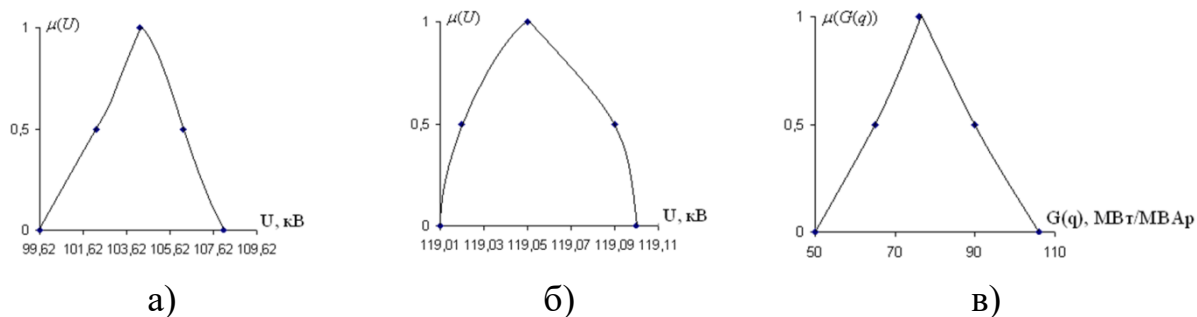


Рис. 3. Функции принадлежности параметров узла 7:

а) напряжения до оптимизации; б) напряжения после оптимизации, в) удельного прироста потерь активной мощности при изменении реактивной мощности в узле до оптимизации;

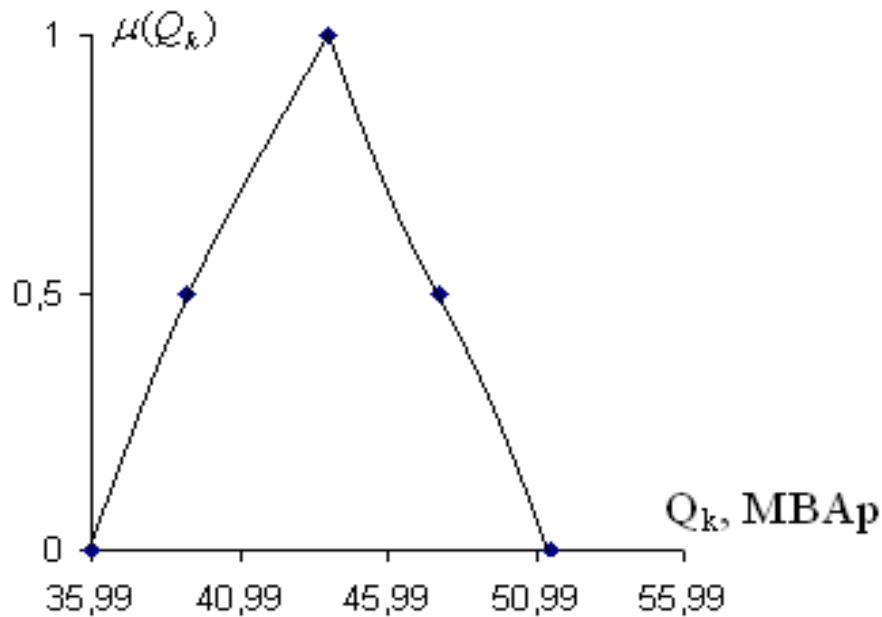


Рис. 4. Функции принадлежности мощности узла 7, вырабатываемой синхронными компенсаторами.

Для узлов 8, 9 и 10 графические изображения функций принадлежности параметров аналогичны.

Заключение

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что формы кривых после оптимизации режима по реактивной мощности изменяются по сравнению с режимом до оптимизации:

- лингвистическая кривая для суммарной реактивной мощности в узле искажается и в точке $\alpha = 0,5$ при увеличении нагрузки является вогнутой, а при уменьшении - выпуклой,
- напряжение в узлах поддерживается приблизительно оптимальным
- для мощности синхронного компенсатора лингвистическая кривая искажается в точке $\alpha = 0,5$ (при уменьшении нагрузки она вогнутая, при увеличении - выпуклая),
- для суммарных потерь активной мощности лингвистическая кривая искажается в точке $\alpha = 0,5$ аналогично режиму до оптимизации, но более симметрично относительно $\alpha = 1$, т.к. напряжение после оптимизации изменяется в меньшем интервале.

Литература

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений, М.: Мир, 1976.

2. Богатырев Л.Л., Манусов В.З., Содномдорж Д. Математическое регулирование электроэнергетических систем в условиях неопределенности.- Улан-Батор: Издательство типографии МГТУ, 1999.348 с.

3. Мельников Н.А. Реактивная мощность в электрических сетях. М., «Энергия», 1975.

4. Веников В.А. оптимизация режимов электростанций и энергосистем: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1981 г.

5. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями, Минск: Высшэйшая школа, 1992.

6. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. М.: Диалог-МГУ, 1998.

Сведения об авторах:

Шофайзов М.Ф. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Изатулло Л. – магистрантка 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ В БИТОВОМ СЕКТОРЕ

Ёрмахмадзода Ф.И.

Научный руководитель к.т.н. Вохидов М.М.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Аннотация. В данной статье рассмотрено основной причиной пожаров в электроустановках битовом секторе, причиной низкой эффективности автоматической защиты, использование противопожарной защиты, а также дистанционного управления и защиты потребителей электрической энергии с помощью выключателей WiFi управлением.

Ключевые слова: автоматические выключатели, устройства, защита, короткого замыкания, управления, WiFi, безопасность.

EFFICIENCY USE OF PROTECTION DEVICES IN THE BITS SECTOR

Annotation. This article discusses the main cause of fires in electrical installations of the bit sector, the reason for the low efficiency of automatic protection, the use of fire protection, as well as remote control and protection of consumers of electrical energy using WiFi switches.

Key words: circuit breakers, devices, protection, short circuit, control, WiFi, security.

Основным этапом электрификации, является выбор устройств защиты внутренней электрической сети и оборудования от различных аварийных ситуаций.

К таким приборам относятся автоматические выключатели, устройства защитного отключения (УЗО), дифференциальные автоматы, реле напряжения, стабилизаторы. В сетях частного сектора на вводе зачастую устанавливают устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), возникающих при грозовых разрядах. В квартирных внутренних сетях защиту от импульсных перенапряжений и грозовых разрядов не устанавливают, так как она, как правило, входит в общую защитную систему всего многоквартирного дома.

Широкое потребление электроэнергии в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и быта требует постоянного внимания к повышению пожарной безопасности электроустановок.

При эксплуатации любой электроэнергетической системы, вследствие теплового и электрохимического действия электрического тока, существует

вероятность возникновения повреждений и нарушений нормального режима работы, которые часто приводят к авариям и пожарам с человеческими жертвами и материальным ущербом.

По статистическим данным основной причиной пожаров в электроустановках являются электропроводки, а наиболее частыми причинами их воспламенения - короткие замыкания и перегрузки.

Низкий уровень пожарной безопасности объясняется рядом факторов: неудовлетворительным техническим состоянием находящихся в эксплуатации электрических сетей низкого напряжения, связанным со значительным амортизационным износом электрических установок и весьма низкой эффективностью электрической защиты от аварийных режимов. Как показывает практика, во многих случаях электрические сети, несмотря на формальное наличие защиты - автоматических выключателей и предохранителей, по существу, от пожароопасных режимов не защищены. Рассмотрим основные причины этого явления.

При эксплуатации электроустановок во многих случаях идут на некоторое увеличение номинального тока плавких вставок и токов срабатывания расцепителей автоматов, например, для устранения ложных отключений от допустимых кратковременных перегрузок либо для достижения селективности по отношению к нижестоящим аппаратам защиты [1]. Например, при защите сетей в невзрывоопасных помещениях необходимая чувствительность защиты обеспечивается, если величина тока КЗ не менее чем в 3 раза превышает номинальный ток плавкой вставки предохранителя или теплового расцепителя автоматического выключателя. Таким образом, для предохранителей, например, ПН-2 на 100 А (часто применяемых в распределительных электрических щитах) условие надежного срабатывания при КЗ достигается при токе в 300 А. Действительно, при таком значении тока предохранитель работает, но в соответствии с его характеристикой, только через 10 с. Учитывая возможный и допустимый для предохранителя разброс времятоковых характеристик, это время может быть увеличено в несколько раз. Аналогично работают и автоматические выключатели. Их электромагнитные расцепители «мгновенного» действия часто вообще не реагируют на токи КЗ малой величины, а тепловые расцепители могут сработать только через десятки секунд [2].

Результаты около 3000 измерений токов однофазного КЗ [2] показали, что их значения в электроустановках зданий находятся, как правило, в диапазоне: 150...550 А. При этом не обеспечивается высокая кратность токов

по отношению к параметрам защиты, что приводит к возможности длительного существования пожароопасных режимов.

Другой причиной низкой эффективности автоматической защиты является не учитываемый действующими методиками пережигаящий эффект электрической дуги, как правило, возникающей при коротких замыканиях. Температура в месте воздействия дуги достигает 5...8 тыс. градусов, что аналогично воздействию электросварки. При этом провода могут пережигаться быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов, искрообразованию, воспламенению изоляции и других горючих материалов и т.п.

Кроме того, воспламенение изоляции электропроводки может произойти под действием токов утечки, вызванных старением изоляционных материалов, их механическими повреждениями или разрушением под действием температуры и агрессивной среды. Под действием возникшего тока утечки температура изоляции повышается. Нагрев изоляции приводит к ее разложению с выделением легко воспламеняющихся продуктов и воспламенению при достижении температуры 220°C - для резиновой изоляции и 560°C - для поливинилхлоридной [2]. При этом воспламенение изоляции может произойти при весьма малых значениях токов утечки.

Предохранители и автоматические выключатели на токи утечки через изоляцию не реагируют, что также является одной из причин пожаров. В настоящее время весьма надежным средством электрической защиты от симметричных токов утечки, получившим международное признание, является устройство защитного отключения (УЗО).

УЗО предназначено для обеспечения электро- и пожарной безопасности в бытовых и промышленных электроустановках [1]. Из всех известных средств защиты от электрического тока УЗО является единственным устройством, обеспечивающим защиту человека от поражения током, даже в случае прямого прикосновения к токоведущим частям. УЗО предотвращает возгорания и пожары, возникающие вследствие даже кратковременного протекания токов утечки и развивающихся из них токов короткого замыкания. УЗО производит отключение потребителей электрической энергии при возникновении в них токов утечки, величина которых значительно меньше токов короткого замыкания. Поэтому УЗО предупреждают локальный нагрев проводников, обеспечивая также пожарную безопасность.

Полное исключение повреждения токами КЗ электропроводок при защите предохранителями и автоматическими выключателями в ряде случаев требует многократного увеличения сечения проводников. Это, с одной

стороны, не может быть обеспечено по экономическим соображениям, с другой - с увеличением сечения жил увеличивается и толщина изоляции, что, в свою очередь, повышает горючую нагрузку кабельных сооружений и, соответственно, их пожарную опасность [3]. Поэтому в зарубежной практике часто используют совместную установку автоматов и предохранителей в сочетании с УЗО.

Использование УЗО для противопожарной защиты электроустановок позволяет уменьшить время существования аварийного режима, предотвратить развитие пожароопасной электрической дуги, исключить воспламенение горючих веществ от токов утечки. Тем самым, может быть обеспечен необходимый уровень электро- и пожаробезопасности электроустановок зданий.

Предотвращение возникновения и распространения пожаров в электрических сетях традиционно обеспечивается путем правильного выбора сечений токопроводящих жил и быстрого отключения поврежденного участка аппаратами защиты. Решение этих вопросов в основном осуществляется на стадии проектирования электрических сетей, путем выбора проводников по нагреву и аппаратов защиты. Однако современные методы выбора аппаратов защиты не в полной мере обеспечивают противопожарную защиту электрических сетей, так как расчет основывается на модели аварийного режима, которая не в полном объеме отражает действительные процессы, проходящие в электрических сетях при коротких замыканиях. Так же, при проверке правильности выбора аппаратов защиты нормативные показатели надежности их работы не пересматривались более 40 лет и не учитывают современные технологии по улучшению параметров аппаратов защиты и внедрения в производство их новых типов.

В настоящий время управление системы электроснабжения коммунально-битовой сектор очень удобно. Это дистанционного управления. Необходимо отметить, что не нужно подходить к выключателю в другом углу комнаты, все действия возможно производить «без проводов». Для этого и используется выключатель света, работающий от Wi-Fi.

Чаще всего применяются два вида управления освещением:

В первом случае можно выключить свет из адаптированного приложения от производителя на смартфоне. Процесс всем знаком: кнопки «включить», «выключить», раздел «настройки» или «прочее».

Во втором случае светом управляет датчик движения в помещении, и пользователю даже не приходится использовать приложение.

Зачастую две эти технологии совмещены в единую систему. Более навороченные модели позволяют управлять яркостью, интенсивностью света, а также подбирать разнообразные схемы освещения, то есть включать на выбор одну лампочку или несколько в установленное время.

Помимо освещения выключатели с системой WiFi позволяют управлять практически любой электроникой и бытовой техникой, причем не только в доме или квартире, но и на дачах и даже во дворе.

Прибор легко программируется на автоматическое включение или отключение света, что удобно для тех, кто куда-то спешит и не успевает выключить свет. Устройство срабатывает только при появлении человека в комнате, после его ухода свет выключается. Кроме того, оно начинает функционировать с наступлением темноты, что также важно для экономии электроэнергии.

Выключатели с WiFi управлением делятся на три основных вида: дистанционные, с сенсорным управлением и гибридные, то есть совмещенные. Такие системы крайне удобны и практичны, и вот их основные преимущества: Большая площадь покрытия. В отличие от обычных проводных систем, выключатель с управлением по WiFi действуют гораздо обширнее. Он не привязан к одной или паре комнат, а распространяется на весь дом, отдельную квартиру, участок. Дальность — 100 метров. (Рис. 1.)



Рис. 1. Умный WiFi автоматический выключатель Ps-Link MCB-2P

Отсутствие проводного соединения. Сигнал транслируется через радиоканал, поэтому прокладка кабеля не требуется, а сам выключатель устанавливается в произвольной точке.

Программное обеспечение системы имеется в открытом доступе на сайте изготовителя или на отдельном диске в комплекте.

Система легко управляется с любого удобного устройства: смартфона, планшета, пульта дистанционного управления, ноутбука.

Возможность выбора сценария и режима работы для отдельных кнопок.

Можно использовать все виды осветительных приборов: светодиодные, энергосберегающие, лампы накаливания. Они требуют минимальной силы тока, никакой опасности для людей при повреждении умного устройства не существует.

WiFi выключатель — это специальное устройство, благодаря которому можно управлять светом: включать или выключать его, настраивать мощность или выставлять таймер. Подходить к выключателю на стене при этом не нужно: управление осуществляется с настроенного смартфона.

Подобная система управления крайне удобна и полезна. Например, если необходимо приглушить свет, лежа в кровати, управлять освещением в соседней комнате (например, в детской) или выключить забытую лампу, выйдя из дома.

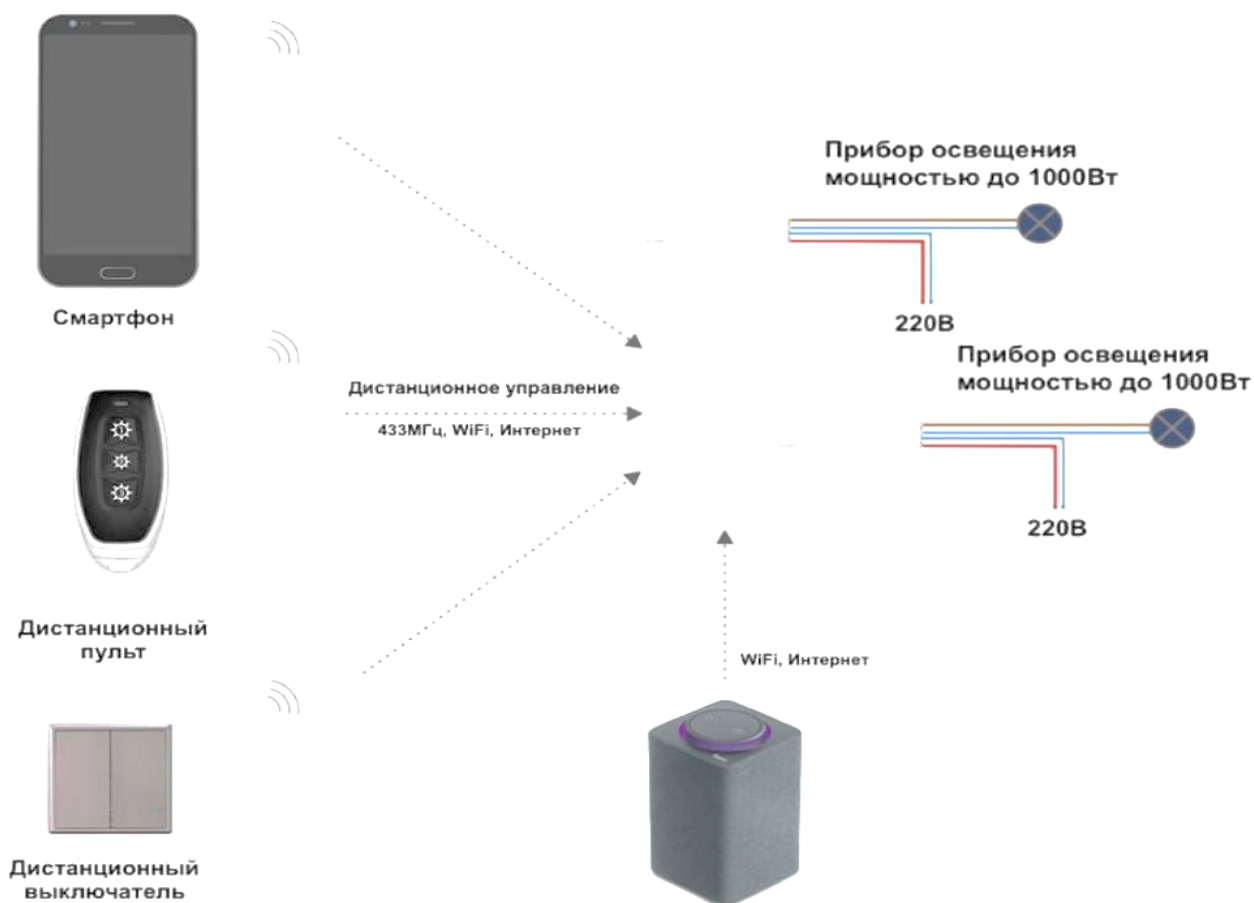


Рис. 2. Принципиальная схема управления системы освещения с помощью WiFi выключатель

Умный автомат MCB-2P для установки на DIN-рейку способен работать в сети WiFi 433МГц. Предназначен для удаленного управления питанием электрических приборов в сети переменного тока AC 220 Вольт с помощью смартфона с приложением. На корпусе также предусмотрено ручное управление питанием с помощью тумблера, а ключ

желтого цвета размыкает электрическую цепь для обеспечения безопасного обслуживания электриком цепи нагрузки автомата.

Подключение автомата к сети интернет обеспечивает удаленный контроль состояния электропитания нагрузки (не более 5кВт при напряжении 220Вольт), а именно, подачу электроэнергии в конкретный момент времени. (рис. 2) Сфера применения обеспечивается конструктивными особенностями изделия, например, морозостойкостью, довольно большим значением тока нагрузки, крупными клеммниками крепления проводов и т.д.

Заключение

При эксплуатации любой электроэнергетической системы, вследствие теплового и электрохимического действия электрического тока, существует вероятность возникновения повреждений и нарушений нормального режима работы, которые часто приводят к авариям и пожарам с человеческими жертвами и материальным ущербом. Для этого и используется выключатель света, работающий от Wi-Fi и устройство защитного отключения.

Литература

1. В.Н. Черкасов, Н.П. Костарев. Пожарная безопасность электроустановок. Учебник -М.:Академия ГПС МЧС России, 2002.
2. А.А.Сошников. Пожарная безопасность электроустановок зданий: проблемы и перспективы. Статья <http://aomai.ab.ni/Books/Files.html>.
3. Н.С. Мисюкевич. Автоматизация предотвращения пожаров кабельных сооружений и электрических проводок. Диссертация на соискание ученой степени кандидат технических наук -Мн: 1998.
4. ПУЭ, 7-ое издание, -М.: ЗАО «Энергосервис», 2002.
5. <https://stroymanual.com/vyibor-ustroystv-zashhityi-elektricheskoy-seti/>
6. Справочное пособие «Классификация и области применения электроустановок в пожаровзрывоопасных зонах».
7. Черкасов В.Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. – М.: Стройиздат, 1993

Сведения об авторах:

Ёрмахмадзода Фридун Ибодулло – студент 4-го курса, группы 430103-01Б кафедры «Электроснабжения», ТТУ имени академика М.С. Осими. +992206691717

Вохидов Миробид Мирвохидович – канд. техн. наук. и.о.доцента кафедры “Электроснабжение” ТТУ им. акад. М. С. Осими. Тел. (+992) 93-565–37-37;

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ КОСВЕННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ СЕТИ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ

Бобоев Х.Д., Джамшиедзода Б.Дж., Саидов С.Р. Абдуллоев И.Т.
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
E-mail: khboboev-93@mail.ru.

Аннотация. Проанализированы погрешности метода, основанного на подключении дополнительной емкости к одной из фаз для определения параметров изоляции фаз относительно земли сетей с изолированной нейтралью напряжением 6 кВ. Приведены результаты исследований влияния различных факторов на точность измерений активной и реактивной составляющих полного сопротивления изоляции фаз сети относительно земли указанным.

Ключевые слова: распределительные электрические сети, изолированная нейтраль, дополнительная емкость.

INVESTIGATION OF THE ERRORS OF THE INDIRECT METHOD FOR DETERMINING THE NETWORK ISOLATION PARAMETERS RELATIVE TO THE GROUND

Abstract. The errors of the method based on connecting an additional capacitance to one of the phases to determine the parameters of phase insulation relative to the ground of networks with an isolated neutral voltage of 6 kV are analyzed. The results of studies of the influence of various factors on the accuracy of measurements of the active and reactive components of the insulation impedance of the network phases relative to the ground are given.

Key words: electrical distribution networks, isolated neutral, additional capacity.

Надежность работы и безопасность карьерных распределительных сетей (КРС) напряжением 6 кВ с изолированной нейтралью во многом зависят от сопротивления изоляции фаз сети относительно земли [1-4]. Вместе с тем статистические данные об уровне электрической изоляции, динамике ее изменения имеют сравнительно низкую информативность. Влияние состояния изоляции на отключение потребителей и перерывы в электроснабжении достигает 40–60 % [5]. Из-за повреждений изоляции до 40% коммутационных аппаратов и до 90 % электрических машин выходят из строя [6, 7]. Поэтому достоверное определение параметров изоляции весьма важно с точки зрения обеспечения надежности и безопасности электроснабжения [1], кроме того,

знание этих параметров необходимо также для разработки систем контроля изоляции, проверки их точности.

Все существующие методы определения сопротивления изоляции сети с изолированной нейтралью можно разделить на две группы. Первая включает способы, основанные на искусственном замыкании какой-либо фазы сети на землю, вторая – способы, основанные на смещении нейтрали сети.

Первый метод прост, позволяет найти полное сопротивление изоляции и его составляющих. Однако его применение сопряжено с рядом трудностей организационного порядка, кроме того, замыкание одной из фаз на землю может стать причиной снижения надежности электроснабжения и ухудшения условий электробезопасности для персонала, занятого измерениями в сети, а также эксплуатирующего оборудование, подключенное к ней [1]. Учитывая изложенное, предпочтение необходимо отдать косвенным методам определения указанных параметров. Проведенные исследования [8] показали, что наиболее удобным, точным и безопасным является метод, основанный на подключении к одной из фаз дополнительной емкости. Для исследования влияния различных факторов на результаты измерения параметров изоляции косвенным методом нами была разработана компьютерная модель карьерной распределительной сети [8-11].

Оценим влияние на точность измерения сопротивления изоляции фаз сети относительно земли характера и величины нагрузки, а также несимметрии в сети во время измерений способом, основанным на подключении дополнительной емкости. На рис. 1 и 2 показано влияние характера и величины нагрузки на точность измерения сопротивления изоляции фаз сети относительно земли.

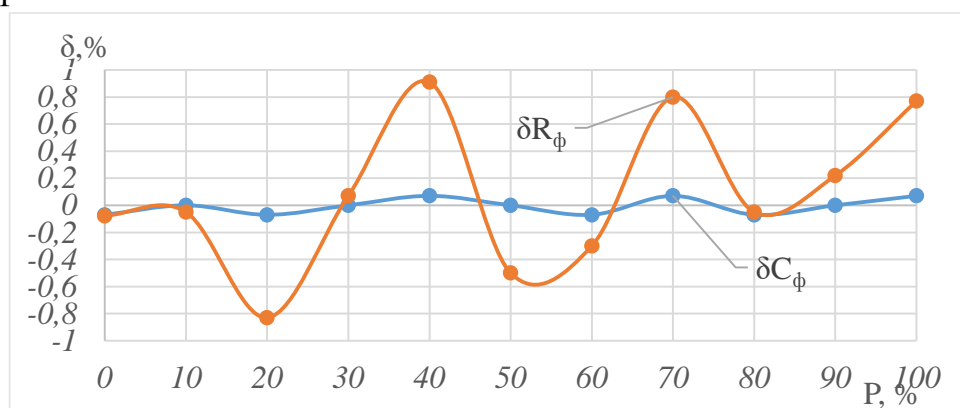


Рис. 1. Зависимость погрешностей δR_ϕ и δC_ϕ при изменении активной нагрузки от 0 до 100 %

Исследование погрешностей определения параметров изоляции фаз сети относительно земли заключается в раскрытии зависимостей величин

установленной активной и емкостной проводимостей изоляции фаз сети относительно земли от несимметрии в сети, нагрузки и т.п.

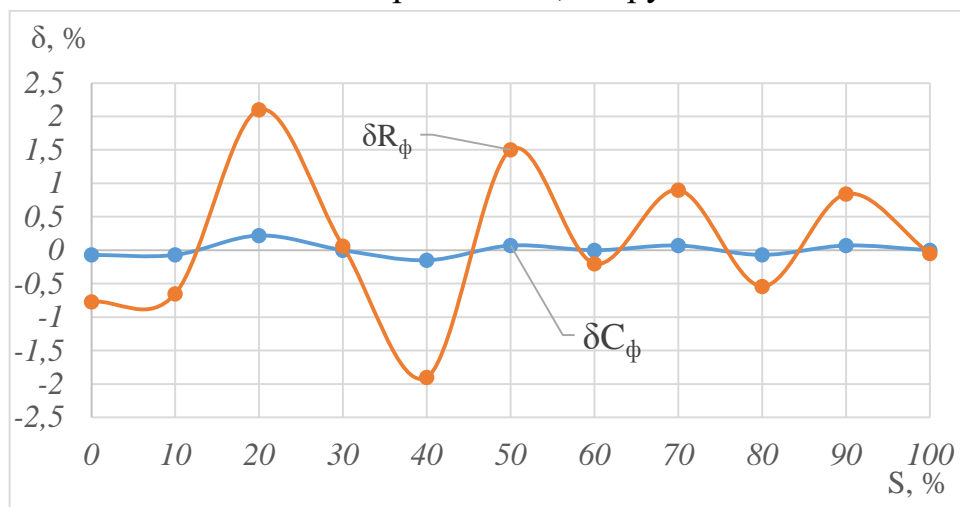


Рис. 2. Зависимость погрешностей δR_ϕ и δC_ϕ при изменении полной нагрузки от 0 до 100 %

Анализ рис. 1–2 показывает, что нагрузка в сети (активная или активно-реактивная) оказывает незначительное влияние на точность результатов измерений.

Оценим влияние несимметрии в сети на точность определения параметров изоляции. На рис. 3 показано влияние несимметрии на точность измерения сопротивления изоляции фаз сети относительно земли, когда параметры изоляции фаз сети определяются по методике, приведенной в [12].

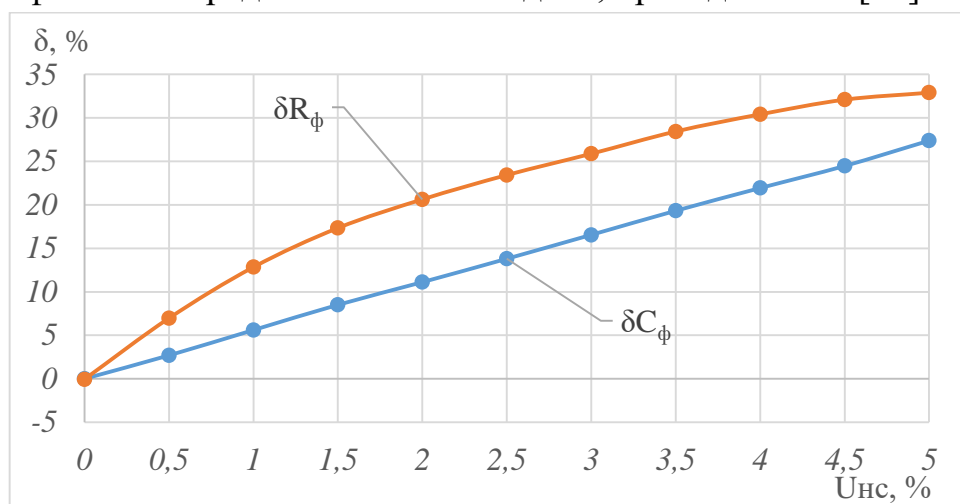


Рис. 3 – Относительная погрешность δR_ϕ и δC_ϕ определение параметров изоляции без учета несимметрии в сети

Согласно рис. 3 в этом случае наличие несимметрии в сети приводит к значительной погрешности. Этот недостаток легко устраним, если воспользоваться развитием косвенного метода измерения, приведенного в [1].

На рис. 4 показаны зависимости погрешности при определении активной и реактивной составляющих полного сопротивления изоляции фаз относительно земли при их определении по методике, приведенной в [1].

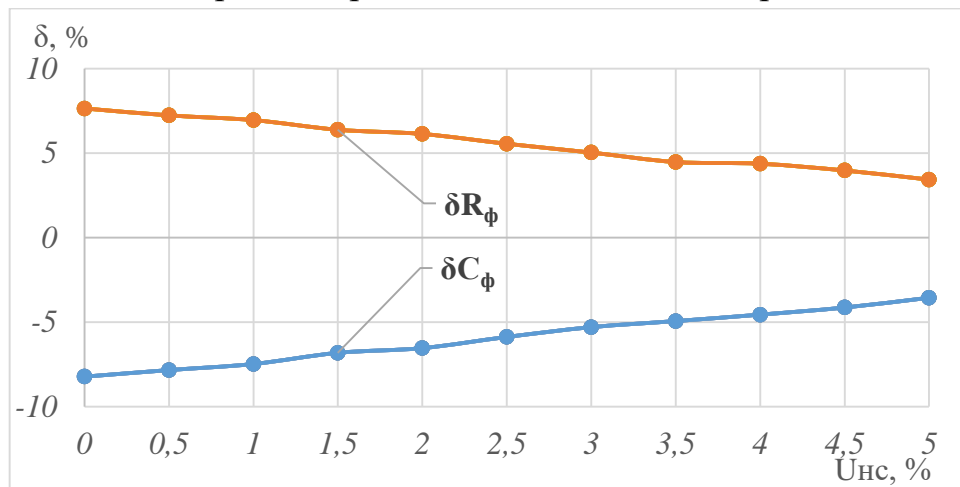


Рис. 7. Относительная погрешность δR_{ϕ} и δC_{ϕ} определение параметров изоляции с учетом несимметрии в сети

Выводы

Проведенные исследования на разработанной компьютерной модели показали, что при несимметрии в сети, а также при изменении величин и характера нагрузки погрешность в определении параметров изоляции не превышает 8 %. Подключение дополнительной ёмкости не приводит, практически, к перенапряжениям в сети, не создаёт опасной ситуации для персонала, а получаемые при этом данные хорошо совпадают с фактическими значениями. Выполненные исследования на компьютерной модели распределительной электрической сети с изолированной нейтралью позволили предложить методику определения параметров изоляции фаз сети относительно земли.

Литература

1. Сидоров А. И. Теория и практика системного подхода к обеспечению электробезопасности на открытых горных работах: Дис. ... докт. техн. наук. – Челябинск, 1993. – 444 с.
2. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности / Л.В. Гладилин, В.И. Щуцкий, Ю.Г. Бацежев, Н.И. Чеботаев. – М., Недра, 1977. – 327 с.
3. Электробезопасность на открытых горных работах / В.И. Щуцкий, А.М. Маврицын, А.И. Сидоров, Ю.В. Ситчихин. – М.: Недра, 1983. – 192с.
4. Электробезопасность на открытых горных работах / В.И. Щуцкий, А.И. Сидоров, Ю.В. Ситчихин, Н.А. Бендяк. – М.: Недра, 1996. – 266 с.

5. Бобоев, Х.Д. Параметры изоляции относительно земли в карьерных распределительных сетях горнодобывающих предприятий Республики Таджикистан / Х.Д. Бобоев, А.В. Богданов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 29-37. – DOI 10.14529/power210103.

6. Соболев В. Г. Электрическая изоляции рудничного электрооборудования. М.: Недра. – 1982. – 143 с.

7. Кутепов А. Г., Ляхомский А. В. Анализ Электротравматизма на предприятиях горной отрасли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. №S7. – С. 3 – 9.

8. Бобоев, Х.Д. Обеспечение безопасности в распределительных электрических сетях горнодобывающих предприятий Республики Таджикистан: специальность 05.26.01 «Охрана труда (электроэнергетика)»: диссертация на соискание ученой степени к. т. н / Бобоев Х. Д. – Челябинск, 2021. – 175 с.

9. Сидоров, А.И. Исследование погрешностей косвенного метода измерения параметров изоляции фаз сети относительно земли на имитационной модели / А.И. Сидоров, Х.Д. Бобоев // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 9. – С. 24–29. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-9.

10. Исследование косвенных методов определения параметров изоляции на компьютерной модели / А.И. Сидоров, Х.Д. Бобоев, Ю.В. Медведева, Ш.С. Саъдуллозода // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2021. – № 1. – С. 47–54. – DOI 10.25558/VOSTNI.2021.32.20.005.

11. Организация контроля изоляции в распределительной сети карьера «Таррор» / Х.Д. Бобоев, Ю.И. Аверьянов, А.В. Богданов, И.Л. Кравчук // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 57–65.

12. Петров О.А., Сидоров А.И., Сельницин А.А. Методика измерения емкостных токов однофазного замыкания на землю в электрических сетях напряжением 6...10 кВ. — Челябинск, 1990. — 24 с.

Сведения об авторах:

Бобоев Х.Д. – руководитель, к.т.н., ассистент кафедры «РЗиА», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Джамшедзода Б.Дж. – магистрант 1-го курса, группы 1-530104-03 Б кафедры «РЗиА», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Саидов С.Р. – магистрант 1-го курса, группы 1-530104-03 Б кафедры «РЗиА», ТТУ имени академика М.С. Осими

Абдуллозода Илхом Толибчон – асс. Каф. ХРваА Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон

ЧОРАБИНИҲОИ КАМ КАРДАНИ ТАЛАФОТИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР КОРХОНАҲОИ САНОАТӢ

Содиқов Ҷ.С., Собиров Х.Б., Ҳакимов А.А.
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон
Роҳбари илмӣ– н.и.т. Исмоилов Ф.О.

Тафсир. Дар мақола чорабиниҳои кам кардани талафоти энергияи электрикӣ ва мушкилиҳои сарфаи энергияи электрикӣ дар асоси таҳлили речаҳои шабакаҳои электрикӣ ва речаҳои кори дастгоҳҳои электрики дида мешаванд. Чорабиниҳои самарабахши кам кардани талафоти энергияи электрикӣ низ дида мешаванд.

Калидвожаҳо: трансформаторҳои қуввагӣ, талафоти энергияи электрикӣ, талафоти гашти холӣ, ҷуброни тавоноии реактивӣ, масрафи энергия.

MEASURES TO REDUCE THE LOSS OF ELECTRICITY IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

Annotation. In the article, measures to reduce the loss of electrical energy and the problems of saving electrical energy based on the analysis of the modes of electric networks and the modes of operation of electric devices are considered. Effective measures to reduce the loss of electrical energy are also seen.

Keywords: power transformers, electrical energy loss, no-load loss, reactive power compensation, energy consumption.

Талафоти тавоноии фаъол ва реактивӣ дар элементҳои асосии система сабабгорӣ пайдоиши талафоти энергияи электрикӣ дар системаи электротабминкунии корхонаҳои саноатӣ мегарданд.

Лоихасозии ва истифодабарии дурусти системаҳои электрикӣ метавонад на танҳо талафоти энергияро кам кунад, балки хароҷоти энергияро низ кам кунад. Чорабиниҳои камкунии талафоти энергияи электрикиро ба ду гурӯҳ тақсим карда мешаванд: техникӣ ва ташкилотӣ.

Чорабиниҳои ташкилотӣ одатан сарфи воситаҳои моддӣ, маводҳои иловагӣ ва меҳнатӣ барзиёдро талаб намекунанд.

Чорабиниҳои техникӣ бошад, ҳангоми амалисозӣ сарфи меҳнати зиёд, захираҳои иловагӣ ва маблағи калонро талаб мекунанд. Ҳамин тариқ, амалисозии чорабиниҳои техникӣ одатан тадбирҳои техникӣ зеринро талаб мекунанд:

- муносибгардонии схемаҳо ва речаҳои кори шабака
- ҷубронкунии тавоноии реактивӣ
- иваз кардани ноқилҳои хатҳои аз ҳад сербор

- иваз кардани трансформаторҳои изофабор ва камбор
- баробар кардани бори фаза дар шабакаҳои шиддаташон 0,4 кВ
- насби трансформаторҳои волтиловакунанда

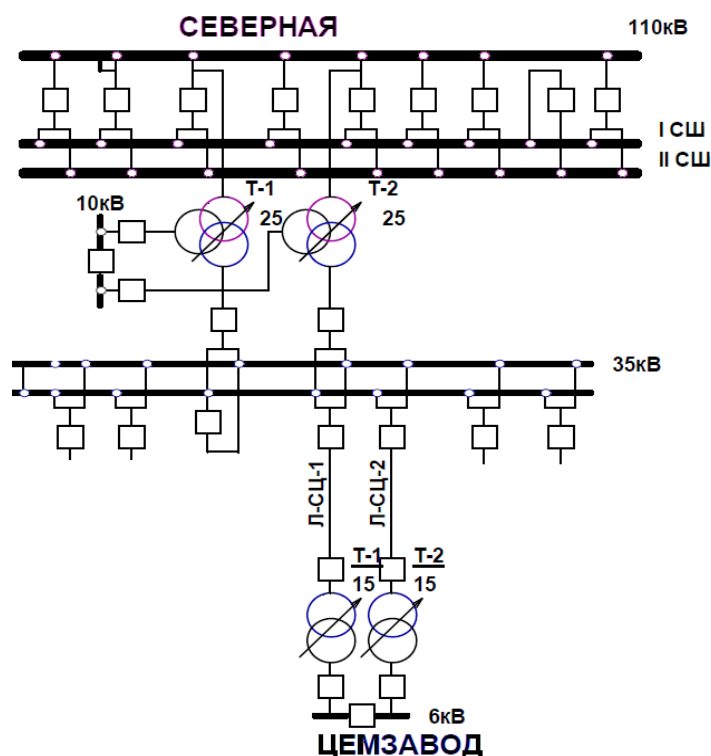
Ба сифати мисол корхонаи саноатии ҚСК “Тоҷиксемент”-ро гирем.

Талафоти энергияи электрикӣ дар корхонаи мазкур бо истифодаи 2 усул ба роҳ монда мешавад.

Роҳи якум ин аст, ки дар даромаду баромади шабакаи электрикӣ ҳисобкунакҳои электронӣ гузошта, фарқи нишондиҳандаҳо муайян карда шаванд. Дар ин марҳила талафоти тавоноӣ аз ҳисоби хатогиҳои ҳисобкунакҳои электронӣ, хатогии трансформаторҳои ченкунанда ва дигар факторҳо муайян карда мешаванд.

Роҳи дуюм — нишондиҳандаҳои ҳисобкунакҳои дар даромаду баромад гузошташударо истифода бурда тавассути усулҳои гуногуни ҳисобкунӣ талафоти энергияи электрикӣ муайян мекунем.

Талафоти тавоноӣ ва энергияи электрикӣ дар мисоли мисоли ҚСК “Тоҷиксемент”, ки тавассути зернеругоҳи асосии пасткунанда аз системаи электроэнергетикии Тоҷикистон “Северная” таъминот мегирад, дида мебароем. ки ба ҳисоби миёна дар як сол ба истеъмолкунандагони энергияи элеткрикӣ 6300 кВт ва 4600 кВар энергияи реактивӣ табдил дода мешавад. Тавассути 3Т ёрирасон дар як сол ба ҳисоби миёна 1036 кВт энергияи ғайбӣ ва 4600 кВар энергияи реактивӣ табдил дода шуд.



Расми 1. Схемаи электротаяминкунии берунаи ҚСК “Тоҷиксемент”.

Ҷадвали 1

Даромад	Баромад	ΔP кВт	ΔQ кВар	ΔW_a кВт·с	ΔW_p кВар·с
Сети 35 кВ	Ш-16Т1, Т2	92,712305	478,9774	794905,25	4522649,1
Сети 6 кВ	Зернеругоҳҳои гарсформаторӣ	111,481979	496,155996	1022046,195 6	3962949,501
Сумма		195,194284	975,153396	1766951,446	8835598,601

дар ин ҷо ΔP ва ΔQ талафоти тавоноии фаъол ва реактивӣ, ΔW_a ва ΔW_p талафоти энергияи электрии фаъол ва реактивӣ мебошанд.

Барои муайян кардани талафоти тавоноӣ ва энергияи электрии аз рӯи нишондодҳои ҳисобкунакҳои электронӣ усулҳои зерин истифода шуданд.

1. Усули бори миёна.
2. Усули борои максималӣ.

Дар корхонаи ҚСК “Тоҷиксемент” бо мақсади кам кардани талафоти энергияи электрии тавоноии реактивӣ аз ҳисоби зиёд кардани истеҳсоли тавоноии реактивӣ дар дохили схемаи электротаминкунии корхона карда мешавад. Ҷуброни тавоноии реактивӣ яке аз нишондиҳандаҳои асосӣ мебошад. Барои зернеругоҳҳои электрии калон ду роҳи кам кардани сарфи қувваи реактивии системаи энергетика мавҷуд аст. [1]

А) усули ташкилотӣ;

Пеш аз ҳама, усулҳои ташкилотиро ба назар гирифтани лозим аст, зеро онҳо хароҷоти иловагиро талаб намекунанд. Истеъмолкунандагони энергияи реактивӣ асосан муҳаррикҳои асинхронӣ, трансформаторҳо, конвертерҳо мебошанд ва вазифаҳои зерин бояд истеҳсол ва ҳал карда шаванд:

- а) Муайян кардани муҳаррикҳои камбор ва иваз кардани онҳо бо муҳаррикҳои камиқтидор, таҳлил ва тағйир додани схемаҳои пайвастишавӣ;
- б) паст кардани шиддат барои муҳаррикҳои хурд;
- в) аз рӯи графикаи додасуда азназаргузарониҳои техникаҳои муҳарриқхоро гузаронанд.
- г) Коҳиш додани шароити беборкунӣ ҳангоми кори трансформаторҳо ва моторҳо.
- д) Иваз кардани муҳаррикҳои асинхронии ба синхронӣ бе таъсири манфӣ ба раванди технологӣ.

В) Истифодаи воситаҳои ҷубронкунӣ.

Кам кардани талафоти барқро тавассути таҳлили ҳолати корӣ ва ҷуброн кардани тавоноии реактивӣ ба андозаи зарурӣ, инчунин ҷойгиркунии оптималии дастгоҳҳои ҷубронкунанда ба даст овардан мумкин аст.

Аз сабаби ҷойгиркунии оптималии агрегатҳои конденсаторҳо ва ҷуброни тавоноии реактивӣ талафоти энергияи барқ кам шуда,

Дар натиҷаи дигаргунсозӣ сифати энергияи электрикӣ 1,4 Ҷоиз афзуд, самарайи речаҳои кор афзуд. Дар корхонаи таъминоти дохилии энергия тавоноии аз системаи энергетикаи додасуда 26 ҳазор кВар кам шуд. Зариби тавоноии реактивӣ то $\text{tg}\varphi = 0,35-0,4$ кам шуд ва омили қувваи Ҷаёл ба $\cos\varphi = 0,93-0,96$ зиёд шуд.

Тадқиқот оид ба сарфаи энергия нишон дод, ки дар баъзе соҳаҳои саноат истифодаи бурдани таҷҳизоти басомадҳои натиҷаҳои мусбат дод. Ҳангоми истифодабарии конвертерҳои басомад 5000 кВт·с сарфаи кардан мумкин буд.

- Кам кардани талафоти Ҷаёли қувваи барқ.
- Муҳофизат аз зарарҳои гуногун.
- Имконияти тағйир додани суръати гардиши муҳаррикҳо.
- Муҳлати истифодабарии муҳаррикҳоро зиёд мекунад.

Лоихасозии дуруст ва истифодаи системаҳои электрикӣ метавонад на танҳо талафоти энергияро кам кунад, балки хароҷоти энергияро кам кунад. Талафоти энергия дар натиҷаи мавҷудияти трансформаторҳо ҳатто ҳангоми мавҷуд набудани бор ба амал меояд. Таҷҳизоти истифоданашуда бояд хомӯш карда шавад. Истифодаи трансформатор боиси талафи энергия мегардад. Бо интиҳоби дурусти таҷҳизот ва шиддати корӣ шумо метавонед шумораи трансформаторҳои лозимро кам кунед ва талафоти энергияро кам кунед. [2]

Баъзе сабабҳои талафоти энергияи электрикӣ маълуманд – ин зарби камии тавоноӣ ва афзоиши ҷаримаҳои аз ҷониби ширкатҳои таъминкунандаи энергияи электрикӣ метавонад боиси афзоиши талафоти энергияи электрикӣ ва арзиши интиқоли нерӯи барқ гардад. Тадқиқоти системаи энергетикӣ, инчунин имкониятҳои истифодаи бурдани конденсаторҳо барои тағйир додани қиматҳои зарби тавоноӣ Ҷаёлро омӯхтан лозим аст.

Зариби бордоршавӣ як хусусиятест, ки қобилияти корхонаро барои самаранок истифодаи бурдани нерӯи барқ тавсиф мекунад. Кам кардани бор, ки имконият медиҳад, ки ин таносуб бе паст кардани дараҷаи истеҳсолот ба ягонагӣ наздик карда шавад, боиси баланд шудани самарайи кори корхона мегардад.

Литература

1. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. - М.: НУ ЭНАС, 2002. - 280с.

2. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 176с.

3. Справочник по электрическим машинам под общей редакцией Копылова И. П. и Б. К- Клокова в двух томах. Москва. Издательство Энергоатомиздат, 1988 год.

Маълумот оид ба муаллифон:

Содиқов Ч. С. – магистранти курси 2 гурӯҳи 430103Б кафедраи электротаминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ.

Исмоилов Ф.О. – н.и.т. и.в.дотсенти кафедраи электротаминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ.

Собиров Х.Б. – магистранти курси 2 гурӯҳи 430103Б кафедраи электротаминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ.

Ҳакимов А.А. – донишҷӯи курси 4, гурӯҳи 430103-01Б кафедраи электротаминкунӣ, ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ В СЕТИ 6-10 КВ

Бобоев Х.Д., Саидов С.Р., Джамшиедзода Б.Дж. Сайфиддинзода О.
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
E-mail: khboboev-93@mail.ru.

Аннотация. Если в процессе эксплуатации электрооборудования выявлять участки, в которых наблюдается стойкое снижение уровня изоляции и заблаговременно выводить их в ремонт, то можно значительно повысить надёжность электроснабжения и безопасность эксплуатации. Для решения данной задачи в статье предлагается, разработанная нами система контроля изоляции (СКИ). Полученные результаты показали, что при номинальной нагрузке в сети или близкой к ней погрешность определения сопротивления изоляции не превышает 20 %.

Ключевые слова: распределительные электрические сети, система контроля параметров изоляции относительно земли.

ISOLATION MONITORING SYSTEM IN THE NETWORK 6-10 KV

Abstract. If during the operation of electrical equipment, it is possible to identify areas in which there is a persistent decrease in the level of insulation and take them out for repair in advance, then it is possible to significantly increase the reliability of power supply and operational safety. To solve this problem, the article proposes the insulation control system (ICS) developed by us. The results obtained showed that at the rated load in the network or close to it, the error in determining the insulation resistance does not exceed 20%.

Key words: distribution electrical networks, insulation parameters monitoring system relative to the ground.

Горнодобывающая отрасль является одними из крупнейших объектов потребления электроэнергии и требуют значительных площадей для размещения подстанций и распределительных электрических сетей (РЭС), питающих оборудование и установки. Сеть распределения электроэнергии на предприятии должна обладать высокой надёжностью, эффективностью и безопасностью [1, 2]. На горнодобывающих предприятиях из года в год внедряются новые машины, механизмы и аппараты, все большее распространение получает диспетчеризация и автоматизация основанных технологических простецов, которая не допускает перерывов в электроснабжении [3]. Перерыв в таких установках приводит к нарушению технологического режима, а в отдельных случаях может привести к пожарам или взрывам.

В связи с этим надежность и бесперебойность работы систем электроснабжения в горнодобывающих отраслях зависят от уровня сопротивления изоляции РЭС и их отдельных элементов. Рационально организованное наблюдение за состоянием изоляции РЭС и своевременное обнаружение неполадок является одной из основных мер, позволяющих предотвратить поражения электрическим током и поддержать безопасное электропитание оборудования.

Состояние изоляции электроустановок с изолированной нейтралью является определяющим фактором их надежной эксплуатации. Особую актуальность этот вопрос приобретает для специальных электрических сетей (горные предприятия, нефтегазовые предприятия и др.) с тяжелыми условиями работы электрооборудования. Организация технически грамотной эксплуатации таких сетей требует определения трех параметров изоляции сети относительно земли (полной, активной и емкостной) [4-6].

Непрерывный контроля сопротивления изоляции в РЭС с изолированной нейтралью способствует повышению уровня электробезопасности электроустановок и надежности электроснабжения потребителей, поскольку позволяет своевременно выявить снижение сопротивление изоляции и тем самым предупредить аварии в электроустановках [7,8].

На рис. 1 приведена классификация известных схем непрерывного контроля изоляции, проведенная на основе анализа литературных источников [1-5].



Рис. 1 Классификация известных систем непрерывного контроля изоляции

Отметим, что наиболее распространенной в настоящее время в сетях 6 – 35 кВ является схема 3-х вольтметров, подключаемых к сети через трансформатор напряжения типа НТМИ. Достоинства и недостатки этой

схемы общеизвестны. Поэтому можно утверждать, что с помощью такой схемы выявляются только случаи пробоя изоляции, т.е. свершившееся событие. Последнее не позволяет своевременно выявлять начало процесса снижения уровня изоляции, а следовательно, и управлять состоянием изоляции в РЭС.

Существующие системы определения сопротивления изоляции фаз сети относительно земли обладают существенных недостатков. Большую часть из них (фиксация снижения, а не определения величины сопротивления изоляции, не обладают селективным действием, требуется установка дополнительного высоковольтного оборудования, могут влиять на качество электроэнергии) можно устранить, используя способ определения сопротивления изоляции фаз сети относительно земли, основанный на измерении режимных параметров в сети. Для распределительных сетей промышленных предприятий нами предлагается система контроля изоляции (СКИ), теоретические основы построения которой изложены в [1].

Система контроля изоляции, содержащая два измерительных блока, причём первый из них, установленный в начале линии, подключен к трёхфазному трансформатору напряжения, например, типа НТМИ, а второй, установленный в конце линии, также подключен к аналогичному трансформатору напряжения и, кроме того, к трансформаторам тока, установленным в каждой фазе, первый выход первого измерительного блока подключен к первому входу вычислительного блока, а первый и второй выходы второго измерительного блока соответственно ко второму и третьему входу вычислительного блока, выход которого подключен к информационному блоку, Текущее значение параметров изоляции выводится на дисплей ИН (рис. 2). При возникновении однофазных замыканий на землю работа системы контроля изоляции блокируется .

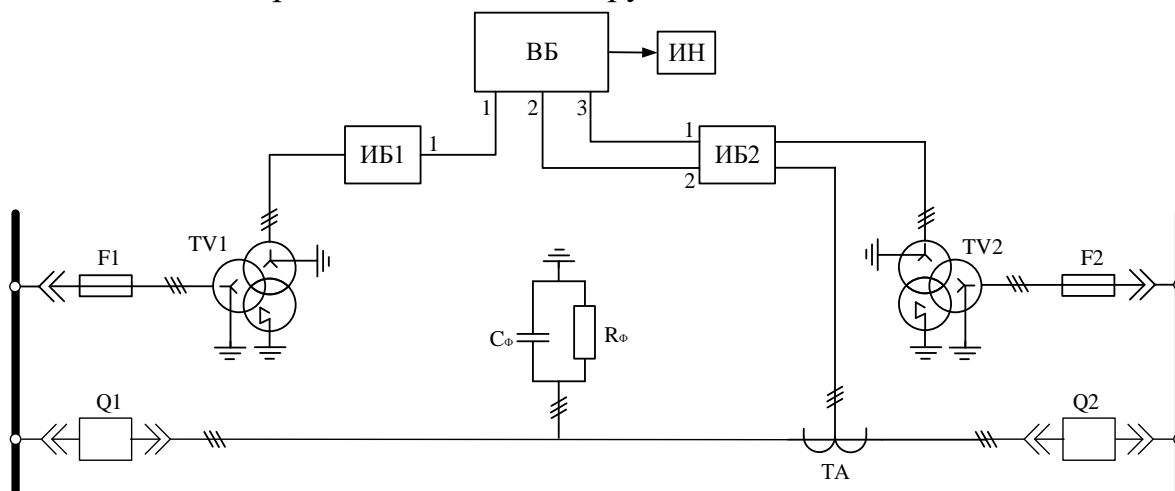


Рис. 2 Работа системы контроля изоляции

Для практического исследования разработанной СКИ, а также проверки ее работоспособности и получения дополнительных сведений о работе СКИ нами была рассмотрена схема одной из линий с нагрузкой. Следует отметить, что основу составляет компьютерная модель, разработанная на кафедре «БЖД» ЮУрГУ [9, 10].

Исследование погрешностей предложенной СКИ заключается в раскрытии зависимостей величин установленного полного сопротивления изоляции сети относительно земли от несимметрии в ней, а также величины и вида нагрузки.

Результаты проверки приведены в таблице 1. Из данной таблицы следует, что с уменьшением нагрузки в сети погрешность определения полной сопротивлении изоляции фаз сети относительно земли увеличивается. При номинальной нагрузке в сети (от 90 % до 110%) погрешность определения полной сопротивлении изоляции не превышает 20%. Следует отметить, что при минимальной нагрузке относительная погрешность может достигать 90%. Необходимо особо отметить, что наличие несимметрии в сети практически не влияет на результаты измерений.

Таблица 1 Результаты исследования работы системы контроля изоляции на компьютерной модели карьерной распределительной сети (Z_{ϕ} в модели 39,548 к Ом)

Нагруз- ка в сети %	Активная нагрузка в сети		Реактивная нагрузка в сети		Полная нагрузка в сети	
	Получен- ные при измерени ях	Погре- ш- ность	Получен- ные при измерени ях	Погреш- ность	Получен- ные при измерени ях	Погреш- ность
	Z_{ϕ} , кОм	δ , %	Z_{ϕ} , кОм	δ , %	Z_{ϕ} , кОм	δ , %
10	511	-92,2	854,2	-95,4	438,625	-91
20	268	-85,2	422,33	-90,6	220,39	-82
30	172,842	-77,12	280,62	-86	147,177	-73,13
40	129,918	-69,55	210,15	-81,2	110,546	-64,2
50	104	-62	167,9	-76,44	88,522	-55,3
60	86,84	-54,4	139,82	-71,7	73,84	-46,4
70	74,5	-47	119,79	-67	63,337	-37,5

80	65,26	-39,4	104,77	-62,2	55,452	-28,7
90	58,06	-33	93,08	-57,5	49,328	-20
100	52,29	-24,3	83,75	-52,77	44,427	-11
110	47,54	-16,8	76,12	-48	40,41	-2,13
120	43,64	-9,3	69,76	-43,3	37,065	7
130	40,3	-1,8	64,34	-38,5	34,236	15,5
140	37,45	5,6	59,78	-33,8	31,81	24,3

Выводы

Применение СКИ позволит своевременно выявлять участок сети, на котором наметилась тенденция снижения сопротивления изоляции и отключать этот участок от источника питания до возникновения аварийной ситуации, что дает возможность исключить воздействие на изоляцию всей электрически связанной сети перенапряжений, возникающих при ОЗЗ. Тем самым обеспечивается ликвидация указанных ранее причин снижения уровня изоляции. СКИ позволяет селективно контролировать изоляцию участков сети. Опрос участков выполняется циклически и при обнаружении снижения сопротивления изоляции какого-либо участка ниже установленного уровня соответствующая информация появляется на блоке отображения, при дальнейшем снижении – система отключает аварийный участок.

Литература

1. Сидоров А. И. Теория и практика системного подхода к обеспечению электробезопасности на открытых горных работах: Дис. ... докт. техн. наук. – Челябинск, 1993. – 444 с.
2. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности / Л.В. Гладилин, В.И. Щуцкий, Ю.Г. Бацежев, Н.И. Чеботаев. – М., Недра, 1977. – 327 с.
3. Электробезопасность на открытых горных работах / В.И. Щуцкий, А.М. Маврицын, А.И. Сидоров, Ю.В. Ситчихин. – М.: Недра, 1983. – 192с.
4. Электробезопасность на открытых горных работах / В.И. Щуцкий, А.И. Сидоров, Ю.В. Ситчихин, Н.А. Бендяк. – М.: Недра, 1996. – 266 с.
5. Бобоев, Х.Д. Параметры изоляции относительно земли в карьерных распределительных сетях горнодобывающих предприятий Республики

Таджикистан / Х.Д. Бобоев, А.В. Богданов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 29-37. – DOI 10.14529/power210103.

6. Соболев В. Г. Электрическая изоляции рудничного электрооборудования. М.: Недра. – 1982. – 143 с.

7. Кутепов А. Г., Ляхомский А. В. Анализ Электротравматизма на предприятиях горной отрасли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. №S7. – С. 3 – 9.

8. Бобоев, Х.Д. Обеспечение безопасности в распределительных электрических сетях горнодобывающих предприятий Республики Таджикистан: специальность 05.26.01 «Охрана труда (электроэнергетика)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бобоев Хуршедшох Давлаталиевич. – Челябинск, 2021. – 175 с.

9. Сидоров, А.И. Исследование погрешностей косвенного метода измерения параметров изоляции фаз сети относительно земли на имитационной модели / А.И. Сидоров, Х.Д. Бобоев // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 9. – С. 24–29. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-9-24-29.

10. Организация контроля изоляции в распределительной сети карьера «Таррор» / Х.Д. Бобоев, Ю.И. Аверьянов, А.В. Богданов, И.Л. Кравчук // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 57–65. DOI: 10.14529/power210407.

Сведения об авторах:

Бобоев Х.Д. – руководитель, к.т.н., ассистент кафедры «РЗиАЭ», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Джамшедзода Б.Дж. – магистрант 1-го курса, группы 1-530104-03 Б кафедры «РЗиАЭ», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Саидов С.Р. – магистрант 1-го курса, группы 1-530104-03 Б кафедры «РЗиАЭ», ТТУ имени академика М.С. Осими

Сайфиiddинзода О. – PhD докторант кафедры «РЗиАЭ», ТТУ имени академика М.С. Осими

СЕКЦИЯ – 2

**ГИДРОЭНЕРГЕТИКА, ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ
ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ**

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ - ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

¹Шарипов С.Р., ¹Абдуллаев С. Ф., ²Рахимов С.Т., ²Розикова М.Т.,
²Холов Р.С.

¹ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ; ²Таджикского аграрного университета
им. Ш. Шотемур

E-mail: safarali.r.sharipov@mail.ru

***Аннотация.** Атмосферные частицы – аэрозоли – являются одними из ключевых компонентов атмосферы. Они влияют на энергетический баланс земной поверхности, видимость, климат, здоровье человека и окружающую среду в целом. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), озон, твердые частицы, вещества, тяжелые металлы и некоторые углеводороды представляют собой приоритетные загрязнители тропосферы. Прямое и косвенное воздействие атмосферного аэрозоля на климатическую систему и эпидемиологические исследования и их причинная взаимосвязь между частицами и воздействием на здоровье. Обсуждается также воздействие аэрозолей на облака.*

***Ключевые слова:** аэрозоль; Здоровье; Экологические последствия*

HEALTH AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ATMOSPHERIC AEROSOLS - CLIMATE CHANGE

***Abstract:** Atmospheric particles - aerosols - are one of the key components of the atmosphere. They affect the energy balance of the earth's surface, visibility, climate, human health and the environment in general. According to the World Health Organization (WHO), ozone, particulate matter, heavy metals and some hydrocarbons are priority pollutants in the troposphere. Direct and indirect effects of atmospheric aerosol on the climate system and epidemiological studies and their causal relationship between particles and health effects. The effect of aerosols on clouds is also discussed.*

***Keywords:** aerosol; Health; Environmental consequences.*

Атмосферные аэрозоли состоят из очень мелких частиц, микроскопических частиц в атмосфере, которые поступают из двух разных источников. Один из них имеет человеческое происхождение от таких вещей, как сжигание ископаемого топлива, а другой - естественные аэрозоли, которые образуются от таких вещей, как переносимая ветром пыль или морская соль от прибоя. Существуют различные типы взвешенных твердых частиц в воздухе (аэрозоли), такие как сажа (сажа), органические вещества, морская пыль, морская соль и сульфаты из оксидов серы и нитраты из оксидов азота. Аэрозоли были названы SPM (взвешенные частицы) в управлении по охране окружающей среды, которые можно классифицировать как PM10 (определяется как эффективность улавливания 50% при аэродинамическом

диаметре 10 мкм) или PM 2,5. Как видно из того, что основной причиной астмы йоккайти были сульфатные аэрозоли, они поражают органы дыхания. PM2,5 также могут попадать в кровь из легких, что приводит к сердечно-сосудистым заболеваниям. Аэрозоли также ухудшают видимость, что можно понять из туманного загрязнения воздуха[1].

Атмосферные частицы представляют собой сложную смесь органических и неорганических веществ, взвешенных в атмосфере как в жидком, так и в твердом виде, и охватывают очень широкий диапазон от нескольких нанометров в диаметре до 100 и более мкм. Они различаются также по форме, химическому составу и оптическим свойствам. Размер частиц является одним из ключевых параметров, определяющих перенос и удаление частиц из воздуха, их осаждение в дыхательной системе и связан с химическим составом и источниками. Размеры некоторых типичных атмосферных частиц представлены в таблице 1. (Tasić et al., 2006)

Таблица 1.

Размеры некоторых типичных атмосферных частиц

Описание	Примеры
Очень маленький от 0,01 до 5 (мкм)	Пигменты краски, Табачный дым, Пыль, Частицы морской соли.
Больше от 5 до 100 мкм	Цементная пыль, переносимая ветром земляная пыль, литейная пыль, пылевидный уголь, измельченный цветок.
Жидкость (туман) от 5 до 10 000 мкм	Туман, смог, мгла, капли дождя.
Биологического происхождения от 0,001 до 0,01 мкм	Вирусы, Бактерии, Пыльца, Споры
Химического образования от 0,001 до 100 мкм	Атмосферный диоксид серы окисляется с образованием серной кислоты; кислота притягивает атмосферную воду, образуя мелкие капли (дымка). Оксиды металлов образуются при сжигании топлива, содержащего металлы.

Размер зародышевых частиц составляет от 1 до 20 нм. Источниками являются различные газофазные соединения-прекурсоры, как природные (растения), так и антропогенные. Часто встречается вблизи оживленных дорог, а также в сосновых лесах. Образуются в результате фотоокисления газообразных транспортных или промышленных выбросов или органических выбросов сосен. Внешний вид предположительно сферический и жидкий. Время жизни несколько часов. Размер около 100 - 400 нм. Источники разнообразны: образуются в результате химических процессов в атмосфере

($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3$) → вторичные газы-прекурсоры аэрозолей: SO_2 при сжигании ископаемого топлива, NH_3 в промышленности и сельском хозяйстве. Внешний вид компактный, белый. Срок службы около недели. Другими свойствами является высокая растворимость в воде, эффективная для образования облаков, обычно во внутренней смеси с другими вторичными соединениями (NH_4NO_3 , органика)[1-5].

Морская соль: Основным механизмом выброса частиц морской соли является лопание пузырьков воздуха на поверхности моря. Размер частиц варьируется от 200 нм до примерно 10 мкм. Источниками являются испарения морских брызг, образующиеся в результате лопающихся пузырей или волн, вызванных ветром. Внешний вид компактный, белый. Срок службы от часов до нескольких дней. Другие свойства состоят в основном из NaCl (хлорид натрия), а также NO_3^- , K^+ , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} ; хорошо растворяется в воде, эффективен при образовании облаков и не оказывает вредного воздействия на здоровье[1-4].

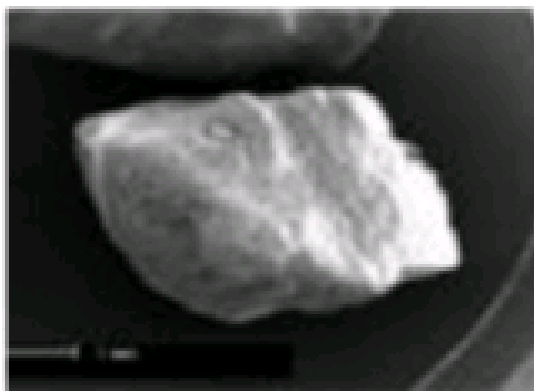


Рис.1. Частицы морской соли

Цветочная пыльца

Размер: от 3 до 100 мкм. Источники: растения и растительный материал. Внешний вид: множество различных форм. Срок службы от часов до дней. Пыльца эффективно удаляется осаждением. Другими свойствами являются низкая растворимость в воде, проблемы со здоровьем у людей, страдающих аллергией (сенная лихорадка) и ледяные ядра.

Влияние частиц на здоровье: Воздействие переносимых по воздуху частиц на здоровье (эпидемиология как основной триггер); воздействие на свойства атмосферы; снижение видимости; образование тумана и осадки; снижение солнечной радиации; изменение температуры и распределения ветра (например, изменение климата); воздействие на материалы; воздействия на растительность. Воздействие частиц на здоровье – редко с прямыми доказательствами механизма. В целом вдыхание переносимых по воздуху частиц способствует повышенной смертности и заболеваемости (не все неблагоприятные последствия приводят к смерти). Конкретные «конечные точки» здоровья включают: снижение функции легких; усиление респираторных симптомов, таких как кашель, одышка, свистящее дыхание и

приступы астмы; хроническое обструктивное заболевание легких; сердечно-сосудистые заболевания (диффузия по эпителию альвеол, изменения свертываемости крови); Рак легких[1-7].

Заключение

Основными источниками взвешенных частиц являются дорожное движение, электростанции, местное отопление и повторная взвесь пыли. Чтобы предсказать будущие тенденции в атмосферной нагрузке аэрозолей в результате глобальных изменений, мы должны сначала иметь возможность количественно оценить чувствительность аэрозольной атмосферной нагрузки.

Литература

1. Sharma Amit S, et. al., 2013: Influence of atmospheric aerosols on health and environment-climate change. Int. J. of Life Sciences, 2013, Special Issue, A1: 115-120
2. Albrecht B., 1989: Aerosols, cloud microphysics, and fractional cloudiness. Science 245:1227-1230.
3. Atwater M., 1970: Planetary albedo changes due to aerosols. Science 170(3953):64-66.
4. Charlson R.J. and Heintzenberg J. (1994). Aerosols forcing of climate. 183-193.
5. Charlson R. and M. Pilat, (1969): Climate: Influence of aerosols. J. Appl. Meteorol. 8:1001-1002.
6. Charlson R., J. Langner, and H. Rodhe, 1990: Sulfate aerosol and climate. Nature, 348:22.
7. Colbeck I. (ed.) 1998; Physical and Chemical Properties of Aerosols; Chapman & Hall; Cholester – UK.

Сведения об авторах:

Шарипов С.Р. Аспирант. ФТИ им. С. У. Умарова НАН Таджикистан 734063, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1.

Абдуллаев С. Ф. д.ф.-м.н., проф. ФТИ им. С. У. Умарова НАН Таджикистан 734063, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1.

Рахимов С.Т. Старший преподаватель кафедры физики Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур, 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 146

Розикова М.Т. Ассистент кафедры физики Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур, 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 146

Холов Р.С. Старший преподаватель кафедры физики Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур, 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 146

РАСЧЕТ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Гаюров Б.А., Бобозода Ш.А., Раджабов Д.Р.

Научный руководитель – Ахъёев Дж.С.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы эффективности применения установок отбора тепла потерь силовых трансформаторов для теплоснабжения организаций непроизводственной сферы.*

***Ключевые слова:** мощность, трансформатор, затраты, потребление, оптимизация.*

CALCULATION AND FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF THE HEAT OF TRANSFORMERS AT ENTERPRISES

***Annotation.** The article deals with the issues of efficiency of application of installations for extracting heat losses of power transformers for heat supply of organizations in the non-productive sphere.*

***Keywords:** power, transformer, costs, consumption, optimization.*

Введение

Привлекательность режимно-эксплуатационных и организационно-экономических мероприятий состоит в том, что многие из них могут быть осуществлены вообще без капитальных затрат или с очень небольшими затратами и практически с немедленным получением эффекта. Например, на предприятиях возможно внедрение большего числа мероприятий по экономии топлива и энергии, затраты на которые окупятся за несколько месяцев. Одним из них является использование тепла потерь силовых трансформаторов.

Эффективность от применения установок отбора тепла потерь силовых трансформаторов заключается в снижении расхода электроэнергии на собственные нужды подстанции. По литературным данным для различных схем отбора теплоты характерны следующие сроки окупаемости:

- устройства отбора с применением теплового насоса – от 10 до 15 лет;
- устройства отбора без теплового насоса от 1,5 до 3 лет.

Эффективность применения устройств отбора теплоты достигает нижних пределов при загрузке трансформаторов ниже 40%, длительности отопительного сезона 2000 – 3000 часов в год, а также при использовании тепловых насосов, вследствие высокой стоимости оборудования, и большого срока окупаемости.

Стоимость расхода электроэнергии на собственные нужды составляет 0,851 руб/кВтч.

Учитывая, что в течение всего отопительного сезона, а это 8 месяцев в году при отборе теплоты будут работать масляный циркуляционный насос мощностью 2,8 кВт и водяной насос мощностью 2,2 кВт. Годовая продолжительность отопительного сезона составляет 5760 часов. Годовое чистое сбережение:

$$B = S \cdot E,$$

где $S = \Delta \mathcal{E}$ – сбереженная за год энергия

$$\Delta \mathcal{E} = (P_3 - P_C) \cdot n_0 \cdot C_9$$

где P_3 – мощность источников тепла (электрокотлов, электронагревателей), замещаемая утилизированным теплом автотрансформатора, кВт;

P_C – собственное потребление мощности устройством отбора теплоты, кВт;

n_0 – продолжительность отопительного сезона, ч;

$$\Delta \mathcal{E} = (38,2 - 5) \cdot 5760 = 191,232 \text{ кВт/руб.}$$

E – стоимость единицы электроэнергии, руб/(кВтч)

Общее снижение годовых затрат на отопление составит:

$$B = S \cdot E = 191232 \cdot 0,851 = 163885,82 \text{ руб}$$

Стоимость устройства отбора теплоты (УОТТ) с теплообменником без теплового насоса, с учетом расходов на эксплуатацию и ремонт, согласно [10] составляет:

$$Z_{\text{УОТТ}} = 110 \text{ тыс. руб.}$$

Для отопления в здании общеподстанционного пункта управления ПС-220 кВ установлено 130 нагревательных приборов типа М140-АО стоимостью 1500 рублей/шт.

Таким образом, общие капитальные затраты установки отбора тепла составят:

$$I_0 = 305 \text{ тыс.руб.}$$

Сроки окупаемости устройства отбора теплоты трансформаторов, при этом будут:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I_0}{B},$$

где I_0 – суммарные капитальные затраты;

B – годовой экономический эффект;

$$T_0 = \frac{305000}{163885,82} = 1,9 \text{ года.}$$

Рассчитаем чистый дисконтированный доход (ЧДД). Он равен разности

между текущей ценностью потока будущих доходов или выгод и текущей ценностью потока будущих затрат на осуществление, эксплуатацию и техническое обслуживание проекта на всем протяжении срока его жизни. ЧДД можно рассматривать как текущую ценность потока доходов или выгод от сделанных капиталовложений. В случае, когда чистые годовые сбережения постоянны, ЧДД определяется по выражению:

$$\text{ЧДД} = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0,$$

где r – реальная процентная ставка (с учетом инфляции):

$$r = \frac{n_r - b}{1 + b} = \frac{0,15 - 0,11}{1 + 0,11} = 0,036,$$

где n_r – номинальная процентная ставка (соответствует депозитной процентной ставке банка, принимаем равной $n_r = 15\%$)

b – средний уровень инфляции (принимаем равным $b = 11\%$)

n – экономический срок службы мероприятия (принимаем $n = 10$ лет)

$$\text{ЧДД} = 163885,82 \cdot \frac{1 - (1 + 0,036)^{-10}}{0,036} - 305000 = 1051,129 \text{ тыс.руб.}$$

Многие энергосберегающие мероприятия, имеющие одинаковый срок окупаемости дают разную прибыль при их внедрении, поэтому для распределения мероприятий по прибыльности необходимо определить индекс доходности, который представляет собой отношение чистого дисконтированного дохода к общим инвестициям:

$$\text{ИД} = \frac{\text{ЧДД}}{I_0}$$
$$\text{ИД} = \frac{1051,129}{305} = 3,45.$$

Стоимость устройства отбора теплоты с применением теплового насоса, с учетом расходов на эксплуатацию и ремонт, составляет, согласно:

$$Z_{\text{отт}} = 230 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, общая стоимость установки отбора тепла составит

$$I_0 = 1030,2 \text{ тыс.руб.}$$

Сроки окупаемости устройства отбора теплоты трансформаторов при этом будут:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1030200}{163885,82} = 6,3 \text{ года.}$$

Рассчитаем чистый дисконтированный доход:

$$ЧДД = 163,88582 \cdot \frac{1 - (1 + 0,036)^{-10}}{0,036} - 1030,2 = 323,93 \text{ тыс.руб.}$$

Индекс доходности ИД:

$$ИД = \frac{323,93}{1030,2} = 0,314$$

Из приведенных расчетов можно сделать вывод, что мероприятие по отбору тепла от трансформаторов прибыльное, а также срок окупаемости этих мероприятий меньше 10 лет.

Заключение

На основании произведенных расчетов мы видим, что срок окупаемости устройства отбора теплоты без применения теплового насоса составит около 1,9 лет. Устройство отбора теплоты с применением теплового насоса может быть применено при вдвое большем энергопотреблении. Срок окупаемости при этом составит около 6,3 лет.

Литература

- 1 Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. – 344 с.
2. Гусар Ф.Г., Отбор тепла силовых трансформаторов // Энергетика и электрификация, 1999. №9 С 38-40.
3. Трансформаторы силовые масляные с системами охлаждения М и Д. Тепловой расчет обмоток / РД 16424-88. Запорожье: ВИТ, 1988.
4. Мезенцев А.П. Основы расчета мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива. – Л.: Энергоатмиздат, 1984.
5. Егорычев А.П., Лисиенко В.Г., Розин С.Е., Щелоков Я.М. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. – М.: Металлургия, 1990.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. UNIDO, 1994.

Сведения об авторах:

Гаюров Б.А. – старший преподаватель кафедры «Электроэнергетики» ДФНИУМЭИ, г. Душанбе.

Бобозода Ш.А. – ассистент кафедры «Электрические станции» Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Раджабов Д.Р. – магистрант 2-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ МЕЖДУ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫМИ СИНХРОННЫМИ ВЕТРОАГРЕГАТАМИ И ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРАМИ

Джалилов Р.А.

ТТУ имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: drustam@mail.ru

Аннотация. В работе представлено распределение активной мощности между асинхронизированными синхронными генераторами и дизель генераторами, работающими на автономную нагрузку. Показано, что распределения активной мощности между асинхронизированным синхронным ветроэлектрическим генератором и дизель-генератором практически идентичны таковым при параллельной работе синхронных ветроэлектрических и дизель-генераторов.

Ключевые слова: ветроэлектрический генератор, дизель генератор, моментно-скоростные характеристики, скорость ветра, распределение мощности.

DISTRIBUTION OF ACTIVE POWER BETWEEN ASYNCHRONIZED SYNCHRONOUS WIND UNITS AND DIESEL GENERATORS

Annotation. The article presents the distribution of active power between asynchronous synchronous generators and diesel generators operating on an autonomous load. It is shown that the distribution of active power between an asynchronous synchronous wind power generator and a diesel generator is almost identical to those in parallel operation of synchronous wind power and diesel generators.

Keywords: wind power generator, diesel generator, moment-speed characteristics, wind speed, power distribution.

Распределение активной мощности между параллельно работающими генераторами определяется, как известно, статическими характеристиками $\omega=f(P)$, характеризующими чувствительность изменения частоты (ω) напряжения системы к изменению мощности P турбины каждого из генераторов. Моментно-скоростные характеристики типового оборудования (гидро и паровых турбин, дизелей и т.д.) с достаточной для практики точностью, представляют собой прямые, тангенс угла наклона которых, именуемый статизмом регулирования, мало зависит от коэффициента саморегулирования и в первом приближении оценивается величиной $1/K_{\omega\omega}$ ($K_{\omega\omega}$ – коэффициент регулирования по каналу частоты).

Аналогичные характеристики ветровых турбин имеют ряд особенностей, связанных не только с существенной нелинейностью зависимостей коэффициента использования энергии ветра от частоты

вращения агрегата, но и с заметными изменениями последней во времени, с которыми нельзя не считаться при изучении параллельной работы.

Аналитическое определение коэффициента ξ , входящего в выражение (1), для каждого конкретного колеса и режима его работы достаточно сложно, а в ряде случаев (особенно при малых и срывных режимах обтекания крыла) не дает высокой точности. В этой связи при определении используют, как правило, аэродинамические характеристики, полученные в результате продувки ветроколес в аэродинамических трубах.

Применение асинхронизированных синхронных ветроэлектрических генераторов либо обычных генераторов с преобразователями частоты в цепях статора позволяет в значительной мере улучшить коэффициент использования скорости ветра при скоростях ветра, отличных от расчетной, а вместе с тем и выработку ими электроэнергии. Несмотря на то, что выводы о целесообразности применения агрегатов с переменной частотой вращения носят разноречивый характер, действующие ветроэлектрические генераторы оснащены асинхронизированной синхронной машиной. Получили распространение и преобразователи частоты, устанавливаемые в цепях статора ветроэлектрических генераторов.

Исследования были проведены применительно к схеме, содержащей эквивалентные ветроэлектрический генератор (асинхронизированный синхронный либо синхронный с преобразователем частоты в цепи статора) и дизель-генератор, работающие на нагрузку, мощность которой не зависит от частоты напряжения. Будем полагать, что при расчетной скорости ветра $u = u_p$ статизм регулирования дизеля равен $S=0,03$, а максимальная мощность $P_{н max}$ нагрузки распределяется между параллельно работающими генераторами в соответствии с соотношением:

$$P_{н max} = P_{вн} + k_d P_{дн}, \quad (1)$$

где $P_{вн}, P_{дн}$ – номинальная мощность ветроагрегата и дизель-генератора, соответственно, k_d – коэффициент загрузки дизель генератора, характеризующий величину его маневренной мощности.

Мощность ветровой турбины рассчитывалась по известному аналитическому выражению:

$$P_B = \frac{\pi \rho u^3 R^2}{2} \xi(z, \varphi) \quad (2)$$

где R - радиус ветроколеса, ρ - массовая плотность воздуха, u - скорость ветра, $z = \frac{\omega R}{u}$ – число модулей быстроходности колеса, φ - угол разворота лопастей, ξ - коэффициент использования энергии ветра, представляющий собой отношение полезной механической мощности вращающегося колеса к полной мощности воздушного потока, ометаемого ветроколесом.

Существуют два подхода к выбору расчетной скорости ветра и отвечающей ей рабочей точки на аэродинамической характеристике ветроколеса. Согласно первому из них, расчетная скорость для заданного ветроэнергетического кадастра района обосновывается технико-экономическими расчетами и отвечающая этой расчетной скорости рабочая точка на аэродинамической характеристике ветроколеса, как правило, находится вблизи точки, соответствующей максимальному значению коэффициента ξ . Очевидно, что при скоростях ветра, больших расчетной, в этом случае возникает необходимость ограничения мощности ветроколеса, т.е. регулирования угла φ разворота лопастей [1].

Второй подход к выбору расчетных условий ветроагрегатов заключается в использовании так называемого принципа саморегулирования быстроходных ветроагрегатов (в некоторой литературе принят другой термин – принцип самоограничения мощности). Согласно этого принципа при достижении определенной (критической) скорости ветра $u_{кр}$ в дальнейшем с её ростом развиваемая ветроколесом мощность практически не меняется. Последнее объясняется увеличением угла атаки лопасти сверх критического значения, при котором происходит резкое снижение коэффициента подъёмной силы и возрастание коэффициента профильного сопротивления крыла, и лишь при значительных превышениях скорости ветра можно наблюдать медленный рост мощности. Таким образом, выбор в качестве расчетной скорости ветра, отвечающей номинальной мощности агрегата, значения $u_{кр}$, при котором достигается максимум характеристики мощности позволяет избежать перегрузок агрегата при отсутствии средств регулирования. Последнее повышает его надежность, однако расчетная скорость ветра в этом случае может значительно превышать экономически целесообразную. Величина этой расчетной скорости в 1,7-1,8 раза превышает скорость ветра, отвечающую максимуму коэффициента использования скорости ветра ξ .

На рис. 1 приводятся рассчитанные по аэродинамическим характеристикам ветроколеса статические моментно-скоростные характеристики ветроэнергетического агрегата с регулируемым ветроколесом при $u < u_p$ и диапазоне регулирования частоты вращения генератора $\Delta \omega =$

$+0,3\omega_n$. Закон регулирования угла представим в следующем упрощенном виде:

$$\varphi = \varphi_0 + \kappa_{\Delta\Pi} \Delta\Pi \quad (3)$$

где, φ_0 - исходный угол разворота лопастей, $\kappa_{\Delta\Pi}$ - коэффициент усиления, $\Delta\Pi$ - параметр регулирования.

Принимая в качестве параметра регулирования сигнал по отклонению угловой частоты $\Delta\omega$, уравнение (3) преобразуется к виду:

$$\varphi = \varphi_0 + \kappa_{0\omega} \Delta\omega \quad (4)$$

С целью ограничения колебаний мощности ветроагрегата введем в закон (4) регулирования угла φ интегральный сигнал по отклонению активной мощности ΔP_e . Тогда уравнение (4) принимает вид:

$$\varphi = \varphi_0 + \kappa_{0\omega} \Delta\omega + \frac{1}{pT_u} \Delta P_e \quad (5)$$

где $\Delta P_e = P_v - P_{вн}$, $P_{вн}$ – номинальная мощность ветроколеса, T_u - время интегрирования.

Очевидно, что регулятор мощности вступает в работу лишь при $\Delta P_e \geq 0$.

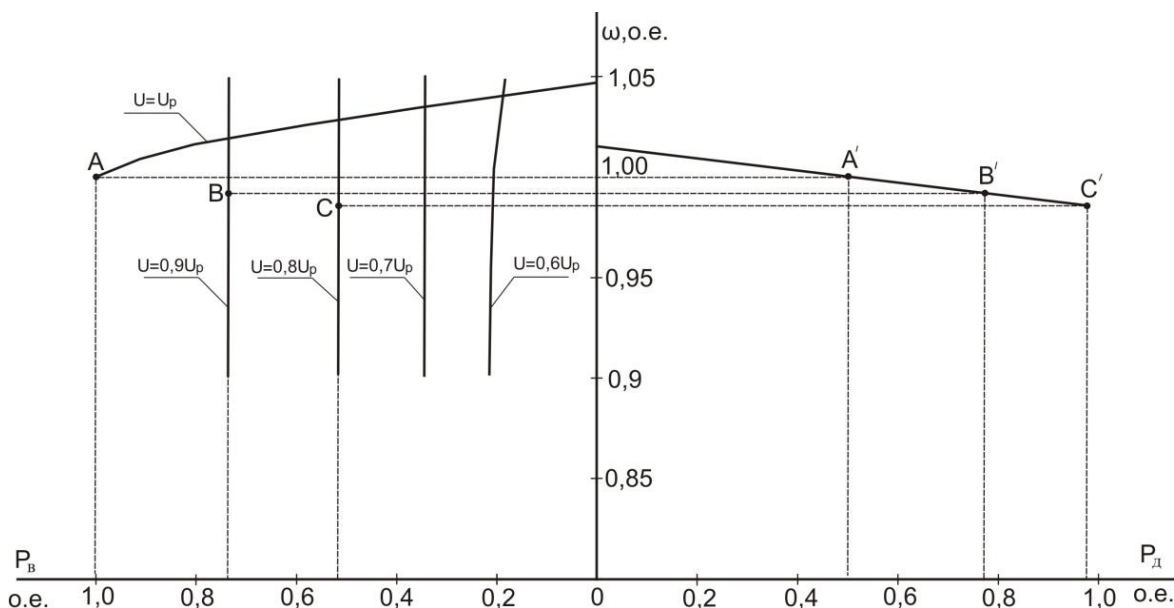


Рис. 1. Распределение активной мощности между асинхронизированным синхронным ветроагрегатом и дизелем при $P_д:P_в = 1:1$.

Их сравнение с полученными в [1] статическими характеристиками для ветроэлектрических агрегатов, оснащенных синхронными генераторами показывает, что за счет изменения частоты вращения ветроколеса удастся не

только повысить мощность генератора (особенно заметно при $u < 0,8u_p$), но также сохранить её неизменной в достаточно широком диапазоне изменения частоты напряжения сети ($\omega_c = 0,9 \div 1,05 \omega_{сн}$). Так, при скорости ветра $u = 0,7u_p$ и снижении частоты вращения до $0,7 \omega_n$, отвечающая максимальному значению коэффициента использования энергии ветра, мощность агрегата оказывается в 2,1 раза больше мощности при синхронной частоте вращения. Однако, абсолютное ее значение при данной скорости ветра остается сравнительно невысоким, $P = 0,34 P_{вн}$. Это и обуславливает то, что применение асинхронизированных синхронных генераторов лишь незначительно расширяет диапазон допустимых скоростей ветра при их параллельной работе с дизель-генераторами. Так, минимально допустимая скорость ветра, в этом случае составила $u_{min} = 0,8 u_p$ (точки С-С' на рис.1); тогда как в случае с использованием синхронных генераторов и прочих равных условиях, $u_{min} = 0,82 u_p$ [1]. Очевидно, что при $u \geq u_p$, когда $P_в = P_{вн}$, условия распределения активной мощности между рассматриваемыми агрегатами идентичны таковым при параллельной работе синхронных ветроэлектрических и дизель-генераторов.

Рассмотрим теперь распределение активной мощности между дизелем и асинхронизированным синхронным ветроэлектрическим генератором, оснащенный ветроколесом с самоограничением мощности. Статические характеристики такого ветроагрегата при $\Delta \omega = \pm 0,3 \omega_n$ рассчитанные по аэродинамическим характеристикам ветроколеса показаны на рис.2.

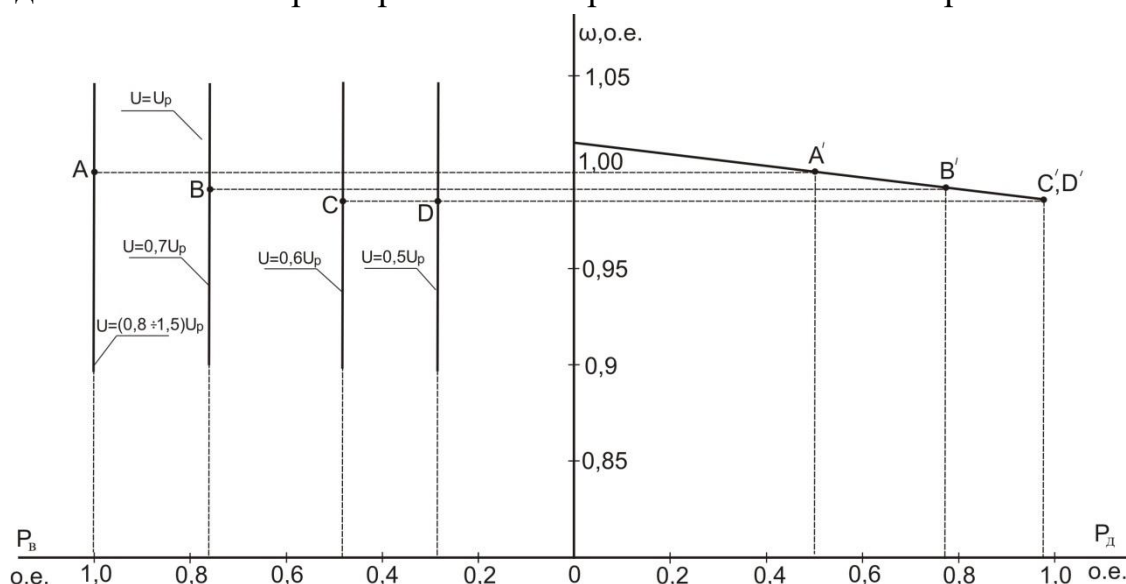


Рис. 2. Распределение активной мощности между асинхронизированным синхронным ветроагрегатом и дизелем при $P_д:P_в = 1:1$.

Сравнение их с зависимостями, полученными в [2] статическими характеристиками для ветроэлектрических агрегатов, оснащенных синхронными генераторами, показывает, что регулирование частоты вращения позволяет мощность ветроагрегата практически во всем диапазоне изменения скорости ветра. Например, при $u=0,82 u_p$, $\omega=0,8 \omega_n$ и $u=1,5u_p$, $\omega=1,5 \omega_n$ мощность агрегата возрастает в 1,15 и 1,23 раза по отношению к мощности при синхронной частоте вращения. Абсолютная мощность агрегата в диапазоне изменения скорости ветра ($0,8 \div 1,5 u_p$) равна $P_{вн}$. Однако, при скоростях ветра $u \leq 0,8u_p$ мощность агрегата увеличивается незначительно, а ее абсолютное значение $P_v < 0,5P_{вн}$. В этой связи минимально допустимая скорость ветра с учетом принятых выше ограничений составила $u_{min}=0,61 u_p$ и практически не отличается от полученного в [2] значения $u_{min}=0,62 u_p$ при параллельной работе синхронных ветроэлектрических и дизель-генераторов.

Сопоставительный анализ распределения активной мощности между асинхронизированным синхронным ветроэлектрическим генератором с переменной частотой вращения и дизель-генератором практически идентичны таковым при параллельной работе синхронных ветроэлектрических и дизель-генераторов.

Выбор типа генератора ветроэлектрического агрегата, их числа, исходных условий работы, коэффициента загрузки дизелей при расчетной скорости ветра должен решаться в каждом конкретном случае с учетом требований экономичности, состава и вида нагрузки.

Литература:

1. Джалилов Р.А., Рагозин А.А. Особенности параллельной работы ветроагрегатов с регулированием угла разворота лопастей и дизель-генераторов// Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений). -1992.-№1.-С.41-46.
2. Джалилов Р.А., Рагозин А.А. Условия параллельной работы ветроагрегатов с самоограничением мощности и дизель-генераторов. Известия АН Таджикской ССР. Отделение физико-математических, химических и геологических наук.-1991 г. №(122) с.81-85.

Сведения об авторах:

Джалилов Р.А. – доцент кафедры «Теоретические основы радио и электротехники», ТТУ имени академика М.С. Осими.

РЕСУРСЫ БИОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Ганиев З.С., Назиров Х.Б., Ишан – Ходжаев Р.С.
(Филиал НИУ МЭИ в г. Душанбе)
E- mail: zoko1981@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассмотрен возможный потенциал использования биомассы для получения биотоплива и сопутствующих ингредиентов (например органических удобрений), с последующим преобразованием в тепловую и электрическую энергию. Использование биомассы, а также намечены пути по реализации развития биоэнергетики в условиях Республики Таджикистан.*

***Ключевые слова:** биоэнергетика, возобновляемые источники энергии, электрическая энергия, биоэнергетические ресурсы, биотопливо, биомасса, производство.*

BIOENERGY RESOURCES OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN AND OPPORTUNITIES FOR THEIR USE

***Abstract.** The article presents the possible potential of using biomass to produce biofuels and related ingredients (eg organic fertilizers), with subsequent conversion into thermal and electrical energy. The use of biomass, as well as outlined ways to implement the development of bioenergy in the conditions of the Republic of Tajikistan.*

***Key words:** bioenergy, renewable energy sources, electrical energy, bioenergy resources, biofuels, biomass, production.*

Развитие энергетики во всем мире идет в направлении поиска альтернативных источников энергии. Ведутся разработки в области возобновляемых источников энергии. Идет развитие солнечной энергетики, ветровой энергетики, в том числе и биоэнергетики. Это связано с тем, что на Земле, одним из наиболее популярных и универсальных ресурсов является биомасса, которую можно использовать для производства биотоплива и биогаза (метана, водорода) и, соответственно, тепла и электроэнергии.

Специалисты по биоэнергетике утверждают, что биомасса является крупнейшим возобновляемым ресурсом по использованию в мировом масштабе и пятым по производительности возобновляемым источником энергии. Биомасса занимает шестое место, после урана, горючих сланцев, угля, нефти и природного газа, по запасам доступных на настоящий момент источников энергии. В соответствии с предварительными расчетами, полная биологическая масса земли оценивается в $2,4 \cdot 10^{12}$ тонн, при этом, на земле ежегодно образуется около 170 млрд. тонн первичной биологической массы.

Основные характеристики биомассы в мире приведены в таблице 1.[1].

Таблица 1.

Общая масса живой материи, включая влажность	2000 миллиардов тонн
Общая масса наземных растений	1800 миллиардов тонн
Общая масса леса	1600 миллиардов тонн
Количество наземной биомассы на одного жителя	400 тонн
Количество энергии, накопленной наземной биомассой	25 000 ЭДж (1 ЭДж=10+18 Дж)
Годовой прирост биомассы	400 000 миллионов тонн
Скорость накопления энергии наземной биомассой	3000 ЭДж/год (95 ТВт)
Общее потребление всех видов энергии	400 ЭДж/год (12 ТВт)
Потребление энергии биомассы	55 ЭДж/год (1,7 ТВт)

Объемы биомассы ежегодно увеличиваются, также увеличиваются и темпы роста биоэнергетики. В некоторых странах мира одним из главных источников энергии, в настоящее время, является биомасса и составляет большую долю в общем объеме производства энергии. Например: Непал-94%, Малави-94 %, Кения-95 %, Индия-50 %, Китай-33 %.

Крупнейшие производители биомассового топлива в мире это США, Бразилия и Германия. При этом, Соединённые Штаты Америки удовлетворяют свои потребности в энергии за счет биомассы в пределах свыше 4%.

В Республике Таджикистан, в настоящее время, биомасса используется, в основном в сельской местности, только для приготовления пищи и отопления помещений в осенне-зимний период времени, то есть прямое сжигание. Однако существуют и другие технологии [1], такие как термохимическое и биологическое преобразования, в результате чего получаем газообразное, жидкое или твердое топливо, а также органические удобрения.

Отсутствие производства и переработки высокоэффективных для энергетики сельскохозяйственных культур, не должно влиять на развитие биоэнергетики в Таджикистане. В качестве сырья для биотоплива можно рассчитывать на существующие ресурсы. К этим ресурсам относятся отходы сельскохозяйственного производства, в том числе: животноводства, птицеводства, хлопководства (гузапоя), полеводства (картофельная ботва, листья подсолнечника и деревьев, солома), а также отходы коммунально-бытовому хозяйства.

Рассмотрим потенциальные возможности животноводства на примере расчета энергетических ресурсов на одну голову крупного рогатого скота(КРС).

$$\text{Э} = 0.6 \cdot 28 \text{ МДж/м}^3 \cdot 0.65 \cdot 0.30 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot 2 \text{ кг/сут} = 6.55 \text{ МДж/сут} = 1.82 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут}, [8]$$

где: 0.6 - эффективность сжигания газа в биогазоустановке, 28 МДж/м³ - удельная теплота сгорания биогаза в нормальных условиях, 0.65 - содержание метана в получаемом газе, 0.30 м³/кг - выход биогаза из навоза, 2 кг/сут - выход навоза (сухого) в расчете на одну корову.

Эта энергия соответствует мощности = 0.076 кВт.

Количество крупного рогатого скота в Таджикистане в 2007 году составляло 1.7025 млн.[2]. Принимая, с учетом некоторого роста поголовья, общее количество КРС равным 2,0 млн., определим общий ресурс биоэнергетики от крупного рогатого скота:

$$0.076 \text{ кВт} \cdot 2.0 \text{ млн.} = 152 \text{ МВт с годовой выработкой: } 1329 \text{ млн. кВт} \cdot \text{ч}$$

Проведя аналогичные расчеты одну голову мелкого рогатого скота (овец и коз) и общий ресурс биоэнергетики от мелкого рогатого скота, учитывая количество овец и коз, по состоянию на 2007г., соответственно, 2.374 млн и 1.4244 млн. [2].

$$0.012 \text{ кВт} \cdot 4.0 \text{ млн} = 49 \text{ МВт}$$

с годовой выработкой: 429 млн. кВт·ч.

Расчеты биоэнергетических ресурсов по коммунально-бытовому хозяйству показывают, что при численности городского населения порядка 1,5 млн. человек, выход товарного биогаза может составить свыше 10,5 млн.м³, в том числе: за счет использования сточных вод – 2,7 млн.м³; за счет утилизации органических бытовых отходов – 7,8 млн.м³, а выход органических удобрений составит при этом свыше 65% от отходов.

Выводы

Приведенные цифры говорят о целесообразности развития биоэнергетики в Таджикистане, в целях повышения энергетической независимости, но для достижения этой цели нужно выполнить ряд шагов:

- создать систему сбора биомассы, по всем направлениям: животноводство, птицеводство, хлопководство (гузапоя), полеводство, а также коммунально-бытовому хозяйству.

- внедрение биоэнергетических установок (БЭУ) для получения топлива и удобрений.

- создать систему по распределению и использованию полученных топлива и удобрений.

Список литературы

1. Энергетические ресурсы СССР. Гидроэнергетические ресурсы. Редакторы: И. Т. Новыков и др. М., “Наука”, 1967. 600 с. с ил.
2. Г.Н.Петров, Х.М.Ахмедов, К.Кабутов, Х.С.Каримов. Ресурсы возобновляемых источников энергии в Таджикистане и возможности их использования.- Душанбе 2009
3. Таджикистан (природа и природные ресурсы), Душанбе, Дониш», 1982, с. 138.
4. Варфоломеев, С. Биотопливо и фотоэлектричество – российские перспективы / С. Варфоломеев, О. Шевалевский // The Chemical Journal. – 2010. –№10 – С. 38–41.

Сведение об авторах:

Ганиев З.С. - старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

Назиров Х.Б. – к.т.н., заведующей кафедры «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

Ишан – Ходжаев Р.С. – старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРИ УСЛОВИИ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ДОЛИ ГЕНЕРИРУЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДАХ ЭНЕРГИИ

В.З. Манусов¹, Дж.С. Ахъёев², М.Х. Назаров¹, Ш.А. Бобоев³

¹ Новосибирский государственный технический университет, Россия, 630073, г. Новосибирск, прос. К. Маркса, 20

² Таджикский технический университет имени М. Осими, Таджикистан, 734042, Душанбе, ул. Академиков Раджабовых, 10.

³ Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе, Республика Таджикистан, 734003, г. Душанбе, улица Бохтар, 35/1

E-mail: manusov36@mail.ru, javad_66@mail.ru, musso-6556@mail.ru,

Аннотация. Представлен анализ режимов автономной энергосистемы при условии значительной доли генерирующих источников на основе возобновляемых видов энергии, а именно: гидроресурсов малых рек, ветровой и солнечной энергии. Наряду с этим выбран накопитель энергии, который сглаживает непредсказуемость генерации альтернативных источников энергии. В работе рассмотрены следующие режимы функционирования энергосистемы: исходный режим, режим с подключением источников генерации на основе возобновляемых источников энергии и накопителя, режим после перехода электрической сети на напряжение 20 кВ в конструктивном исполнении самонесущих изолированных проводов, режим сети 20 кВ с сохранением основного напряжения для главной линии 35 кВ. Представлен анализ приведенных выше режимов для напряжений узлов, суммарной потери активной и реактивной мощности.

Ключевые слова: автономная энергосистема, анализ режимов, возобновляемые источники, накопитель энергии, сеть 20 кВ, самонесущие изолированные провода.

ANALYSIS OF THE MODES OF THE AUTONOMOUS ENERGY SYSTEM UNDER THE CONDITION OF A SIGNIFICANT SHARE OF GENERATING SOURCES ON RENEWABLE ENERGY

Annotation. An analysis of the regimes of the autonomous energy system of the Pamirs is presented under the condition of a significant share of generating sources based on renewable types of energy, namely: hydro resources of small rivers, wind and solar energy. Along with this, an energy storage device was chosen, which smooths out the unpredictability of the generation of alternative energy sources. The paper considers the following modes of operation of the power system: the initial mode, the mode with the connection of generation sources to the basis of

renewable energy sources and storage, the mode after the transition of the electrical network to a voltage of 20 kV in the design of self-supporting insulated wires, the mode of the 20 kV network while maintaining the main voltage for the main lines 35 kV. An analysis of the reduced thing modes for node voltages, the total loss of active and reactive power is presented.

Key words: *autonomous power system, mode analysis, renewable sources, energy storage, 20 kV network, self-supporting insulated wires.*

Введение

Автономная энергосистема Памира в настоящее время содержит чрезмерное количество трансформации электроэнергии, а именно: 0,4 кВ; 6 кВ; 10 кВ; 20 кВ; 35 кВ, что значительно усложняет эксплуатацию и аварийно-ремонтные работы. Кроме того, в сопредельном государстве используется более современная система электроснабжения, основанная на самонесущих изолированных проводах 20 кВ. В связи с этим, в настоящей работе предложена новая концепция построения электрической сети на одном напряжении 20 кВ, хорошо стыкуемом с системой сопредельного государства. Сущность автономной энергосистемы Памира при этом не изменяется, так как дополнительная нагрузка не получает какого-либо другого централизованного электропитания. С этой целью в новой концепции предусмотрено только одно напряжение 20 кВ при выполнении электрической сети на основе самонесущих изолированных проводов [1-3]. При этом в связи с непредсказуемостью метеорологических факторов необходимо осуществлять прогнозирование генерацию возобновляемых источников энергии [4].

Анализ установившихся режимов автономной энергосистемы

Наиболее электродефицитным сезоном для региона Памира является зимний сезон, поскольку электроэнергия водных ресурсов существенно ограничивается. Ниже рассмотрены эти режимы. На первоначальном этапе рассчитан исходный установившийся режим электрической сети, при условии, что альтернативные источники энергии отсутствуют. Исходная электрическая сеть автономной энергосистемы Памира состоящий из 35 узлов. Суммарные потери активной мощности в сети составили:

$$\Delta P_{\Sigma}=2,191 \text{ МВт}, \Delta Q_{\Sigma}=5,122 \text{ МВАр}$$

Видно, что напряжение в узлах достигает чрезмерных отрицательных отклонений от номинального, а именно до 16% от номинального напряжения.

Наряду с этим для существующей системы трансформации напряжения рассчитано потокораспределение с подключением дополнительных генерирующих источников на основе альтернативных источников энергии (представлено на рисунке 1). При этом суммарные потери активной и реактивной мощности составляют:

$$\Delta P_{\Sigma}=1,264 \text{ МВт}, \Delta Q_{\Sigma}=3,852 \text{ МВАр}$$

То есть потери активной мощности снижаются на 0,927 МВт, что составляет 42,3 % от исходной величины потерь. По реактивной мощности снижение потерь составляет 1,27 МВАр, что соответствует снижению потерь на 24,8 %.

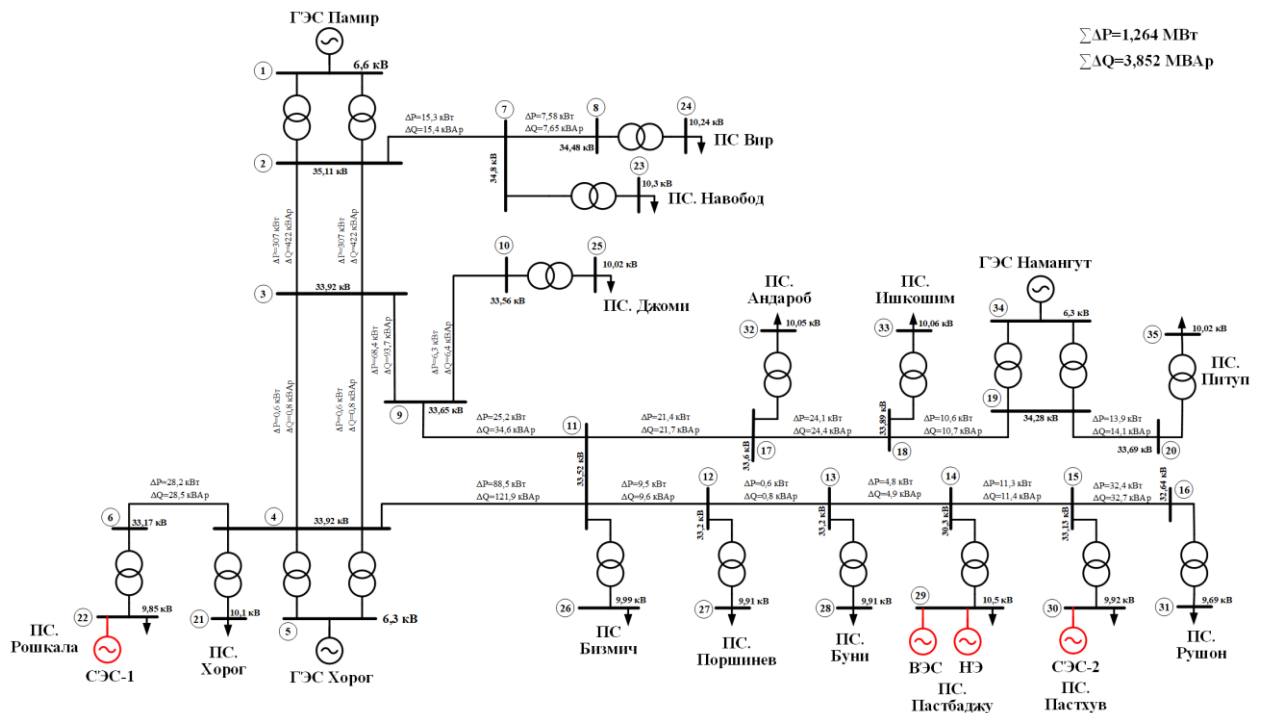


Рис.1. Установившийся режим энергосистемы после установления источников генерации на основе альтернативных источников энергии (в узлах 22, 29, 30)

При этом отклонения напряжений в узлах также существенно снизились, при этом максимальное отклонение не превышает 8 %, что соответствует требованием ГОСТ.

Принципиальная реконструкция электрической сети системы электроснабжения

На следующем этапе рассмотрено выполнение электрической сети с исключением промежуточных напряжений 35 и 10 кВ. При этом вся сеть автономной энергосистемы переводится на самонесущий изолированный провод (СИП) напряжением 20 кВ. Такое решение, предложенное автором, предполагает, что электрические сети Памира как региона республики

Таджикистан будут совместимы с электрическими сетями 20 кВ республики Афганистан, поскольку из Памира экспортируется избыточная электроэнергия в эту страну.

При этом суммарные потери активной и реактивной мощности составляют:

$$\Delta P_{\Sigma}=2,207 \text{ МВт}, \Delta Q_{\Sigma}=2,554 \text{ МВАр}$$

То есть суммарные потери активной мощности практически остались неизменными по сравнению с исходным режимом, а суммарные потери реактивной мощности снизились в два раза. При этом отклонения напряжений в узлах соответствует нормативным требованиям и не превышают 10 % от номинального напряжения узлов.

Кроме того, был рассчитан вариант с сохранением напряжения 35 кВ между узлами 2 (ГЭС Памир) и 3 (ДЭС) в конструктивном исполнении СИП (рисунок 2). При этом суммарные потери активной и реактивной мощности составляют:

$$\Delta P_{\Sigma}=1,019 \text{ МВт}, \Delta Q_{\Sigma}=2,437 \text{ МВАр}$$

То есть ΔP_{Σ} снизились по сравнению с сетью 20 кВ в два раза, а потери реактивной мощности остались неизменном. Напряжения в узлах при этом, как видно из рисунка 3, снижаются не более чем на 6 % по отношению к номинальному.

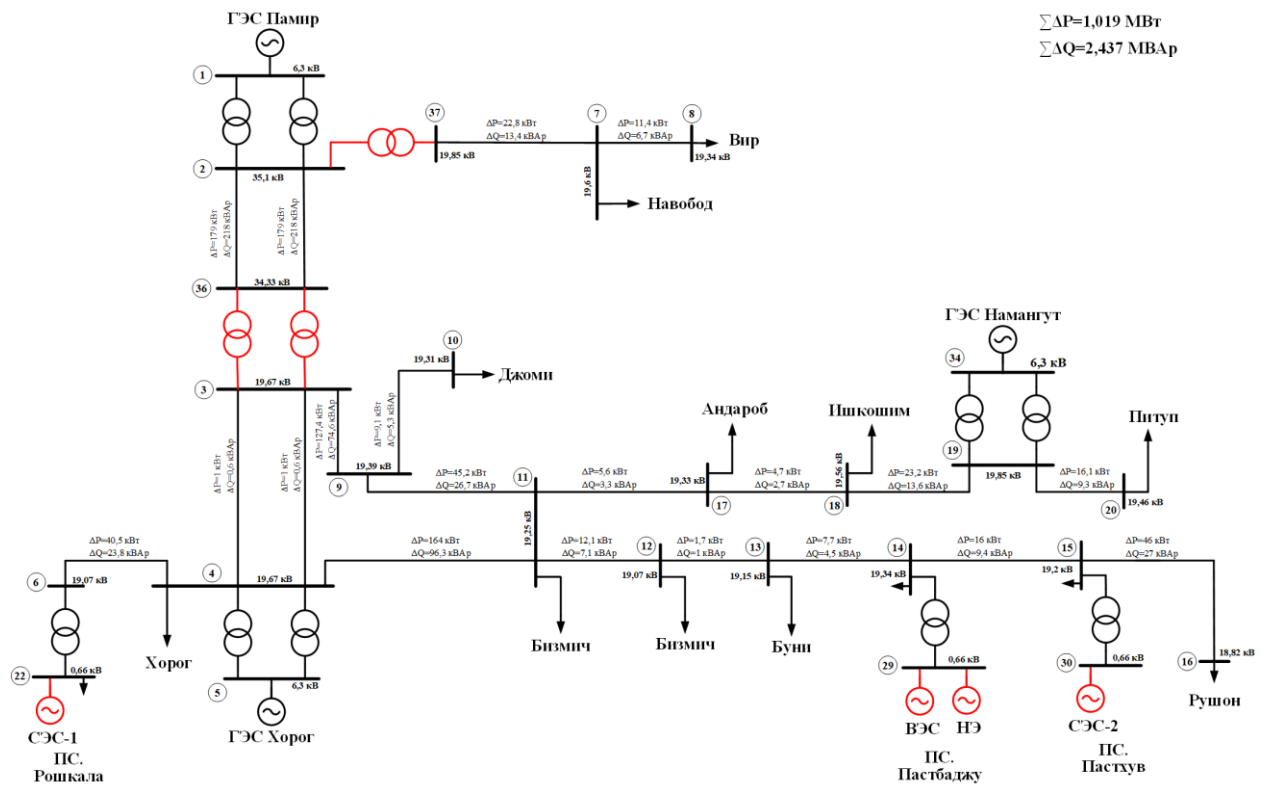


Рис.2. Установившейся режим энергосистемы при переходе на сети СИП 35 кВ и 20 кВ

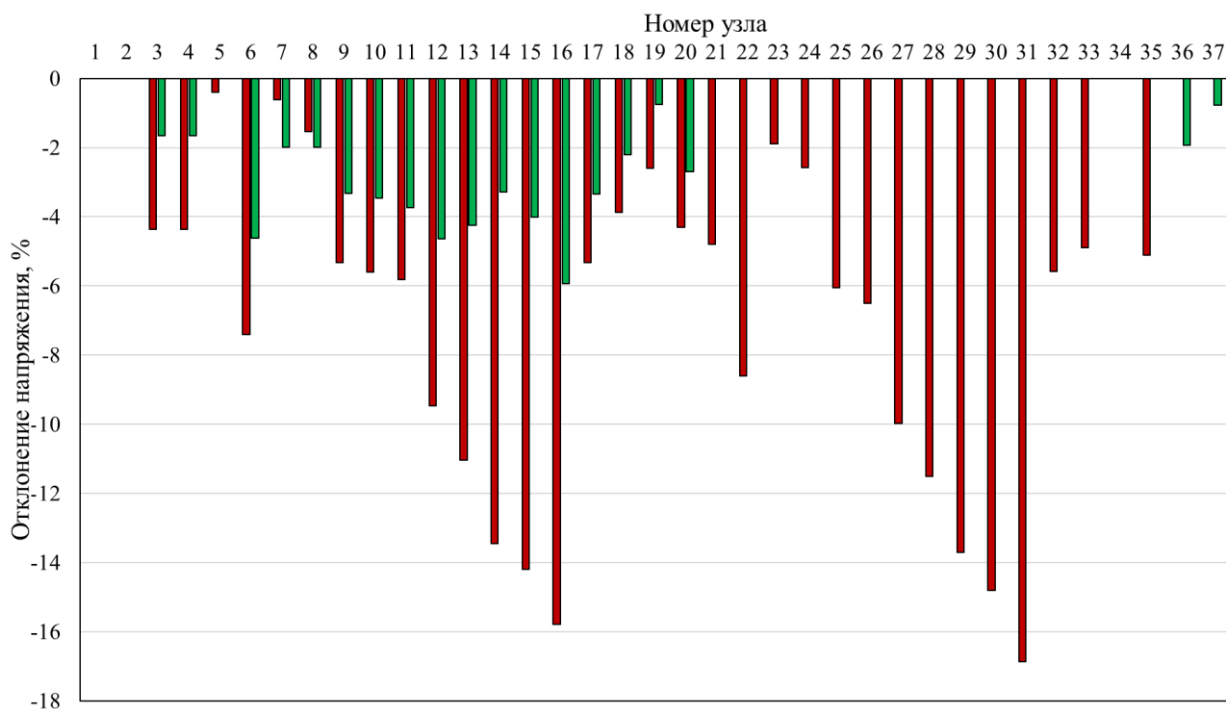


Рис. 3. Сравнительный анализ узловых напряжения после оптимизации напряжения сети с переходом на СИП 35 и 20 кВ

Выводы

По сравнению с исходным режимом конструктивное исполнение электрической сети 20 кВ в виде СИП дает наилучший результат как в отношении снижения потерь активной и реактивной мощности, так и в отношении наименьшего отклонения напряжения в узлах от номинального, что показано на рисунке 10. В исходном режиме суммарные потери активной мощности составляли 2,191 МВт, а в предлагаемом исполнении 1,019 МВт, что свидетельствует о снижении потерь более чем в 2 раза, на 1,172 МВт, то есть на 53,5 %. Суммарные потери реактивной мощности в исходном режиме составляли 5,122 МВАр, а в предлагаемом исполнении 2,437 МВАр, то есть снижение на 2,685 МВАр, что составляет 52,4 %.

Литература

1. Manusov V.Z., Nazarov M.Kh. Energy consumption conditions optimization of the autonomous system based on carbon-free energy. 2020 ural smart energy conference, USEC 2020, Ekaterinburg, 13–15 November 2020, pp. 93-96.

2. Manusov VZ, Nazarov MKh. Optimisation of power consumption modes for an autonomous electrical system with renewable and alternative energy sources. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2020;24(4):810–820. (In Russ.)

3. Manusov V.Z., Ahyoev J.S., Nazarov M.Kh., Odinaev I.N., Safaraliev M.Kh. Evaluation of the energy potential of region solar radiation with the use of the solar tracking system. Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Science bulletin of the Novosibirsk state technical university, 2020, no. 1 (78), pp. 189–203. DOI: 10.17212/1814-1196-2020-1-189-203. (In Russ.)

4. Nazarov M. Optimal Management of Energy Consumption in an Autonomous Power System Considering Alternative Energy Sources / Manusov V., Nazarov M., Matrenin P., Beryozkina S., Safaraliev M., Zicmane I., Ghulomzoda A. // Mathematics– 2022. – №3. – Т10. – 525. – 17 P.

Сведения об авторах

Манусов Вадим Зиновьевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры систем электроснабжения предприятий Новосибирского государственного технического университета. Основное направление: применение интеллектуальных информационных технологий и методов искусственного интеллекта для анализа, планирования и оптимизации электроэнергетических систем. Имеет более 200 публикаций, в том числе 5 монографий. Контакты: тел. (+7) 913-931-76-67, e-mail: manusov36@mail.ru

Ахъёев Джавод Саламшоевич, – к.т.н., доцент кафедры электрические станции Таджикского технического университета имени М. С. Осими. Основное направление: мониторинг и диагностика технического состояния электрооборудования электроэнергетических систем на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики. Имеет более 70 публикаций, в том числе 2 монографии. Контакты: тел. (+992) 55-999-10-00, e-mail: javod_66@mail.ru

Назаров Мусо Холмуродович – аспирант кафедры систем электроснабжения предприятий Новосибирского государственного технического университета. Основное направление: исследование и оптимизация режимов автономных электрических систем с возобновляемыми источниками энергии. Имеет 15 публикаций. Контакты: тел. (+7) 951-390-40-06, e-mail: musso-6556@mail.ru

Бобоев Шараф Асрорович – 1987 г.р., выпускник Таджикского национального университета (2009г.), ст. преподаватель кафедры фундаментально-естественных наук филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе, автор более 18 научных работ, область научной деятельности – статистические методы анализа данных. Контакты: тел. (+992) 93-856-19-87, e-mail: shboboev@mail.ru

РЕГУЛИРУЮЩАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

Мингазетдинов И.Х., Нуртдинов К.Р., Зорина Т.В.

Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: smaltseva16@yandex.ru

***Аннотация.** Разработка относится к области микроэлектростанции и направлена обеспечение постоянства уровня жидкости в напорном резервуаре при различных режимах энергопотребления. Регулирование осуществляется рычажно-кулачковым механизмом.*

***Ключевые слова:** микроэнергетика, турбина, конфузор, поршень, пружина, рычаг, кулачок.*

REGULATORY POWER PLANT

***Annotation.** The development relates to the field of microelectric power plants and is aimed at ensuring the consistency of the liquid level in the pressure tank under various energy consumption modes. Regulation is carried out by a lever-cam mechanism.*

***Keywords:** microenergy, turbine, confuser, piston, spring, lever, cam.*

В хозяйственной деятельности часто возникает необходимость создания микрогидроэлектростанций для обеспечения электрической энергией натуральные хозяйства (например, фермерские). В подобных хозяйствах бывает широкий разброс потребляемой энергии.

Электрическая энергия получается за счет работы гидротурбины, питающаяся водой от напорного водяного бака. Для нормальной работы электрической системы при различных режимах энергопотребления необходимо в напорном баке поддерживать постоянный уровень воды, т.к. при колебаниях уровня воды в магистрали подвода жидкости к гидротурбине могут образовываться воздушные пузыри за счет эжекции атмосферного воздуха.

Разработанное устройство (рис 1) представляет собой водяной бак, в верхней части которой расположен электрогенератор, с приводом от вертикального центрального вала. В нижней части бака расположен конфузор, увеличивающий скорость течения воды. Центральный вал проходит через магистраль конфузора, направляющий аппарат и рабочее колесо с аэродинамическими лопостями. После рабочего колеса расположен шибер 14. Шибер связан кинематически с рычагом 12 и имеет пружину 13. Рычаг 12 имеет на конце ролик 11, который может передвигаться по профилированной поверхности кулачка 10. Кулачок 10 связан кинематически с рычагом 8 и через двухплечий рычаг 4 и опорный ролик 6 связан с поршнем 7 и пружиной 5.

Напорный бак 1 связан гидравлически с корпусом регулятора уровня 9, в котором перемещается поршень 7.

Вода, заполняющая бак 1 истекает через конфузор, направляющий аппарат 16 и поступает на лопасти рабочего аппарата. Вращение вала 3 обеспечивает выработку электроэнергии в генераторе 2, которая

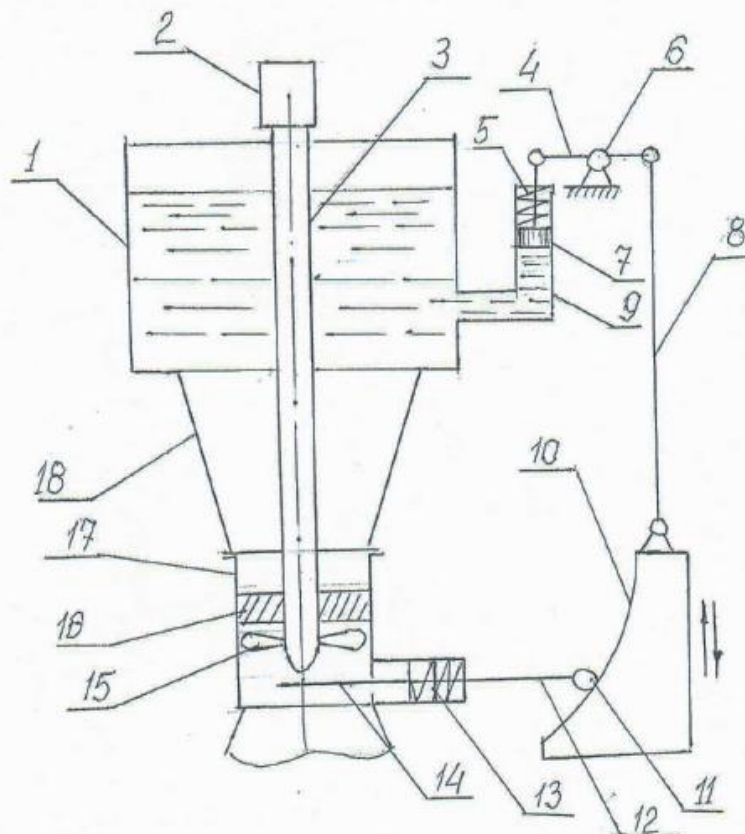


Рис.1 Регулируемая энергетическая установка

1 –напорный бак, 2 – генератор, 3 – вал, 4 – двухплечевой рычаг; 5 – пружина, 6 –ролик , 7 – поршень, 8 – рычаг, 9 – корпус регулятора, 10 – профилированная поверхность кулачка, 11 – ролик, 12 – рычаг, 13 – пружина, 14 –шибер.

направляется потребителю. В случае снижения уровня потребления электроэнергии, снижается нагрузка на генераторе 2, увеличивается вращение рабочего колеса и водопотребление увеличивается, в следствии чего уровень воды в баке уменьшается. По соотношению сообщающихся сосудов, уменьшается уровень воды в корпусе регулятора 9, поршень 7 опускается, плечо двухплечевого рычага 4, связанного с кулачком 10 поднимается. Далее, кулачок 10 поднимается, показывая передвижение шибера 14, который частично перекрывает гидравлический тракт и расход воды в баке снижается и уровень в баке восстанавливается. При увеличении потребления электроэнергии, процесс регулирования повторяется в обратном порядке [1].

Заключение

Использование предполагаемого устройства обеспечивает надежное регулирование воды из напорного бака при изменении потребляемой нагрузки, с высоким коэффициентом полезного действия, за счет возникновения аэродинамических сил на лопатках гидротурбины, что увеличивает момент вращения вала.

Литература

1. Мингазетдинов И.Х., Нуртдинов К.Р. Регулируемая энергетическая установка. Заявление № 2022129814 от 17.11.2022 на выдачу патента.

Сведения об авторах:

Мингазетдинов И.Х. – к.т.н. доцент каф. общей химии и экологии КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

Нуртдинов К.Р. – обучающийся лица № 145 г. Казани Зорина Т.В. – обучающийся 4 курса КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

¹Ганиев З.С., ¹Ишан – Ходжаев Р.С., ¹Джураев Ш.Дж., ²Исмоилов С.Т.
(¹Филиал НИУ МЭИ в г. Душанбе)

²Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими
E- mail: zoko1981@mail.ru

Аннотация. В статье представлен возможный потенциал получения электрической энергии, используя солнечную энергетику, пути использования солнечной энергии, в условиях Республики Таджикистан, а также отмечены барьеры при реализации программы развития солнечной энергетики.

Ключевые слова: зеленая энергетика, возобновляемые источники энергии, электрическая энергия, солнечная энергия, солнечная радиация.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SOLAR ENERGY IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Abstract. The article presents the possible potential for obtaining electrical energy using solar energy, ways to use solar energy in the conditions of the Republic of Tajikistan, and also marks the barriers to the implementation of the solar energy development program.

Key words: green energy, renewable energy sources, electrical energy, solar energy, solar radiation.

В настоящее время, в связи с глобальным потеплением и другими проблемами планетарного масштаба, во всем мире встает вопрос получения электрической энергии без использования углеводородов, так называемая «Зеленая энергетика». Этот вопрос становится все более актуальным, так как, запасы ископаемых видов топлива не безграничны. Учитывая современную тенденцию и вектор инвестиционных проектов в развитие использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в ближайшей перспективе ВИЭ смогут конкурировать как с ископаемыми видами топлива, так и с традиционными видами энергии.

В качестве исходного материала, для получения «зеленой» энергии, можно использовать такие возобновляемые источники энергии как биомасса, энергия ветра и солнца, а также гидроэнергия, и.т.д.

В Республике Таджикистан, в настоящее время, с использованием гидроресурсов дело обстоит относительно хорошо. Однако, использование биомассы для получения биогаза обстоит на крайне низком уровне, а получение электроэнергии, используя энергию ветра можно, только в

Аштском, Файзабадском и Шурабадском районах республики. Наиболее перспективно получение электрической энергии с помощью солнечных батарей. В этом направлении у Таджикистана большие возможности, учитывая, что 280-320 солнечных дней в году и высокий уровень солнечной радиации.

Солнечная энергия, поступающая на Землю весьма значительна, так, в районе экватора, мощность энергии Солнца, поступающая на один квадратный метр земной поверхности, составляет от 100 до 1000 Вт, соответственно, в пасмурные и ясные дни. Суммарная мощность энергии Солнца, поступающая на Землю, в десятки тысяч раз превышает потребности населения и промышленности нашей планеты. Человечество сейчас находится на пути эффективного использования энергии солнечных лучей, для развития производства и улучшения благосостояния людей, не только преобразовывая энергию Солнца в электрическую.

Преобразование энергии Солнца в электрическую ведётся давно, однако, в промышленных масштабах началось производиться относительно недавно. Например, в 2010-ом году доля солнечной энергетики в мировом балансе составляла 0,1%. В настоящее время мировыми лидерами по внедрению и использованию солнечной энергетики являются Германия (35,3ГВт), КНР (19,9ГВт), Италия (17,5ГВт) и Япония (13,5ГВт).

На развитие солнечной энергетики влияют следующие факторы: разработка и производство солнечных панелей с высоким КПД, который составляет от 10,4 до 47%, срок службы преобразователей солнечной энергии, который неодинаков для различных модулей: у монокристаллических – 30 и более лет; поликристаллических модулей – 20 и более лет; из аморфного кремния – от 7 до 20 лет.

Также, на практику внедрения солнечных электростанций (СЭС), влияет стоимость электричества, вырабатываемого за счет энергии солнца. Несмотря на то, что стоимость кВт·часа постепенно снижается, так, например, в 1976 году её стоимость составляла около 2\$ за кВт·ч, в 2009 году — от 0,15\$ до 0,5\$ за кВт·ч, а 2020- 0,15\$, она многократно выше стоимости электроэнергии вырабатываемой традиционными способами. В Республике Таджикистан стоимость одного кВт/часа для населения составляет 26,51 дирама (0,026\$, по состоянию на 8.12.22 1\$-10,21 сомони). Однако, несмотря на это, имеет смысл развивать солнечную энергетику в Таджикистане, учитывая положительные тенденции по созданию и эксплуатации СЭС и иные факторы:

-постоянное снижение стоимости одного кВт·часа, вырабатываемой СЭС;

- разработка и создание модулей с высоким КПД и более длительным сроком службы;

-значительные расходы по строительству ЛЭП, для электроснабжения отдаленных населенных пунктов, куда затруднена доставка топлива автотранспортом, так, стоимость строительства 1км ЛЭП-35-110кВ, в горных условиях, может составить до 100 тысяч долларов США;

- высокий уровень солнечной радиации и большое количество дней с солнечной погодой, что позволит получать значительный объём электрической энергии, посредством СЭС.

Территория Республики Таджикистан относится к районам с благоприятным радиационным режимом, соответственно, велики потенциальные возможности выработки электрической энергии, на территории страны, с использованием солнечных электростанций. Однако, необходимо отметить, что на уровень солнечной радиации, в различных точках республики, сильно влияет рельеф и высота стояния солнца, которая достигает от 28° до 75° , соответственно, в зимнее и летнее солнцестояние. Среднегодовое количество суммарной радиации достигает 151 (на севере) до 176 (на востоке) Ккал/см², а при ясном небе уровень солнечной радиации колеблется в пределах 182,9 – 223,9 Ккал/см². Суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе колеблются от 5600 МДж/м² в долинах до 8200 МДж/м² в высокогорье.

Среднее расчетное значение мощности солнечного облучения равно 202,2 Вт/м².

Поскольку, использование СЭС реально в местах проживания населения, т.е. на 7% территории республики, так как остальные 93% -горы и предгорья, поэтому, приняв, усреднено, площадь солнечных батарей на одного жителя 2 м² и население Таджикистана 10 млн. человек, получим общую потенциальную мощность для этой площади. $202,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot 2 \text{ м}^2/\text{чел} \cdot 10 \text{ млн. чел.} = 4044 \text{ МВт}$

При использовании в солнечных батареях кристаллов ZnMnTe, воспринимающие фотоны сразу трех частот — с энергией 0.7, 1.8 и 2.6 эВ и имеющие расчетный КПД – 47%, или им подобные, получим, что технический потенциал солнечной энергии в Таджикистане, только при установке солнечных модулей по 2м²/чел. будет равен: $4044 \cdot 0.47 = 1900,68 \text{ МВт}$

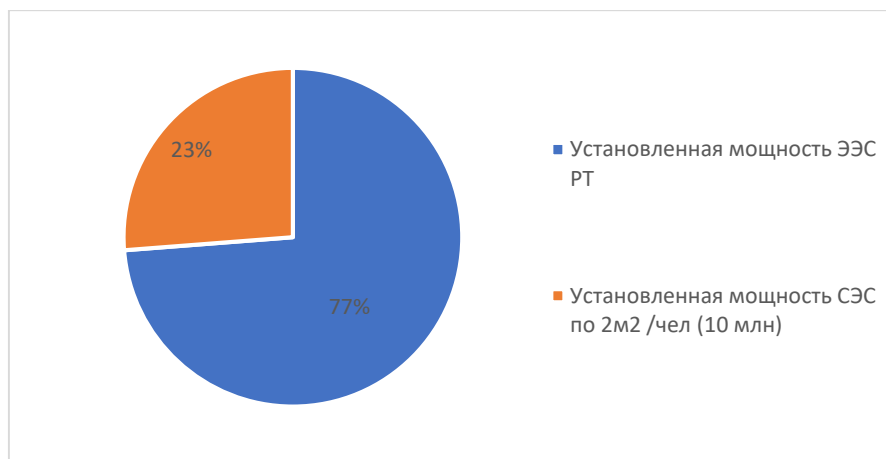


Рис.1. Соотношение установленной мощности энергосистемы Республики Таджикистан и установленной мощности СЭС при установке солнечных модулей по 2м²/чел.(при населении 10 млн. чел.)

Солнечная энергия в республике может экономически конкурировать с гидроэнергией, как видно из рисунка 1, она может составлять 23% и более генерирующих мощностей страны.

Выводы

На пути реализации программы внедрения солнечной энергетики, имеются следующие проблемы, которые необходимо решать:

1. Увеличить осведомленность населения и руководителей предприятий, чтобы позволить большему количеству людей понять и принять эту идею, с последующим восприятием её как необходимость.
2. Подготовка квалифицированных кадров, для монтажа и эксплуатации СЭС.
3. Создание картографических данных, с рекомендациями по использованию солнечных модулей.
4. Высокая первоначальная стоимость приобретения, монтажа и эксплуатации, а также стоимости 1 кВт/часа, по сравнению с использованием электрической энергии от энергетических компаний.

Литература

1. Солнечная энергетика. Состояние, возможности использования и перспективы развития. Составители: Ахмедов Х. М., Галигалис С., Эльназаров А. — Душанбе: Дониш, 2007. С. 96, илл. 34.
2. Общая оценка ситуации в энергетике в мире и Таджикистане. Ахмедов Х. М., Каримов Х. С. Докл. АН РТ. т. 40, № 1–2, 1997, с. 107.
3. Нормативные правовые акты и национальные стандарты по возобновляемым источникам энергии, действующие в Республике Таджикистан Душанбе — 2011 г., с. 280.

4. Ахмедов, Х. М, Каримов Х. С. Возобновляемые источники энергии в Таджикистане и возможности их использования. Душанбе, Дониш, 2005, 35 с.

5. Н. Петров, Х. М. Ахмедов, К. Кабутов, Х. С. Каримов общая оценка ситуации в энергетике в мире и таджикистане. Известия АН РТ отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2009 г. № 2 (135), с. 107–108.

Сведение об авторах:

Ганиев З.С. - старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

Ишан – Ходжаев Р.С. – старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

Джураев Ш.Дж. – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

Исмоилов С.Т. - к.т.н., и.о. доцента кафедры «ТОР и Э» ТТУ имени академика М.С. Осими

САМАРАНОКИИ ИСТЕҲСОЛ ВА ИСТИФОДАБАРИИ ГАЗҲОИ БИОЛОГИ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Раупов Н.М., Ризоев С.Н., Носиров И.С.
Донишқадаи энергетикаи Тоҷикистон, н. Кушонӣён
E-mail: nasim.raupov@bk.ru

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола самаранокии истифодабарии газҳои биологӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дида баромада шудааст. Муаллифон дар вақти таҳлили як қатор сарчашмаҳо бар он ақидаанд, ки партовҳо ва порувориҳо дар минтақаҳои аҳолинишини мамлакат рӯз то рӯз зиёд гаишта истода истифодабарии онҳо бо мақсади истеҳсоли гази биологӣ самаранокии иқтисодии баланро ба миён меорад. Дар шароити кунунии Ҷумҳурии Тоҷикистон шароитҳои иқлимӣ барои истеҳсоли гази биологӣ қулай ба ҳисоб рафта ин дастгоҳҳо дар ҳарорати мутадили муҳити атроф бе сарфи энергияи иловагӣ гази биологиро истеҳсол мекунанд.

Калимаҳои калидӣ: гази биологӣ, ферментатор, самараноки, иқтисоди, ҳарорат, партовҳо, порувориҳо, табиат, сузишвориҳои шартӣ.

EFFICIENCY OF PRODUCTION AND USE OF BIOLOGICAL GASES IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Abstract: In this article, the effectiveness of the use of biological gases in the Republic of Tajikistan is considered. During the analysis of a number of sources, the authors are of the opinion that waste and manure in the populated areas of the country are increasing day by day, and their use for the purpose of biogas production brings great economic efficiency. In the current conditions of the Republic of Tajikistan, the climatic conditions for the production of biogas are considered favorable, and these devices produce biogas at a stable ambient temperature without spending additional energy.

Key words: biogas, fermenter, efficiency, economy, temperature, waste, fertilizers, nature, conventional fuels.

Газҳои биологӣ ин газҳое ба ҳисоб меравад, ки дар натиҷаи пусидашави ашёҳо ё инки маводҳои хусусияти пусиш дошта ба миён меоянд. Дар раванди истеҳсоли гази биологӣ ба таври васеъ истеҳсол менамоянд, ки аз технологияҳои махсуси ҳозиразамон иборат мебошад.

Ба даст овардани гази биологӣ дар ферментатор ба миён меояд. Ферментатор ин дастгоҳе мебошад, ки метали он хосияти пусишро дар худ надошта ба монанди иморатҳои ҳалқагин сохта мешавад.

Дар чунин зарфҳои баланд раванди чудошавии газҳои биологӣ аз ахлоту партовҳо ба миён меояд. Аммо то замоне, ки ахлотҳои хайвонҳо ва растаниҳову партовҳо ба ферментатор ворид шаванд онҳо коркард шуда дар зарфи авалиндарачаи қабулкунанда бо об омехта карда шуда то якҷояшавияшон дастгоҳҳои чархзанандаи омехтакунанда онҳоро омехта менамояд. Бо ёрии насосҳои махсус маҳлули таёр карда шуда ба ферментатор ворид карда мешавад.

Қайд кардан зарур аст, ки раванди омехтакунии об бо партовҳо то замоне давом меёбад, ки дар ферментатор сатҳи зарури ба миён ояд. Яъне то ба як сатҳи зарури пур карда шавад.

Гуфтан ба маврид аст, ки истеҳсоли кардани гази биологӣ ба сегуруҳи алоҳида тақсим мешавад ва ҳар як кадоми ин гуруҳҳо ҳароратҳои ба худ хосро дорад.

1. Паст (то 20°)- психрофики
2. Миёнаи ($32-34^{\circ}$)- мезофики
3. Баланд ($52-55^{\circ}$)- термофики

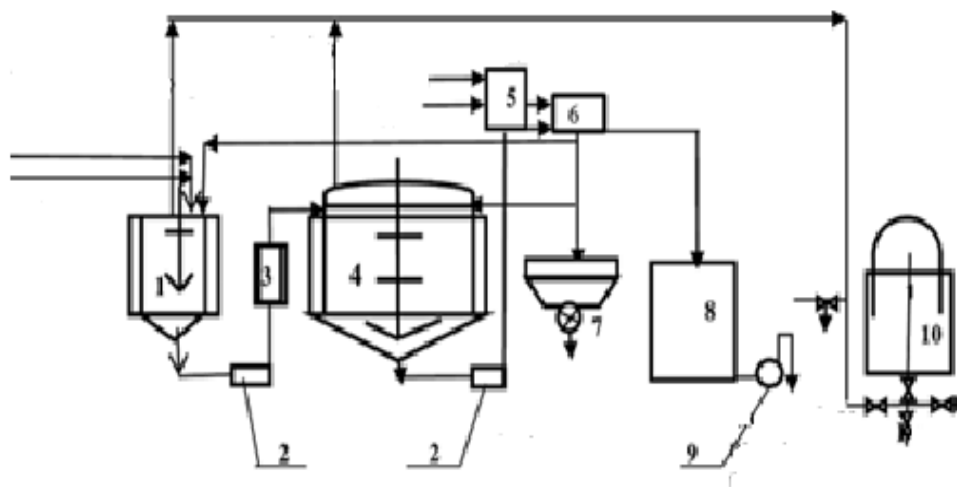
Биомасса ҳамчун сарчашмаи истеҳсоли нерӯи энергия яке аз нерӯҳои универсалии замин мебошад. Ҳангоми ҷустуҷӯи захираҳои потенциалии энергетикӣ биомассаро низ ворид менамояд, зеро биомасса метавонад энергияи маъмулиро дар шароитҳои зарурӣ иваз намояд. Барои истеҳсоли энергия аз алафҳо, хӯшагиҳо, партовҳои хоҷагии чангал ва соҳаи чорводорӣ фаъолон истифода бурдан зарур аст. Қобилияти энергиятавлидкунии биомассаи хушк наздики 14 МГЧ/кв-ро ташкил медиҳад. Ҳангоми ҳосилгундорӣ бояд дар назар дошт, ки биомасса миқдори бисёри обро дорад. Масалан, об дар хӯшаи гандум то 20% , дар ҷӯб $30-60\%$, дар поруи чорво $75-90\%$, дар гиотсинити обӣ 95% -ро ташкил медиҳад [1,2,3].

Яке аз сарчашмаҳои алтернативии истеҳсоли нерӯи барқ истифода аз биомассаҳо мебошад.

Дар раванди коркарди биомасса аз ҳисоби турушшавӣ биогаз ҷудо мешавад, ки он сӯзишвории аз ҷиҳати экологӣ тоза ва пурқиммат ба ҳисоб меравад. Истеҳсоли биогаз аз сифати масолеҳи хушқвобастагӣ дорад. Аз 1 тонна поруи хайвони калони шохдор $40-50 \text{ м}^3$ биогаз бо дороии 60% метан ҳосил мешавад. Энергияе, ки дар 1 м^3 биогаз мавҷуд аст ба $0,6 \text{ м}^3$ -и гази табиӣ, $0,74 \text{ м}^3$ нафт ва $0,66$ тонна сузишвории дизелӣ баробар аст. Дар ҳисоботҳо мафҳуми масолеҳи хушк истифода бурда мешавад (м.х). обе, ки дар дохили биомасса вучуд дорад).

Чи қадаре, ки ҳарорати ҳаво (температура) баланд бошад, ҳамон қадар раванди турушшавӣ хубтар мешавад, вале дар ин ҳолат талофоти сӯзиш-ворӣ зиёд мешавад. [4,5,6].

Ҳаҷми биогазро барои хоҷагиҳои деҳқонӣ (фермерӣ) ва ҷудошавии биогаз аз поруи ҳайвонот ҳисоб карда мешавад. Раванди турушшавӣ, боркунии мезофикӣ, боркунии биомасса – аз танзими, ки ҳарораташ $t_{oc}=15^{\circ}$ истифода мешавад. Захираи энергияи потенциалӣ ва миқдори гармиро барои раванди турушшавии биомасса дарметантеки муайян ҳисоб кардан мумкин аст. Нақшаи принципалии дастгоҳҳои гази биологӣ истеҳсолкунанда дар расми 1 нишон дода шудааст.



Расми 1. Дастгоҳҳои истеҳсолкунандаи гази биологӣ

1-Дастгоҳи таёркунанда ва омехтакунандаи порувори ва растаниҳо; 2-насоси таъминотии ферментатор; 3-гармиивазкунак; 4- ферментатор; 5- дастгоҳи воридкунандаи маводҳои химиявӣ барои турушнамои; 6- дастгоҳи теладиҳандаи маводҳои дохили ферментатор ба берун; 7- иморати хушкунандаи порувориҳо ва растаниҳо баъди коркард дар ферментатор; 8-дастгоҳи захиракунандаи гази биологӣ (метан); 9- насосҳо; 10- газголдер.

Ҳангоми ҳисоб кардани раванди истеҳсолномаи гази биологӣ қабл аз ҳама баромади саргин аз ҳар як намуди чорво бо назардошти макони ниғаҳдорӣ муайян карда мешавад.

Ҷумҳурии Тоҷикистон мамлакати офтобрӯя буда, истифодабарии дастгоҳҳои биогазӣ барои истеҳсоли газҳои биологӣ аз ҳисоби партовҳо ва инчунин порухи чорво ва парандагон судманд арзёбӣ гардидааст. Ҳарорати ҳаводар аксарияти минтақаҳои Ҷумҳурӣ аз 25 то 45 °C ташкилмедихад, ки имконияти васеи турушнамои порухи ва партовҳоро дар ферментатори газҳосилкунанда доро мебошад. Ҷумҳурии Тоҷикистон яке аз давлатҳои ба ҳисоб меравад, ки дорои захираҳои бузурги сӯзишворӣ аз қабилҳои нафт ва гази табиӣ

мебошад. Аммо мутаъсифона то ин дам ин захираҳои нафтӣ, мавқеи онҳо муайян карда нашудааст.

Чадвали 1

Қиммати аввалия барои ҳисоби дастгоҳҳои биогаз истеҳсолкунанда

Намуди чорво	Намнокии пору, w,о.е.	Миқдори поруи тавсияшаванда баро андохтан,т _р ,	Ҳиссаи COV дар поруи хушк, Р	Баромади пору дар як шабонарӯз аз як сар,	Давомнокии турушшавӣ, шаб/рӯз	Ҳиссаи баромади биогаз, м ³
Буқа	0,85-0,9	4,5	0,77-0,85	40	18	0,4
Гов	0,85-0,9	6	0,77-0,85	40	17	0,4
Хук	0,88-0,92	3	0,77-0,84	2	12	0,5
Гӯсола	0,86-0,9	5	0,77-0,80	10	16	0,48
Мурғ	0,73-0,76	1,5	0,76-0,77	0,2	30	0,55
Мурғобӣ	0,72-0,75	2	0,75-0,77	0,58	40	0,56
Ғоз	0,72-0,75	1,7	0,75-0,77	0,42	40	0,55

То имрӯз дар Ҷумҳурии истеҳсоли маводи сӯзишвории олидараҷа бароҳ монда нашудааст. Барои он, ки маблағҳои зиёд масраф кардан лозим мешавад. Дар соли 2015 аз тарафи чандин ширкатҳои хориҷӣ кофтукоби нафт дар қаламрав ҷумҳурий ба имзо расид, вале натиҷаҳои мушаххас ба даст наоварданд. Барои ҳамин истеҳсоли маводи сӯзишворӣ дар шакли гази биологӣ ба иқтисодиёти кишвар таъсири мусбат расонида, ба пастшавии нархи газ ва дигар намудҳои сӯзишворӣ дар қаламрави ҷумҳурий замина мегузорад. Барои дар амал тадбиқ намудани ин лоиҳаҳо, бояд дар минтақаҳо ҷойҳои махсус интихоб карда шаванд. Мушоҳидаҳои нишон медиҳанд, ки дар вилояти Хатлон сари ҳар як гардиш партовҳо ба назар мерасанд ва аз онҳо ба ҳисоби миёна тақрибан дар як шабонарӯз ҳазорҳо метри мукааб гази биологӣ истеҳсол кардан мумкин аст.

Айни замон дар як қатор ноҳияҳои ҷумҳурий истеҳсоли гази биологӣ дар хоҷагиҳои оилавӣ дар ҳаҷми то 100 метри мукааб дар ҳафта ба роҳ монда шудааст, вале дар хоҷагиҳои кишоварзӣ ҳанӯз чунин корхонаи истеҳсоли гази биологӣ ба роҳ монда нашудааст.

Хулоса

Ҳангоми омӯзиши як қатор сарчашмаҳо ва адабиётҳо дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон корхонаи истеҳсолкунандаи гази биологӣ аз ҳисоби

партовхоро сохтан мумкин аст. Чунин хулоса кардан лозим аст, ки гази биологи дар шароитҳои иқлимии Ҷумҳурии Тоҷикистон бо сифати баланд истеҳсол мешавад. Аз тарафи муалифон чунин пешниҳод мешавад, ки ин корхона дар Ҷумҳурии Тоҷикистон сохта шуда ахлоту партовҳо коркард карда шаванд. Дар ин замина партовҳо дар гирду атроф кам гашта ба экологияи муҳити атроф таъсири бебаҳо мегузорад.

Рӯйхати адабиётҳо

1. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю, Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. - Ташкент: ФАН, 1988.
2. Андреев С.В. Солнечные электростанции. - М.: Наука, 2002.
3. Агеев В.А. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. - М.: Наука, 2004.
4. Андерсон Б. Солнечная энергия. - М.: Стройиздат, 1982.
5. Ахмедов Р.Б. Перспективы использования нетрадиционных источников энергии. - М.: Информэнерго, 1985.
6. Баланчевадзе В. И., Барановский А. И. и др.; Под ред. А. Ф. Дьякова. Энергетика сегодня и завтра. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
7. Более чем достаточно. Оптимистический взгляд на будущее энергетики мира, /под ред. Р. Кларка: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
- Бурдаков В.П.. Электроэнергия из космоса. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
8. Бекман У. и др. Расчет систем солнечного теплоснабжения. - М.: энергоиздат, 1982.

Сведения об авторах:

Раупов Насим Махмадшарипович – старший преподаватель кафедры нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 000-20-01-71, E-mail: nasim.raupov@bk.ru

Ризоев Сухайли Нодирович – ассистент кафедры нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён

Носиров Исмоил Сафарович – к.т.н., старший преподаватель кафедры релейной защиты и автоматики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 902-20-24-51, E-mail: nosirov6@mail.ru

МОЛНИЕЗАЩИТА ВЕТРОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Рахимов Ф.М.

ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

E – mail: rm-firdavs@mail.ru

Аннотация. В работе представлено общая информация о проблемах защиты от молнии ветровых энергетических установок. Отмечены основные параметры для расчета зоны защиты молниеотвода.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, удар молнии, защита от ударов молнии, зона защиты молние отвода.

LIGHTNING PROTECTION OF WIND POWER PLANTS

Annotation. The paper presents general information about the problems of lightning protection of wind power plants. The main parameters for calculating the calculation of the lightning rod protection zone is noted.

Key words: wind power plant, lightning strike, lightning protection, lightning protection zone.

Ветрогенераторы как одни из разновидностей источников альтернативной энергетике последнее время бурно развиваются и с каждым годом их установленная мощность и соответственно количество растет. Но, как и все оборудование оно имеет множество моментов, на которое стоит обратить немало внимания. Практика показывает, что для достижения максимальной эффективности ВЭУ необходимо чтобы они были размещены в наиболее благоприятной для эксплуатации возвышенностях. Из – за этого ВЭУ часто подвергаются ударами молнии, которое по статистике составляют более 60% от общего числа аварий квалифицируемых как внешние факторы. Это ведет к огромному количеству поломок, а они в свою очередь к трате большого бюджета для восстановления.

Молния — это кратковременный разряд, возникающий в грозовом облаке, значение которого варьируется от 10кА и до 100кА. Т.к. большинство разрядов молнии имеет отрицательную полярность, то чаще всего возникают так называемые нисходящие молнии. Длительность этого явления может составлять от 0,2 сек. до 1,5 сек. Совокупность причин может вести к появлению разряда молний.

Существует множество видов ветровых установок, начиная от малых, как уже было сказано выше и заканчивая огромными мощностью 7,5МВт, которые способные запитать небольшой городок. Отсюда возникает логичный вопрос о том, какая молниезащита нужна для ветрогенератора. Рассмотрим

несколько видов и тип защит. Согласно ГОСТ Р 54418.24-2013, п.6.2 для ветроустановок существует четыре уровня защиты, которые обязательно должны быть выбраны исходя из местности, где будет установлен ветрогенератор. Также необходимо учитывать максимальные параметры молнии по ГОСТ Р МЭК 62305-1, (пиковое значение тока, мгновенное значение заряда и время удара). Если в ходе анализа рисков, ВЭУ не имеет особых исключений, то устанавливается первый уровень защиты, в некоторых случаях в ходе расчетов принимают меньше первого уровня защиты т.к. он является наиболее экономически выгодным. Иногда бывают случаи, когда для разных элементов ВЭУ используется разные уровни защиты.

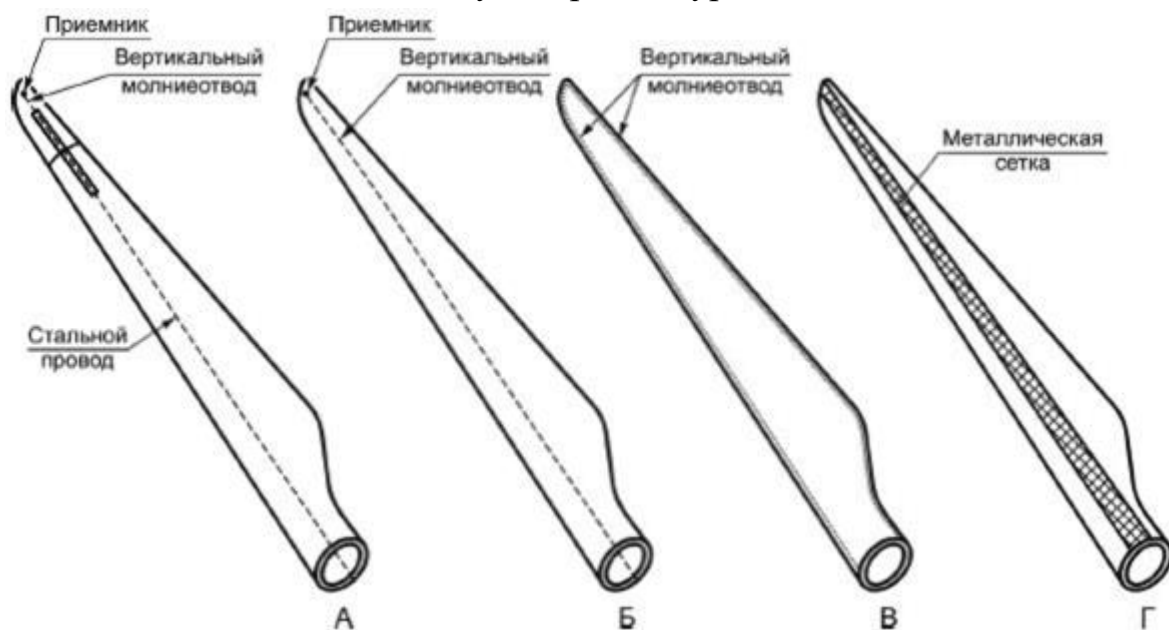


Рис.1. Принципы молниезащиты для лопастей больших ВЭУ

Как показано на рис.1 для перенаправления молнии используются медные или алюминиевые проводники. Они могут располагаться внутри вдоль лопасти как на примерах А и Б или же снаружи: вокруг всей лопасти на примере В и вдоль так называемая металлическая сетка рисунок под буквой Г. Еще одним примером прикрепления проводников, это клейкие сегменты, но на практике они не нашли применения т.к. очень часто отклеиваются. Но наиболее популярный это использование вертикальных молниеотводов, которые располагаются на концах лопастей и отводят энергию к комелю на рис А, Б.

Молниезащита ВЭУ не может существовать без токоотвода, конструкции которого тоже различны. Для мощных установок изготавливается полая стальная мачта-опора (часто ее называют клеткой Фарадея). Чаще всего защита к таким опорам присваивается 1 или 2 уровня защиты. Еще существуют токоотводы в виде железобетонных конструкция

(внутри арматуры по которым будет протекать ток во время удара молнии), которые выполняют функцию опоры. Дополнительно они оборудуются стальной омедненной или просто медной проволокой 8 мм согласно СО 153-34.21.122-2003, п.3.2.2.3.

Данные, которые необходимы для расчета зоны защиты молниеотвода приведены ниже:

- Место расположения объекта
- Длина, L
- Ширина, S
- Высота, H
- Диаметр верхней части объекта, D_{верх}
- Диаметр наземной части объекта, D_{назем}
- Удельное сопротивление грунта, ρ, Ом·м
- Зона класса взрыво-пожароопасности и ее характеристика
- Категория молниезащиты
- Тип зоны защиты
- Степень огнестойкости здания
- Удельная плотность ударов молнии в землю, п/км²·год
- Количество поражений объекта молнией, раз/год
- Расстояние от объекта до молниеотвода, S_в, м
- Радиус зоны защиты r_х на высоте сооружения h_х, м
- Высота молниеотвода, h, м
- Радиус зоны стягивания, r₀, м

Подсчет ожидаемого количества N поражений объекта молнией в год производится по формуле:

$$N = 9\pi h^2 n 10^{-6} \quad (1)$$

где h-наибольшая высота конструкции, n- среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности (удельная плотность, ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Заключение

Республика Таджикистан являясь горной страной имеет место значительное количество грозовых дней. При развитие ветровой энергетики проблема защиты от ударов молнии является актуальной задачей. При проектировании ветроустановок в условия Республики Таджикистан обязательно нужно рассчитывать все необходимые параметры и знать данные, начиная от места установки оборудования и заканчивая материалами из которых будет проектироваться ВЭУ. Учитывая защиту от молний поможет

обезопасить оборудование от поломок, а в следствии от больших затрат на восстановление.

Литература

1. Обозов, А.Дж. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие для вузов //А.Дж. Обозов, Р.М. Ботпаев. - Бишкек: КГТУ, 2010. – С. 218.
2. Сафонов, Ю.А. Обоснование применения преобразователя частоты для стабилизации параметров электрической энергии ветроэлектростанций // Ю.А. Сафонов, М.В. Кундухов // Известия горского государственного аграрного университета. - 2015. - Т. 52, № 4. - С. 203207.
3. Gao L. Characteristics of Streamer Discharges in Air and along Insulating Surfaces / Institute of High Voltage Research, Uppsala University, Sweden, PhD thesis. 2000.
4. МЭК 61400-24 // Система генерации ветряных турбин. Ч. 24. Молниезащита. 2010.

Сведения об авторе:

Рахимов Ф.М. – ассистент кафедры «Электрические станции», ТТУ имени академика М.С. Осими.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УСТАНОВКИ

Рахимов Ф.М.

(ГТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)

E – mail: rm-firdavs@mail.ru

***Аннотация.** В работе представлено общая информация о влиянии атмосферного давления на производительность ветрового энергетического установки. Предполагается, что значение плотности воздуха имеет зависимость от температуры, атмосферного давления и массовой доли водяного пара. Высота расположения ветроустановки над уровнем моря приводит к изменению значения плотности воздуха, что необходимо учесть при оценке его производительности.*

***Ключевые слова:** ветроэнергетическая установка, плотность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, средняя скорость ветрового потока, ометаемая площадь.*

INFLUENCE OF CHANGES IN ATMOSPHERIC PRESSURE ON THE PERFORMANCE OF A WIND POWER PLANT

***Annotation.** The paper presents general information on the effect of atmospheric pressure on the performance of a wind power plant. It is assumed that the value of air density is dependent on temperature, atmospheric pressure and the mass fraction of water vapor. The height of the wind turbine above sea level leads to a change in the value of air density, which must be taken into account when assessing its performance.*

***Key words:** wind power plant, air density, atmospheric pressure, wind speed, average wind speed, swept area.*

Преобразование энергии ветрового потока в электрическую энергию происходит за счет появления аэродинамической силы на лопастях турбины. При проектировании ветроэнергетических установок необходимо производить оценку ожидаемой выработки электроэнергии на основании ветроэнергетического потенциала в местах их предполагаемого размещения.

Изменение скорости ветра в вертикальном профиле определяется на основании статистических зависимостей, которые описываются аппроксимацией в виде степенной или логарифмической функции:

– функция степенной аппроксимации [1-4]:

$$v(h_2) = v(h_1) \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^m, \quad (1)$$

где $v(h_1)$ – скорость ветра на высоте регулярных данных наблюдений;

h_2 – расчетная высота оси ветроколеса;

m – степенной коэффициент Хелмана, учитывающий влияние орографии (шероховатости), подстилающей поверхности на скорость ветра, определяется по формуле [1]:

$$m = \frac{1}{\ln \frac{\sqrt{h_1 \cdot h_2}}{z_0}}, \quad (2)$$

где z_0 – коэффициент, характеризующий шероховатость подстилающей поверхности, рассчитываемый по формуле:

$$z_0 = e^{\frac{v(h_1)\ln(h_2) - v(h_2)\ln(h_1)}{h_1 - h_2}}, \quad (3)$$

- логарифмическая функция

$$v(h_2) = v(h_1) \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)}, \quad (4)$$

Удельная теоретическая мощность ветрового потока для конкретных градаций скорости ветра определяется по формуле:

$$N_w = \frac{\frac{1}{2} \rho v^3 f(v)}{100}, \quad (5)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

v – скорость ветра, соответствующая данной градации, м/с;

$f(v)$ – относительная (дифференциальная) повторяемость скорости ветра в данной градации.

С целью уточнения расчета удельной теоретической мощности ветрового потока определяется средняя месячная плотность воздуха, которая вычисляется по соответствующим средним значениям давления, температуры и массовой доле водяного пара (удельной влажности) по следующей формуле

$$\rho = \frac{p}{RT(1+0,605s \cdot 10^{-3})}, \quad (6)$$

где p – атмосферное давление, Па;

R – удельная газовая постоянная сухого воздуха, Дж/кг*К;

T – абсолютная температура воздуха, К;

s – массовая доля водяного пара, г/кг, определяется по формуле:

$$s = \frac{621,98e}{p-0,378e}, \quad (7)$$

где e – парциальное давление, гПа.

При отсутствии фактических данных атмосферного давления и массовой доли водяного пара плотность воздуха определяется по формуле:

$$\rho(h) = \frac{p_0}{RT} \exp\left(\frac{-gh}{RT}\right), \quad (8)$$

где p_0 – стандартное атмосферное давление на уровне моря, соответствующее плотности воздуха $1,225 \text{ кг/м}^3$, Па;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

h – высота над уровнем моря, м.

Общая мощность суммарного (полного) ветрового потока N_{Π} оценивается по формуле:

$$N_{\Pi} = \frac{1}{2} \rho \bar{v}^3 S, \quad (9)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ;

\bar{v}^3 – средняя скорость ветра, определяемая по данным наблюдений, м/с ;

S – площадь сечения ветрового потока, м^2 .

Таким образом при установке ВЭУ в горных условиях следует имеющиеся метеорологические данные корректировать для уточнения ожидаемой энергии производимой ВЭУ.

Литература

1. Burton, T. Wind energy. UK/ T. Burton, D Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi// John Wiley & Sons Ltd, 2001. – P. 643.
2. IEC 61400-12-1 Ed.1: Wind turbines – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines.
3. Кобышева, Н.В. Климатологическая обработка метеорологической информации/ Н.В. Кобышева, Я.Г. Наровлянский. – Лн.: Гидрометеиздат, 1978. – 292 с.
4. Manwell, J.F. Wind energy explained. Theory, design and application. Amherst/ J.V. Manwell, J.G. McGowan, A.L. Rogers// John Wiley & Sons Ltd, 2002. – P. 590.

Сведения об авторе:

Рахимов Ф.М. – ассистент кафедры «Электрические станции», ТТУ имени академика М.С. Осими.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗА ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Субхонов Ш., Зиёратшоу К., Махмудова Ш.М.

Научный руководитель – к.т.н. Киргизов А.К.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

E-mail: olim2104@mail.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается вопрос повышения точности прогнозирования выработки энергии от возобновляемых источников (ВИЭ) наравне с обеспечением возможности краткосрочного прогнозирования для их надёжной интеграции в составе современной энергосистемы посредством внедрения передовых программных и аппаратных средств. Также уделено внимание результатам повышения эффективности для существующих пилотных проектов, внедривших краткосрочное прогнозирование.*

***Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, повышение эффективности прогнозирования, краткосрочное прогнозирование, численная модель прогнозирования погоды, возобновляемая энергетика, солнечная энергетика, ветровая энергетика.*

WIND AND SOLAR ENERGY PREDICTION METHOD

***Abstract.** The article examines the issue of improving the accuracy of forecasting energy generation from renewable sources (RES) along with providing the possibility of short-term forecasting for their reliable integration into the modern energy system through the introduction of advanced software and hardware. Attention is also paid to the results of efficiency improvement for existing pilot projects that have implemented short-term forecasting.*

***Key words:** renewable energy sources, improving the efficiency of forecasting, short-term forecasting, numerical model of forecasting, renewable energy, solar energy, wind energy.*

Как известно возобновляемые источники энергии (ВИЭ) являются очень непредсказуемыми источниками энергии. На сегодняшний день существуют множество различных методик расчёта мощности ВИЭ. Системы прогнозирования мощности ВИЭ требует использования стандартизированной методологии. Как правило, ошибка прогноза определяется как разница между измеренное и прогнозируемое значение. Для времени упреждения прогноза k ошибка прогноза для времени упреждения, $(t + k)$ равна

$$e(t + k)_t = P(t + k) - \hat{P}(t + k)_t \quad (1)$$

где, $P(t + k)$ — измеренная мощность в момент времени, $(t + k)$,

$\hat{P}(t + k)_t$ — прогноз мощности на время, $(t + k)$, сделанный в момент времени t , и $e(t+k)$

t — соответствующая времени $(t+k)$ ошибка прогноза, сделанного в момент времени t .

Удобно ввести нормализованную (или относительную) ошибку прогноза ε для сравнения прогнозных характеристик ветряных или солнечных установок разного размера, связав ошибку с установленной мощностью P_{inst} .

$$\varepsilon(t + k)_t = \frac{1}{P_{inst}} \varepsilon(t + k)_t = \frac{1}{P_{inst}} [H(t + k) - \hat{P}(t + K)_t] \quad (2)$$

Любая ошибка предсказания состоит из систематического (μ_e) и случайного (x_e) вкладов.

$$e = \mu_e + x_e \quad (3)$$

Здесь, μ_e — константа, а x_e — случайная величина с нулевым средним значением.

Систематическая ошибка описывается смещением модели (BIAS), которое представляет собой среднюю ошибку за весь период оценки (с количеством N данных, используемых для оценки модели) и рассчитывается для каждого горизонта k как

$$BIAS(k) = \hat{\mu}_e = \bar{e}_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e(t + k)_t \quad (4)$$

Два основных критерия для описания работы прогностических систем являются общими: средняя абсолютная ошибка (MAE) и среднеквадратическая ошибка (RMSE). Средняя абсолютная ошибка

$$MAE(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |e(t + k)_t| \quad (5)$$

Наиболее часто используемой мерой является среднеквадратическая ошибка (RMSE), основанная на среднеквадратичной ошибке (MSE).

$$MSE(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |e^2(t + k)_t| \quad (6)$$

Тогда среднеквадратическая ошибка равна

$$RMSE(k) = \sqrt{MSE(k)} = \left(\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e^2(t + k)_t\right)^{1/2} \quad (7)$$

Систематические и случайные ошибки вносят вклад как в MAE, так и в RMSE. Альтернативой использованию RMSE является стандартное отклонение ошибок (SDE).

$$SDE(k) = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (e(t + k)_t - \hat{e}_k)\right)^{1/2} \quad (8)$$

SDE описывает стандартное отклонение распределения ошибок и поэтому включает только случайную ошибку. Поскольку меры BIAS и MAE связаны с первыми статистическими моментами ошибки прогноза, они напрямую связаны с произведенной энергией. Значения RMSE и SDE связаны со вторым статистическим моментом, т. е. связаны с дисперсией ошибки прогноза. В последнем случае большее влияние оказывают большие ошибки предсказания. Эти меры ошибок могут быть рассчитаны с использованием как абсолютной ошибки предсказания, $e(t + k)_t$, так и нормализованной ошибки предсказания $\varepsilon(t + k)_t$. Нормализованная мера ошибки дает результаты, не зависящие от размера рассматриваемой энергетической системы. В этом случае меры погрешности называются относительными или нормированными погрешностями (rBIAS, nBIAS) и т. д. На практике для нормализации в основном используется установленная мощность, P_{inst} . Исторически сложилось так, что электроэнергетические компании предпочитали это соглашение, потому что установленная мощность является более надежным значением, обозначающим максимально достижимое производство из источников возобновляемой энергии и всегда дающим постоянное ненулевое значение. Однако это очевидно, не позволяет описать ошибку в процентах от измеренной (или прогнозируемой) мощности. Чтобы преодолеть проблему деления на ноль, прогнозную оценку можно выполнить за более длительный период, а затем нормализовать по среднему измеренному производству энергии за весь период. В любом случае мы настоятельно рекомендуем реализовать надлежащую стратегию оценки системы прогнозирования, включая выбор стандартизированного набора критериев. Эта процедура должна быть задокументирована, например, в справочнике по оценке, который затем является обязательным для всех случаев прогнозирования мощности ВИЭ.

Литература

1. Electricity Storage Valuation Framework [Электронный ресурс] // IRENA, International Renewable Energy Agency. - 2020. – Режим доступа: https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_storage_valuation_2020.pdf – Дата доступа: 20.04.2021.
2. The value of day-ahead solar power forecasting improvement [Электронный ресурс] // Science Direct. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X16000736>. – Дата доступа: 17.09.2021.

3. UK's National Grid to use Machine Learning to Better Predict Solar Generation [Электронный ресурс] // Prospero Events Group. – Режим доступа: <https://www.prosperevents.com/uks-national-grid-to-use-machine-learning-to-better-predict-solar-generation/>. – Дата доступа: 11.09.2021.

4. Vestas and Utopus Insights to pilot energy forecasting solutions for renewable power plants in Australia [Электронный ресурс] // UTOPIUS Insights. – Режим доступа: <https://www.utopusinsights.com/australiapilot>. – Дата доступа: 26.09.2021.

5. Building the Sun4Cast System: Improvements in Solar Power Forecasting [Электронный ресурс] // AMS, American Meteorological Society. – Режим доступа: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/99/1/bams-d-16-0221.1.xml>. – Дата доступа: 22.09.2021.

6. Market Evolution: Wholesale Electricity Market Design for 21st Century Power Systems [Электронный ресурс] // NREL, National Renewable Energy Agency. – Режим доступа: <https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/57477.pdf>. – Дата доступа: 01.10.2021.

Сведения об авторах:

Зиёратшои К – магистрант 1-го курса, группы 430101 Б кафедры «ЭС», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Субхонов Ш – магистрант 2-го курса, группы 430101 Б кафедры «ЭС», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Киргизов А.К. – руководитель, доцент кафедры «ЭС», ТТУ имени академика М.С. Осими.

ОЦЕНКИ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Сафаров М.И., Зиёев А.С., Мирзоев А.И., Вайсиддинович Д.Т.

Научный руководитель – к.т.н. Хасанзода Н.

***Аннотация.** В работе построена нечеткая регрессионная модель прогнозирования скорости ветрового потока. Показано, что на основе этих прогнозных значений на каждые три часа вперед на суточном интервале позволяет предсказать мощность, генерируемую альтернативными источниками энергии. Предложена новая вероятностная модель генерирующей способности ветроэнергетической установки с учетом флуктуации скорости ветрового потока, относительно математического ожидания на заданном интервале времени.*

***Ключевые слова:** Альтернативные источники энергии, активный потребитель, двусторонний поток энергии, ветроэнергетическая станция, сеть оптимизационная модель.*

ESTIMATES OF THE POWER OF WIND POWER PLANTS ON THE BASIS OF PROBABILISTIC CHARACTERISTICS

***Annotation.** In this work, a fuzzy regression model for predicting the speed of the wind flow is built. It is shown that on the basis of these forecast values for every three hours ahead on a daily interval, it is possible to predict the power generated by alternative energy sources. A new probabilistic model of the generating capacity of a wind power plant is proposed, taking into account fluctuations in the speed of the wind flow, relative to the mathematical expectation at a given time interval.*

***Key words:** alternative energy sources, active consumer, two-way energy flow, wind power station, network optimization model.*

Введение

В настоящее время все большее значение в электроэнергетике играют альтернативные и возобновляемые источники энергии, которые улучшают экологическую обстановку и позволяют отдельным активным электропотребителям иметь собственные источники генерации энергии. Наряду с этим, взаимосвязи между источниками генерации и электропотребителями усложняются за счет новых требований к балансированию режимов, что объясняется некоторой непредсказуемостью генерации энергии альтернативными источниками, а также необходимостью подключения дополнительных объектов в виде накопителей энергии.

При этом современная тенденция состоит в повышении роли информационных и компьютерных технологий для создания человеко-машинных систем поддержки принятия решений. Эти системы, в свою очередь, должны использовать те или иные методы искусственного интеллекта, которые позволяют выполнить интеллектуализацию режимных и производственных процессов в электроэнергетике. Наибольший интерес представляют новые методы искусственного интеллекта и информационных технологий, основанные на теории нечетких множеств, нечеткой логике, генетических алгоритмах и методах роевого интеллекта, позволяющие оптимизировать электрические режимы и минимизировать материально-финансовые затраты, что существенно повышает энергоэффективность, как отдельных устройств, так и системы в целом.

Нечеткая модель скорости ветра. Основные параметры ветрового потока и других параметров альтернативных источников энергии могут быть описаны с помощью лингвистических переменных. Иначе говоря, эти переменные могут быть представлены не только в виде чисел, а также в виде слов и предложений вербальной модели, на естественном языке субъекта. В качестве математического аппарата для согласования разговорного языка субъекта или лица принимающего решения, с формальным языком, характерного для вычислительных процедур необходимо использовать основные понятия и термины теории нечетких множеств.

Для построения нечетких моделей необходимо принять функции принадлежности, той или иной формы, которые определяют смысл лингвистических переменных, лежащих в основе математической модели. Общепринято, что скорость ветрового потока может быть охарактеризована шкалой Бофорта, которая представлена в таблице 1 [1].

Можно отметить, что скорости ветра может быть представлено разными параметрами, а именно: баллами, лингвистическими переменными с оценкой интервалов скорости ветра, для каждой из них и воздействием на ветроустановки [2]. При этом шкале Бофорта выделено 12 основных оценок скорости ветра.

Однако в настоящей работе рассматривается 8 основных лингвистических оценок скорости ветра, начиная с легкого ветра, в связи с тем, что разворот ветротурбин начинается именно с этой скорости и выше. Штиль и отсутствие ветрового потока, когда скорость ветра равно нулю не представляют интереса с энергетической точки зрения. Наряду с этим, такие лингвистические оценки скорости ветра, как шторм и ураган также

неприемлемы, поскольку не предусмотрены по механической прочности и вибрационной устойчивости конструктивным исполнением ВЭУ.

При представлении скорости ветра в виде некоторых интервальных оценок, например, от 3,6 до 5,8 м/с ветер, как лингвистическая переменная оценивается, как «умеренный».

Для повышения достоверности оценки мощности ветроэнергетических установок воспользуемся нечетким представлением скорости ветра в виде некоторых функции принадлежности. На этой основе представим традиционную шкалу Бофорта в виде соответствующих функций принадлежности лингвистических переменных скорости ветрового потока. Для каждой лингвистической переменной скорости ветра, приведенной шкалы Бофорта, выбраны треугольной функции принадлежности. В этом случае значение принадлежности $\mu = 0,5$ для точек значения силы ветра будут иметь равноценный значение по отношению к соседней лингвистической переменной. При $\mu = 1$ значение скорости в каждом диапазоне будет равно $(V_{\max} + V_{\min}) / 2$.

Наиболее удобной формой функций принадлежности для некоторых заданных интервалов является её представление в виде аналитической форме с помощью треугольных *L–R* (Left–Right) функций [3].

На рисунке 1 эти функции принадлежности представлены для всех лингвистических переменных шкалы Бофорта. При рассмотрении функции принадлежности скорости ветра необходимо учитывать принадлежность на интервале от 0 до 1, поэтому каждое значение лингвистической переменной в своем основании будет иметь значение $\mu = 0$.

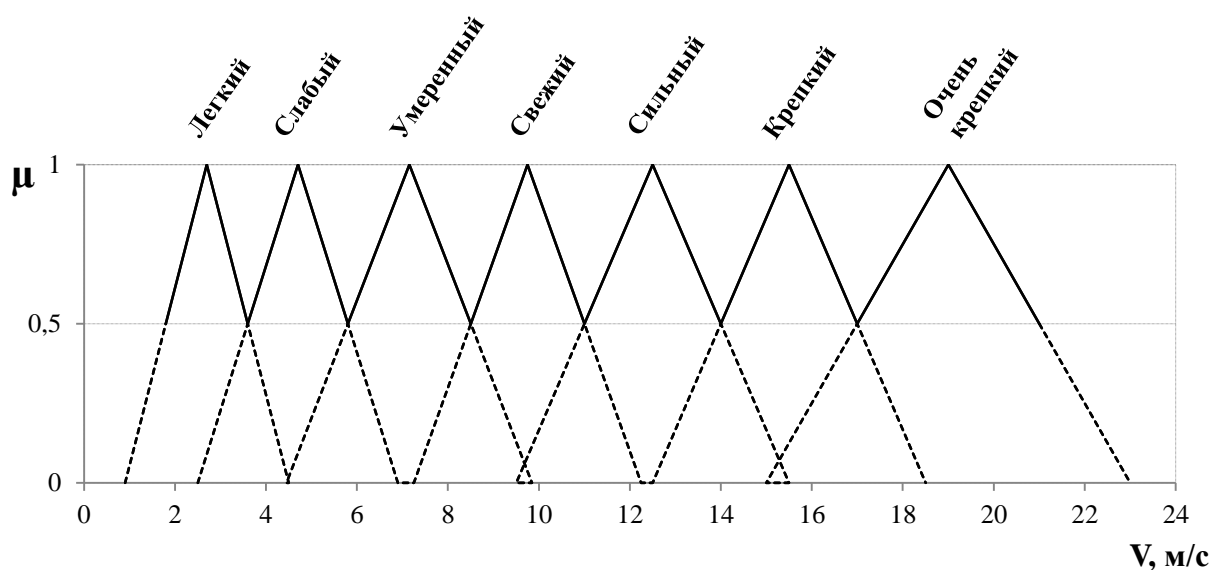


Рис.1. Функции принадлежности лингвистических переменных скорости ветра

Оценка мощности ВЭУ на основе прогноза ветрового потока

Мощность на выходе ВЭУ напрямую зависит от скорости ветрового потока, который сильно изменяется во времени, от местной погоды и поверхности местности. Зависимость между скоростью ветра, проходящего через ометаемую площадь установки A (м^2) и мощности выражается через формулу:

$$P_{\text{дет.}} = C_p \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{V^3}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздушного потока (кг/м^3), зависящая от температуры и давления воздуха, A – площадь, ометаемая лопастями, V – скорость ветра, C_p – коэффициент эффективности ВЭУ.

Один из простых методов преобразования скорости ветра в мощность – это использование характеристики мощности от производителя конкретной установки. Подобный метод и результаты исследования подробно описаны в работе [4]. Приведённая математическая модель (1), является детерминистической, так как она не учитывает вероятностные отклонения от некоторого среднего значения на некотором интервале времени, то есть флуктуацию (колебания), скорости ветрового потока, что имеет место в реальной действительности.

Известно, что при нелинейной зависимости между входным и выходным возмущениями (сигналами), возникает смещения математического ожидания выходного сигнала от дисперсии входного сигнала. Так, например, это наглядно видно, при квадратичной зависимости потерь активной мощности от тока в линиях электропередачи в детерминистическом варианте, при токе I и сопротивлении R , равны:

$$\Delta P_{\text{дет.}} = I^2 \cdot R, \quad (2)$$

В стохастической постановке задачи, то есть при учете флуктуации тока потери равны:

$$\Delta P_{\text{сто.}} = (\overline{I^2} + D_I) \cdot R = \overline{I^2} \cdot R + D_I \cdot R, \quad (3)$$

Иначе говоря, детерминистическое решение является частным случаем от стохастического решения. Подобным образом можно установить вероятностную зависимость между скоростью ветра с учетом её флуктуации и выработкой мощности ветроустановкой.

Разработку новой вероятностной математической модели оценки мощности, вырабатываемой ВЭУ, выполним через начальные и центральные моменты случайной величины, в качестве которой выбрана скорость ветрового потока. Результирующее выражение имеет вид:

$$P_{сто.} = \frac{C_p \cdot \rho \cdot A}{2} \cdot (\bar{V}^3 + \bar{V} \cdot \sigma_V^2). \quad (4)$$

При сравнении (1) и (4) видно, что учет флуктуации скорости ветра, смещает математическое ожидание, вырабатываемой мощности ВЭУ в сторону большего значения. Иначе говоря, флуктуации ветрового потока (скорости ветра) позволяет увеличить вырабатываемую мощность, что обусловлено нелинейной зависимостью мощности от скорости ветра.

Таблица 1.

Выработка активной мощности ВЭУ при фактических и прогнозных значениях скорости ветра

Время суток	m _x			D _x		σ _x		P _{дет.} , МВт		P _{сто.} , МВт	
	Ф	П	σ, %	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П
0	14	12,2	12,9	13,68	7,88	3,70	2,81	2,05	2,05	2,05	2,05
3	10	13,1	31,0	11,47	12,32	3,39	3,51	1,18	2,05	1,31	2,05
6	11	13,4	21,8	7,69	11,11	2,77	3,33	1,56	2,05	1,66	2,05
9	11	12,6	14,5	11,12	13,73	3,33	3,70	1,56	2,05	1,71	2,05
12	15	11,9	20,7	31,00	12,51	5,57	3,54	2,05	1,98	2,05	2,05
15	13	10,3	20,8	17,49	11,18	4,18	3,34	2,05	1,28	2,05	1,42
18	15	14,7	2,0	28,71	26,24	5,36	5,12	2,05	2,05	2,05	2,05
21	14	10,7	23,6	17,49	8,65	4,18	2,94	2,05	1,44	2,05	1,55
24	14	12,2	12,9	13,68	7,88	3,70	2,81	2,05	2,05	2,05	2,05

Из табл. 2 следует, что погрешность в прогнозировании математического ожидания скорости ветра на три часа в период составляет 17,8 %.

На рисунке 2 представлены графики выработки мощности ветроустановки при детерминистической модели ветра (1) и вероятностной модели с учетом среднеквадратического отклонения скорости ветра (4).

Из графика видно, что при значительных значениях среднеквадратического отклонения скорости ветра от 0 до 12 часов вероятностная модель позволяет учесть некоторую дополнительную мощность от флуктуации скорости ветра.

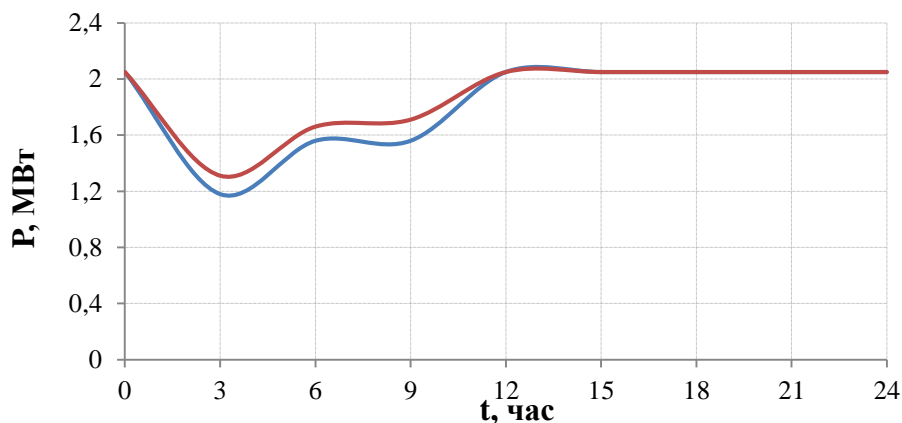


Рис. 2. Выработка активной мощности ВЭУ на суточном интервале с учетом обеих моделей ($P_{дет.}$ – синяя линия и $P_{сто.}$ – красная линия)

Заключение

1. Определено семейство нечетких функций принадлежности лингвистических переменных скорости ветра по шкале Бофорта в виде треугольных L-R – функций и выведены аналитические выражения характерных функции принадлежности для тех лингвистических переменных скоростей ветра, при которых возможна работа ветроустановок.

2. Предложена новая математическая модель для оценки максимальной выработки мощности ветроустановки с учетом вероятностных отклонений скорости ветрового потока от его математического ожидания. Показано, что непериодические колебания скорости ветра позволяют на 6–7% увеличить мощность ветроустановки на величину $(\bar{V} \cdot \sigma_V^2)$. Предложенная модель подана в качестве заявки на полезную модель.

Литература:

1. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде; пер. с англ. Н.И. Ринго; под ред.: Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского. – Москва: Мир, 1976. – 165 с.
2. Манусов, В.З. Применение методов искусственного интеллекта в задачах управления режимами электрических сетей Smart Grid / В.З.Манусов, Н. Хасанзода, П.В. Матренин – Новосибирск: Издательство Новосибирский государственный технический университет, 2019 – 240 с.
3. Takagi T. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15. – no. 1. – pp. 116–132.
4. Manusov V.Z. Swarm algorithms in dynamic optimization problem of reactive power compensation units control / V.Z. Manusov, P.V. Matrenin, N. Khasanzoda // International Journal of Electrical and Computer Engineering

(IJESCE) Vol. 9, No. 5, October 2019, pp. 3967–3974 ISSN: 2088-8708, DOI: 10.11591/ijesce.v9i5.pp 3967-3974

Сведение об авторах:

Сафаров Манучехр Исуфович – ст. препод. кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины» ТТУ имени академика М.С. Осими.

Зиёев Абдулхаким Сафарович – помощник Председателя ОАХК "Барки Годжик"

Мирзаев Аскарали Илхамжанович – магистрант 2-го курса группы 430101Б, ТТУ имени академика М.С. Осими

Вайсиддинов Далер Тоджиддинович – магистрант 1-го курса группы 430101Б, ТТУ имени академика М.С. Осими

Саидов Мехрочиддин Абдугафорович – магистрант 1-го курса группы 430101Б, ТТУ имени академика М.С. Осими

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Махсумов И.Б.

Институт энергетики Таджикистана, р. Кушониён

E-mail: messi.ilhom@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние использования различных возобновляемых источников энергии на экологию и окружающую среду. Несмотря на бурное развитие устойчивой возобновляемой энергетики в мире, на сегодняшний день наиболее опасными источниками энергии являются ископаемые виды топлива (уголь, нефть и природный газ), которые активно и безрассудно используются человеком. Также в работе отдельно рассматривается негативное влияние на окружающую среду таких источников, как: ископаемое топливо, биоэнергия (биотопливо), солнечная энергия, энергия воды, ядерная энергия, кислотные дожди и последствия глобального потепления.

Ключевые слова: экология, ВИЭ, ископаемое топливо, глобальное потепления, атомная энергия, биоэнергетика.

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES

Abstract. This article discusses the impact of the use of various renewable energy sources on ecology and the environment. Despite the rapid development of sustainable renewable energy in the world, today the most dangerous sources of energy are fossil fuels (coal, oil and natural gas), which are actively and recklessly used by man. Also, the paper separately considers the negative impact on the environment of such sources as: fossil fuels, bioenergy (biofuel), solar energy, water energy, nuclear energy, acid rain and the effects of global warming.

Keywords: ecology, RES, fossil fuels, global warming, nuclear energy, bioenergy.

Введение

Производство, транспортировка и использование энергии оказывают большое влияние на окружающую среду и экосистемы. К сожалению, энергия почти всегда оказывает негативное влияние на окружающую среду, от прямых экологических катастроф, таких как разливы нефти, кислотные дожди и радиоактивные выбросы, до косвенных эффектов, таких как глобальное потепление. Поскольку энергетические потребности человечества будут продолжать расти и в ближайшие десятилетия, некоторые меры, которые бы

максимально уменьшили влияние энергетического использования на окружающую среду, действительно необходимы. Наиболее опасными источниками энергии в настоящее время являются ископаемые виды топлива (уголь, нефть и природный газ), а потенциальную опасность представляет также отработанное радиоактивное топливо атомных электростанций (высокорадиоактивные отходы).

Большая часть мировой энергии по-прежнему производится из экологически неприемлемых источников энергии, особенно из ископаемого топлива, которое по-прежнему является доминирующим источником энергии. Поскольку основой ископаемого топлива является уголь, при нормальном сгорании этого топлива образуется двуокись углерода (CO_2), которая является парниковым газом. Этот углекислый газ в основном попадает в атмосферу и своим парниковым эффектом вызывает глобальное потепление. Еще более опасен газ, который выделяется при неполном сгорании топлива (сгорании без необходимого количества кислорода), а это окись углерода (CO). Угарный газ — чрезвычайно ядовитый газ без цвета, вкуса и запаха, а его концентрация всего 0,6% вызывает смерть всего через 15 минут после вдыхания [1].

На данный момент ни одно ископаемое топливо не проходит полную очистку, поэтому при сгорании выделяются и некоторые другие вредные газы, такие как двуокись серы или окись азота. Эти газы в дальнейшем реагируют с водяным паром в облаках, образуя капли, которые падают на землю в виде слабой серной и азотной кислоты – кислотные дожди, и эти дожди крайне негативно сказываются на всех пойманных ими экосистемах. При сгорании некоторых источников энергии образуются мельчайшие частицы минералов, которые позже образуют пепел, но некоторое количество этих частиц поднимается в атмосферу вместе с вихрем дыма. Эти частицы очень опасны для здоровья человека.

Влияние источников энергии. Показатели использования экологически приемлемых источников энергии в глобальном масштабе все еще ничтожны, а экологические проблемы как следствие чрезмерного использования ископаемых видов топлива по-прежнему заслуживают особого внимания не только с энергетической, но, безусловно, и с экологической точки зрения. Различные источники энергии по-разному влияют на окружающую среду, в которой эти источники энергии производятся, транспортируются или используются. На рисунке 1 показан приземный озон как пример того, как основное использование топлива влияет на качество воздуха. Поверхностный озон является результатом реакции, которая происходит, когда застойный воздух и солнечная погода

оксида азота вступает в реакцию с органическими летучими веществами. Оксид азота на поверхности обычно является результатом сгорания ископаемого топлива, а органические летучие вещества образуются из дыма топлива, различных растворителей и т.п. Поверхностный озон оказывает негативное воздействие на дыхательные пути и снижает работоспособность легких, может вызывать раздражение носа и глаз и в целом снижать способность людей заниматься своими обычными делами [1.2].

Поверхностный озон — лишь одна из многих проблем, связанных с энергетикой, а влияние других источников энергии на окружающую среду объясняется в следующем продолжении:



Рис.1. Поверхностный озон в условиях города

Ископаемое топливо – этот вид топлива оказывает самое сильное негативное воздействие на окружающую среду. Сгорание ископаемого топлива приводит к выбросу огромного количества углерода, который осаждался миллионы лет, а затем был покрыт слоями горных пород и почвы в атмосферу. Тот же самый углерод сейчас образует в атмосфере углекислый газ, который является парниковым газом и существенно влияет на текущую температуру на Земле.

Биоэнергетика (биотопливо) – биотопливо создает те же проблемы, что и ископаемое топливо, но поскольку производство биотоплива замыкает углеродный цикл, биотопливо менее вредно, чем ископаемое топливо. Замыкание углеродного цикла означает, что растения, используемые для производства биотоплива, в процессе роста берут из атмосферы определенное количество угля, которое затем возвращается в атмосферу при сжигании этого биотоплива. У ископаемых видов топлива этот круг не замкнут, потому что здесь углерод выбрасывается только в атмосферу.

Солнечная энергия – хотя энергия Солнца обладает огромным потенциалом из-за своей малой энергоэффективности, ей потребуется покрыть

большие площади, чтобы получить более серьезное количество полезной энергии. Это решение экологически приемлемо только в районах, где нет растительности, а именно в пустынях, а в «зеленых» зонах это окажет сильное негативное воздействие на окружающую среду. Установка солнечных коллекторов или фотоэлементов на крышах практически не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

Энергия ветра – производство энергии из ветра не оказывает серьезного негативного воздействия на окружающую среду. С экологической точки зрения единственным реальным недостатком ветряных электростанций является негативное влияние на сокращение популяции птиц, потому что их винт убивает птиц. Меньшие критические замечания - это визуальное загрязнение окружающей среды, разрушение нетронутой природы путем строительства подъездных путей к ветряным мельницам и создание звука низкой звуковой частоты, который оказывает негативное влияние на здоровье (проблемы со сном, вызывающие головные боли, могут вызывать беспокойство).

Энергия воды – использование энергии воды не загрязняет окружающую среду, но объекты инфраструктуры могут оказывать существенное влияние на окружающую среду. Например, строительство огромных плотин вызывает затопление больших территорий и повышение уровня грунтовых вод, что может изменить всю местную биосистему. Дополнительной проблемой является также перекрытие естественного стока воды и, соответственно, перекрытие путей передвижения некоторых водных животных.

Атомная энергетика – производство энергии на атомных электростанциях является чрезвычайно чистым процессом. Там нет парниковых газов, речь идет только о нагреве воды, которая используется для охлаждения реактора, и это может в конечном итоге повлиять на какую-то биосистему. Самой большой проблемой атомных электростанций является отработанное топливо, которое чрезвычайно радиоактивно и должно храниться пару столетий в специальных подземных хранилищах.

Геотермальная энергия – использование геотермальной энергии не загрязняет окружающую среду. Как и другие возобновляемые источники энергии, использование геотермальной энергии также требует некоторых инфраструктурных объектов, но влияние этих объектов на окружающую среду ничтожно мало, если рассматривать количество произведенной энергии.

Глобальное потепление. Несмотря на положительный факт некоторого значительного прогресса в некоторых областях по крайней мере уменьшения,

если не прекращения глобальных климатических изменений, общий прогресс все еще не приносит удовлетворения, и есть много неопределенностей, которые необходимо решить, если мы хотим положить конец глобальному изменению климата. потепление. Выбросы парниковых газов в атмосферу существенно не уменьшились, и противники Киотского протокола, которому должна быть отведена ключевая роль, указывают на то, что сокращение выбросов по Киотскому протоколу ляжет тяжелым бременем на экономику. Некоторые детальные анализы уже были проведены, и результаты показали, что экономические потери будут не такими большими, как заявляли противники Киотского протокола, а, наоборот, будут весьма приемлемыми по сравнению с положительными эффектами сокращения выбросов парниковых газов. США подписали Киотский протокол, но до сих пор его не ратифицировали, и неизвестно, будет ли он все-таки ратифицирован, потому что Киотский протокол действует только до 2012 года, когда он должен быть заменен каким-то другим соглашением. 172 государства из списка государств, подписавших и ратифицировавших Киотский протокол, в настоящее время производят 61,6 % от общего объема выбросов парниковых газов. Помимо Америки, Австралия также не ратифицировала этот протокол, а Китай и Индия, несмотря на ратификацию, не обязаны по действующему соглашению сокращать выбросы парниковых газов, и поэтому вопрос о значении Киотского протокола ставится справедливо, особенно если учесть тот факт, что Америка выбрасывает в атмосферу наибольшее количество парниковых газов и до сих пор не ратифицировала соглашение. Но одного Киотского протокола будет недостаточно без надлежащей законодательной поддержки, поэтому законодательство также должно внести свою лепту. Помимо парниковых газов, как актуальной проблемы №1, необходимо будет ответить еще на один вопрос, а именно, как предотвратить экологические катастрофы и загрязнение природы в целом [3].

Кислотные дожди. Кислотные дожди образуются при соединении свободных неметаллических оксидов серы с водяным паром в атмосфере в соединения серной и азотной кислот, которые затем выпадают на землю в виде капель. Кислотные дожди являются одной из главных причин гибели лесов, потому что двуокись серы, которая на сегодняшний день является самым вредным веществом в воздухе, превращается в серную кислоту, губительно воздействующую на всю флору. Серная кислота оказывает крайне негативное воздействие на зеленые растения, так как нарушает процесс фотосинтеза, что вызывает повреждение листьев, а в дальнейшем приводит к отмиранию леса. Серная кислота расплавляет питательные вещества (кальций), которые нужны

растениям для их тканей, и эта кислота также попадает в корни и листья, повреждая их клеточные ткани. Кроме растений, Кислотные дожди также вызывают серьезное загрязнение воды, уменьшая ее концентрацию Ph, что вызывает нарушение всей экосистемы, так как резкое снижение концентрации Ph приводит к гибели микроорганизмов, и, конечно же, существует проблема питьевой воды. Загрязнение воды является самой большой проблемой, так как загрязнения из воздуха переносятся кислотными дождями в почву и есть вероятность их выхода на поверхность и стока подземных вод. Кислотные дожди являются одной из основных причин сокращения запасов питьевой воды на мировом уровне и представляют серьезную угрозу будущему водоснабжению человечества [1]. На рис.2 приставлена последствия кислотных дождей. Кислотные дожди могут оказывать значительное влияние на всю биосистему



Рис. 2. Последствия кислотных дождей

Заключение

В недалеком будущем человечество будет вынуждено искать экологически приемлемые источники энергии, которых должно быть достаточно для покрытия энергетических потребностей. На данный момент существуют возобновляемые источники энергии как экологически приемлемое решение, но все же не стоит ожидать подходящей коммерциализации этих источников энергии, достаточно большой, чтобы покрыть растущие энергетические потребности населения. Энергия Солнца недостаточно эксплуатируема и очень дорога, энергия ветра доступна не во всех районах в достаточном количестве, а энергетический потенциал воды уже в основном используется. Геотермальная энергия может быть оптимально использована только на тектонических разломах, которые являются областями

на Земле, где тепловая энергия из недр Земли подходит очень близко к поверхности. Сила приливов и волн имеют огромный потенциал.

Биоэнергия или, точнее, биотопливо заменяет традиционные ископаемые виды топлива, но эти виды топлива также выделяют парниковые газы в атмосферу и не являются полностью экологически приемлемыми. Существует также одна этическая проблема в отношении биотоплива. Поскольку биотопливо производится из сахарного тростника, кукурузы, сои и других растений, которые можно использовать в пищу. Таким образом, богатые штаты производят биотопливо, превращая пищу в топливо, в то время как, с другой стороны, есть много людей, умирающих от голода, где эта пища может легко спасти их жизнь.

Список литературы

1. Our energy. Discover more about our energy sources [Электронный ресурс]. – URL: https://www.our-energy.com/energy_and_ecology.html (дата обращения 05.12.2022).

2. Renewable Energy and Energy Access [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.thegef.org/what-we-do/topics/renewable-energy-and-energy-access> (дата обращения 05.12.2022).

3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс]. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения 06.12.2022).

4. Environmental Impacts of Renewable Energy Technologies [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ucsusa.org/resources/environmental-impacts-renewable-energy-technologies> (дата обращения 05.12.2022).

5. Rajesh Sharma, Avik Sinha, Pradeep Kautish Does renewable energy consumption reduce ecological footprint? Evidence from eight developing countries of Asia. Journal of Cleaner Production. Vol. 285, 20 February 2021, 124867. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124867>

Сведения об авторах:

Махсумов Илхом Бурхонович – к.т.н., старший преподаватель, заведующий кафедрой нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 909-22-24-24, E-mail: messi.ilhom@gmail.com

УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО И ЧИСТОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Махсумов И.Б., Раупов Н.М.

Институт энергетики Таджикистана, р. Кушониён

E-mail: messi.ilhom@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается устойчивость развития гидроэнергетики как основного и перспективного вида возобновляемой и чистой энергии. Анализирована, что по состоянию на 2019 год от общего объема 19, процентов электроэнергии в мире производятся на крупных платинах ГЭС. Также рассматривается развития малой гидроэнергетики в мире. Согласно докладу о развитии малой гидроэнергетики в мире (WSHPDR) за 2019 год, 66 процентов мирового потенциала МГЭ остается неиспользованной. А также в данной работе приводится состояния и развития крупной и малой гидроэнергетики Таджикистана, чья потенциал составляет 527 млрд кВт*часов и 60 процентов водных ресурсов Центральной Азии формируется на его территории. Кроме того, в работе приведены валовый, технический и экономический потенциал других видов ВИЭ республики Таджикистан в виде диаграммы.

Ключевые слова: малая гидроэнергетика, ГЭС, возобновляемая энергетика, гидроэнергетический потенциал, потенциал ВИЭ.

SUSTAINABILITY OF HYDROPOWER DEVELOPMENT AS A RENEWABLE AND CLEAN ENERGY SOURCE

Abstract. This article discusses the sustainability of hydropower development as the main and promising type of renewable and clean energy. It is analyzed that, as of 2019, 19 percent of the total electricity in the world is produced at large hydroelectric dams. The development of small hydropower in the world is also considered. According to the World Small Hydro Power Development Report (WSHPDR) 2019, 66 percent of the world's small hydropower potential remains untapped. And also in this paper, the state and development of large and small hydropower in Tajikistan is given, whose potential is 527 billion kWh and 60 percent of the water resources of Central Asia are formed on its territory. In addition, the paper presents the gross, technical and economic potential of other types of renewable energy sources in the Republic of Tajikistan in the form of a diagram.

Keywords: small hydropower, hydroelectric power station, renewable energy, hydropower potential, renewable energy potential.

Введение

Все плотины предназначены для хранения паводковых вод, в первую очередь, на благо людей. Строительство плотин на ручьях и реках было неотъемлемой частью человеческой цивилизации с ее ранней истории.

Водоохранилища и плотины сооружаются человеком для удовлетворения потребности в воде и электроэнергии. Плотины и водоохранилища строятся в первую очередь для выполнения многоцелевых функций, включая защиту от наводнений, обеспечение питьевой водой, сельскохозяйственное водоснабжение, выработку гидроэлектроэнергии, рекреацию и другие [1].

Крупные плотины производят 19% от общего объема электроэнергии в мире. Одна треть стран мира зависит от гидроэнергетики более чем наполовину. Половина крупных плотин в мире была построена исключительно или преимущественно для ирригации. Около 30-40% из 271 миллиона гектаров орошаемых земель во всем мире зависят от плотин. Для водоохранилища гидроэлектростанции расчет срока службы позволяет медленно откладывать отложения в пределах установленных уровней над дном водоохранилища. Однако в большинстве случаев оценки ежегодного притока наносов, использованные на этапе проектирования, превышаются на половине срока службы или даже раньше. Таким образом, это создает серьезный риск и эксплуатационные трудности с точки зрения функциональности резервуара для работы в соответствии с проектом [2].

Развитии малой гидроэнергетики в мире. Энергетика остается одной из самых важных проблем экономики, окружающей среды и развития, стоящих сегодня перед миром. По оценкам, 1,06 миллиарда человек (13 процентов) во всем мире, преимущественно сельское население, до сих пор не имеют доступа к электричеству. Доступ к надежному и недорогому электроснабжению оказывает непосредственное и преобразующее воздействие на качество жизни, доступ к основным услугам (например, здравоохранение, образование) и средства к существованию. Малая гидроэнергетика является ключевым строительным блоком для достижения более широких целей развития, связанных с экологической устойчивостью, предоставлением общественных услуг и искоренением бедности.

Несмотря на привлекательность и преимущества решений малой гидроэнергетики (МГЭ), большая часть мирового потенциала МГЭ остается неиспользованной (66%). Глобальная установленная мощность МГЭ для станций мощностью до 10 МВт оценивается в 78 ГВт согласно Докладу о развитии малой гидроэнергетики в мире (WSHPDR) за 2019 год, что примерно на 10% больше по сравнению с данными WSHPDR за 2013 год.

На МГЭ приходится лишь приблизительно 1,5% от общей установленной мощности электроэнергии в мире, 4,5% от общей мощности возобновляемых источников энергии и 7,5% от общей мощности гидроэнергетики. Тем не менее, он играет важную роль в улучшении многих жизней [3].

Для Республики Таджикистан развития малой гидроэнергетики является ключевым фактором для достижения энергетической независимости. Водные ресурсы играют важнейшую роль в обеспечении устойчивого развития Таджикистана. Прежде всего, это вызвано тем, что страна располагает достаточно огромными ресурсами пресных вод.

Вода в настоящее время служит основным источником энергии в стране – более 95% электроэнергии в стране вырабатывается на гидроэлектростанциях как уже было сказано [6].

В Таджикистане зона формирования стока рек составляет 90% его территории. Основу водных ресурсов Республики Таджикистан составляют ледники, реки, озера, водохранилища и подземные воды. В целом среднемноголетний сток рек, формирующихся в Таджикистане, равен 64км³/год, в том числе в бассейне реки Амударьи 62,9 км³/год и в бассейне Сырдарьи 1,1км³/год. Реки Таджикистана формируют 55,4% среднемноголетнего поверхностного стока бассейна Аральского моря [6].

Устойчивое развитие гидроэнергетики Таджикистана. В последнее время самая большая и важная проблема, связанная с устойчивостью гидроэлектростанций, заключается в том, чтобы справиться с отложением в водохранилищах и потерей хранилищ, в основном вызванными неконтролируемой вырубкой лесов, плохим управлением сельскохозяйственными угодьями, жилой застройкой и развитием инфраструктуры в непосредственной близости от ГЭС.

Ожидается, что эродированные отложения с водосбора увеличат скорость осадконакопления в водохранилище. Подсчитано, что около 1% общей емкости мировых водохранилищ ежегодно теряется из-за осадконакопления [4].

По данным Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, [5], Таджикистан обладает огромными ресурсами питьевой воды, и водные ресурсы играют важную роль в обеспечении устойчивого развития его экономики. В настоящее время водные ресурсы считаются основным источником производства электроэнергии, и 95% энергии Таджикистана вырабатывается на гидроэлектростанциях.

Более 60 процентов водных ресурсов Центральной Азии формируется на территории республики.

На территории страны насчитывается около 947 рек, общая длина которых составляет 28500 км. Амударья и Сырдарья – крупнейшие и главные реки республики. Бассейн Амударьи образуется от слияния вод рек Пяндж, Вахш, Каферниган и Сурхоб. На всех реках страны насчитывается более 350 гидроэлектростанций, что является показателем богатого потенциала возобновляемой энергетики Таджикистана. В связи с этим Таджикистан признан пилотной страной в программе ООН «Устойчивая энергетика для всех».

По гидроэнергетическим ресурсам Таджикистан обладает огромными энергетическими ресурсами мощностью 527 млрд. кВт·ч/год и, таким образом, занимает первое место в мире. Согласно официальной статистике, среднегодовая выработка электроэнергии Республики Таджикистан, произведенная в основном на гидроэлектростанциях, составляет 17 млрд. кВтч. 95% электроэнергии в стране производится на гидроэлектростанциях, из них 94% на больших и малых ГЭС. За 30 лет независимости Таджикистана реализовано 25 инвестиционных проектов в области гидроэнергетики с привлечением 2,4 миллиарда долларов США, что привело к положительным результатам в этой сфере.

Значительными достижениями в регионе является ввод в эксплуатацию новых генерирующих мощностей, например, Сангтудинской ГЭС-1 (670 МВт), Сангтудинской ГЭС-2 (220 МВт), Душанбинской ТЭЦ-2 (400 МВт) и малые ГЭС мощностью 1320 МВт, электрические подстанции строительства 500 кВ «Душанбе-500», «Сугд-500», «Элегазовый закрытый распределительный аппарат 500 кВ к ГЭС «Норак», ЛЭП 500 кВ «Юг-Север», две ЛЭП 500 кВ от Рогунской ГЭС до ПС «Душанбе»-500, подстанции 220 кВ «Лолазор», «Хатлон», «Айни», «Шахристон», «Шахринав», и.т.д.

Согласно прогнозам Национальной стратегии развития, к 2030 году Таджикистан намерен увеличить свои энергетические мощности до 10000 мегаватт. Эти меры направлены не только на краткосрочное развитие независимого Таджикистана, но и на улучшение энергообеспечения региона [6]. Также в Таджикистане особое внимание уделяется вопросу по освоению возобновляемых энергии в том числе малой энергетики.

Известно, что Таджикистан обладает большими ресурсами солнца, малых и средних. Так как, в стране более 200 дней с высокой интенсивностью солнечного сияния и множественное количество сточных рек. В тоже время, рассматриваются вопросы по освоению других видов ВИЭ, такие как энергия

ветра, биомасса и геотермальная энергия. На рис. 1 приведены диаграмма ресурсов ВИЭ Таджикистана [6].

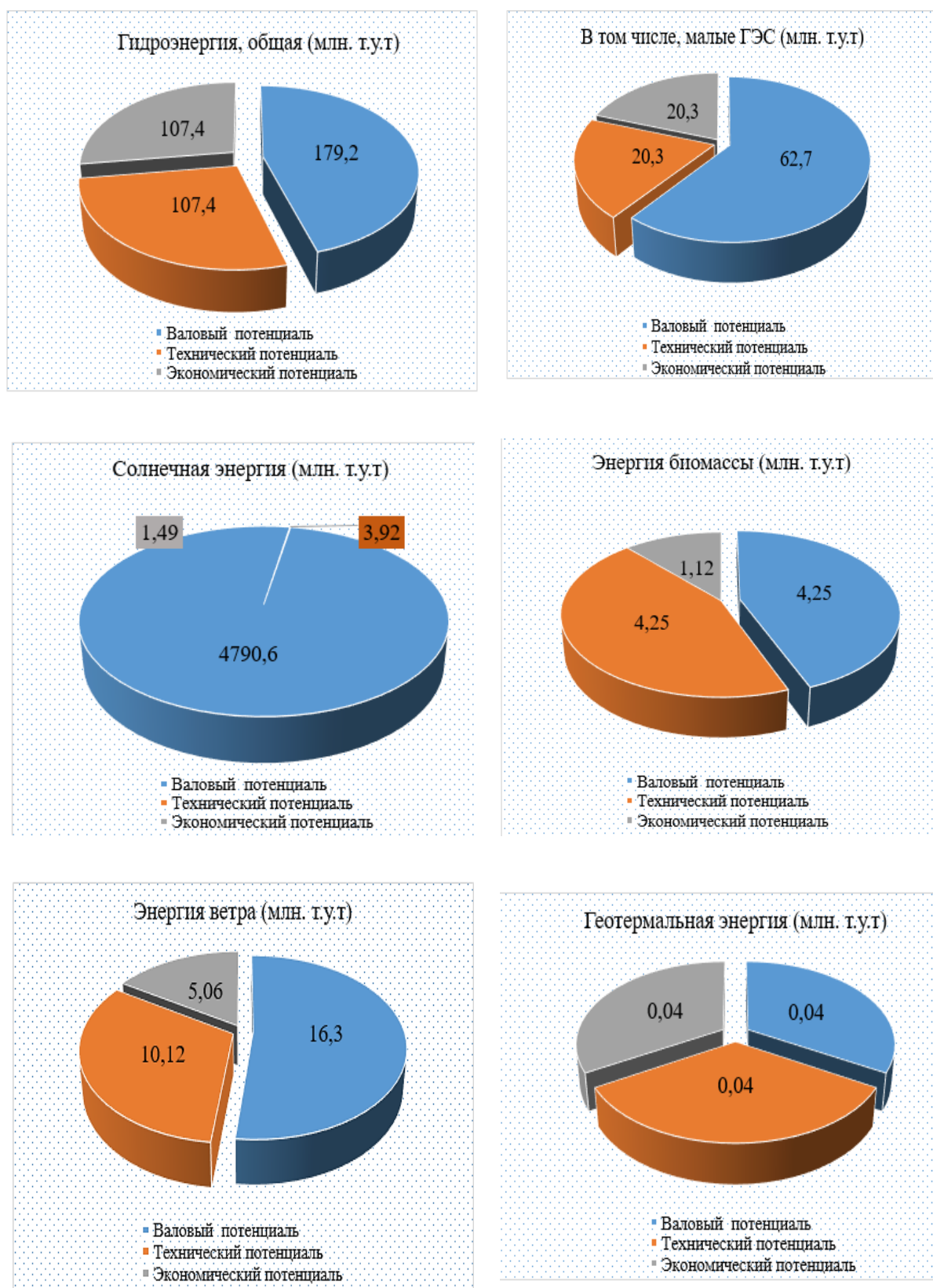


Рис. 1. Ресурсы возобновляемых источников энергии Таджикистана
в (млн. тон условного топлива)

Заключение

В последнее время гидроэнергетика рассматривается как важный источник возобновляемой и чистой энергии будущего. Преимущество гидроэнергетики как возобновляемой энергии заключается в том, что она производит незначительное количество парниковых газов, хранит большое количество электроэнергии по низкой цене и может быть приспособлена для удовлетворения потребительского спроса. Однако, несмотря на преимущество и экономической рентабельности малой гидроэнергетики (МГЭ) по состоянию на 2019 год, большая часть мирового потенциала этой энергии остаётся неиспользованной (66%), согласно докладу, World Small Hydropower Development Report. Республика Таджикистан которая уделяет большое внимания на развитие и устойчивости гидроэнергетики, обладает огромным гидроэнергетическим потенциалом и 60 процентов водных ресурсов Центральной Азии формируется на территории республики. 947 рек насчитывается на всей территории республики и в общей сложности 350 гидроэлектростанций разного объема построены на эти реки. Эти цифры свидетельствуют обладание богатого потенциала возобновляемой энергии Таджикистана. Также в работе приводятся значительные достижения в область гидроэнергетики за 30 лет независимости Таджикистана.

Цель данной статьи состоит в том, чтобы представить важность гидроэнергетики как источника возобновляемой и чистой энергии в национальном энергетическом балансе и растущие проблемы устойчивости.

Литература

1. Jansen, Luis & Mohd Sidek, Lariyah & Desa, M. & Julien, P. Sustainability of hydropower as source of renewable and clean energy. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol.16(1). P.1-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/16/1/012050>
2. ICOLD 1989 Sedimentation control of reservoirs International Committee of Large Dams
3. United Nations Industrial Development Organization: UNIDO Доклад о развитии малой гидроэнергетики в мире [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.unido.org/our-focus-safeguarding-environment-clean-energy-access-productive-use-renewable-energy-focus-areas-small-hydro-power/world-small-hydropower-development-report> (дата обращения 06.12.2022).
4. Yoon Y N 1992 The state and the perspective of the direct sediment removal methods from reservoirs Int. J. Sediment Res. Vol. 7(20). P. 99-115.

5. Таджикистан - источник зелёной энергии [Электронный ресурс]. – URL: <https://mfa.tj/ru/berlin/view/5866/gidroenergetika> (дата обращения 05.12.2022).

6. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Энергоресурсы [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mewr.tj/?page_id=549 (дата обращения 05.12.2022).

Сведения об авторах:

Махсумов Илхом Бурхонович – к.т.н., старший преподаватель, заведующий кафедрой нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 909-22-24-24, E-mail: messi.ilhom@gmail.com

Раупов Насим Махмадшарипович – старший преподаватель кафедры нетрадиционных возобновляемых источников энергии и теплоэнергетики Института энергетики Таджикистана, район Кушониён, Тел: (+992) 000-20-01-71, E-mail: nasim.8484@list.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОАГРЕГАТА МАЛОГО ГЭС С НАПОРНЫМ ТРУБОПРОВОДОМ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

Сафаров М.И., Зиёев А.С., Вайсиддинович Д.Т., Мирзоев А.И.

Научный руководитель – к.т.н. Хасанзода Н.

Аннотация. Предложен метод косвенного определения неисправностей механической части гидрогенератора путем контроля электрических, механических и гидравлических параметров. Разработана математическая модель гидротурбины с напорным трубопроводом и синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку. Получены графики переходных процессов в момент возникновения механической поломки.

Ключевые слова: гидротурбина, синхронный генератор, контроль электрических, механических и гидравлических параметров.

SIMULATION OF A HYDRO UNIT OF A SMALL HPP WITH A PRESSURE PIPELINE IN EMERGENCY MODES

Annotation. A method is proposed for indirect determination of faults in the mechanical part of a hydrogenerator by monitoring electrical, mechanical and hydraulic parameters. A mathematical model of a hydraulic turbine with a pressure pipeline and a synchronous generator operating on an autonomous load has been developed. Graphs of transient processes at the time of occurrence of a mechanical breakdown are obtained.

Key words: hydroturbine, synchronous generator, control of electrical, mechanical and hydraulic parameters.

Одним из направлений развития альтернативной электроэнергетики является использование одиночных установок для преобразования гидравлической энергии в электрическую энергию. Основными причинами использования таких гидроагрегатов являются: отсутствие традиционных электрических сетей в удалённых и труднодоступных районах местности, соображения надежности электроснабжения в случаях протяженных сетей малой мощности, рост тарифов на электроэнергию [1].

Известно, что для контроля и защиты от аварийных режимов механической части электротехнического комплекса, имеющего в своем составе электрическую машину, можно использовать косвенный метод, основанный на измерении электрических параметров электромашины [2].

Для разработки математической модели гидротурбины с напорным трубопроводом и синхронного генератора малого ГЭС с целью моделирование работы гидроагрегата в аварийных режимах автором предлагается

математическое описание гидротурбины с напорным трубопроводом, следующими уравнениями [3] и допущениями:

- КПД системы для всего диапазона регулирования принят постоянной;
- абсолютная жесткая стенка водовода;
- вода не сжимается.

Мощность гидротурбины зависит от напора воды H и расхода воды Q через водонапорный трубопровод и определяется из выражения [4]:

$$P_T = 9,81HQ\eta_T, \quad (1)$$

Напор гидротурбины описывается выражением [3]:

$$H = H_H + \Delta H - h_{\text{пот}}, \quad (2)$$

где: $H_H = \text{const}$ – номинальный напор водонапорного трубопровода малого ГЭС; $h_{\text{пот}}$ – потери напора водонапорном трубопроводе; ΔH – гидравлический удар (ударное давление), представляет собой динамическое повышение или понижение давления, в напорном трубопроводе вызываемое действием инерционных сил возникающих при переходных режимах работы гидротурбины и определяется выражением [3]:

$$\Delta H = -\frac{L}{gS} \frac{dQ}{dt}, \quad (3)$$

$$h_{\text{пот}} = Ak_1LQ^2, \quad (4)$$

где: A – удельное сопротивление для стальных труб; k_1 – поправочный коэффициент удельного сопротивления для стальных труб.

Расход воды проходящей через гидротурбину зависит от угла открытия задвижки водонапорного трубопровода. Гидравлическое сопротивление гидротурбины μ определяется как [3]:

$$\mu = \mu_{\text{на}} - \mu_{\text{цен}}, \quad (5)$$

где: $\mu_{\text{на}}$ – гидравлическое сопротивление, зависит от открытия задвижки водонапорного трубопровода;

$\mu_{\text{цен}}$ – гидравлическое сопротивление, обусловленное действием центробежной силы,

$$\mu_{\text{цен}} = k_{\text{цен}}\omega, \quad (6)$$

где $k_{\text{цен}}$ – коэффициент расхода воды через гидротурбину [4],

$$k_{\text{цен}} = \frac{\Delta Q}{Q_H\omega_H}, \quad (7)$$

В установившемся режиме при условии $M_T = M_3$, тогда выражение (1) запишем в следующем виде:

$$P_T = M_3\omega, \quad (8)$$

Уравнение движения ротора гидротурбины определяется из выражения [4]:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_T - \Delta M - M_e \quad (9)$$

Полное математическое описание синхронного генератора с демпферными обмотками с достаточной точностью описывается следующей системой дифференциальных уравнений [4]. В уравнении движения электропривода учитывается момент, связанный с механическими поломками или попаданием инородного тела в гидротурбину:

$$\left\{ \begin{array}{l} -U_a = r_1 i_a + \frac{d\psi_a}{dt}; \\ -U_b = r_1 i_b + \frac{d\psi_b}{dt}; \\ -U_c = r_1 i_c + \frac{d\psi_c}{dt}; \\ U_f = \frac{d\psi_f}{dt} + r_f i_f; \\ 0 = \frac{d\psi_{kd}}{dt} + r_{kd} i_{kd}; \\ 0 = \frac{d\psi_{kq}}{dt} + r_{kq} i_{kq}; \\ J \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_e - \Delta M; \\ M_e = \frac{3}{2} (\psi_d i_q - \psi_q i_d), \end{array} \right. \quad (10)$$

где U_a, U_b, U_c – вырабатываемые напряжения на зажимах статора СТ; ψ_a, ψ_b, ψ_c – потокосцепления обмотки статора; i_a, i_b, i_c – токи обмотки статора; r_1 – активное сопротивление обмотки статора; r_f – активное сопротивление обмотки возбуждения; U_f – напряжение на зажимах обмотки возбуждения; i_f – ток и потокосцепление обмотки возбуждения; ψ_{kd}, ψ_{kq} – потокосцепление демпферной обмотки по продольной и поперечной осям; r_{kd}, r_{kq} – активное сопротивление демпферной обмотки по продольной и поперечной осям; i_{kd}, i_{kq} – токи демпферной обмотки по продольной и поперечной осям; J – момент инерции вращающихся частей гидроагрегата; M_T – момент создаваемым гидротурбиной при прохождении воды через агрегат; M_e – электромагнитный момент синхронного генератора; ΔM – момент создаваемым механическим поломкой на валу гидроагрегата; ω – скорость вращения ротора гидроагрегата.

По приведенным выше уравнениям (1) – (10) составлена структурная схема модели гидроагрегата в аварийном режиме связанной с механической поломкой или попадания инородного тела в гидротурбину.

При моделировании нагрузка синхронного генератора задавалась активной. Это объясняется тем, что одиночные гидроагрегаты в отдаленных и труднодоступных местах работают в основном на активную нагрузку, обеспечивая электропитанием системы освещения и отопления. Структурная схема математической модели гидротурбины с напорным трубопроводом и

синхронного генератора, работающего, на автономную нагрузку приведена на рисунке 1.

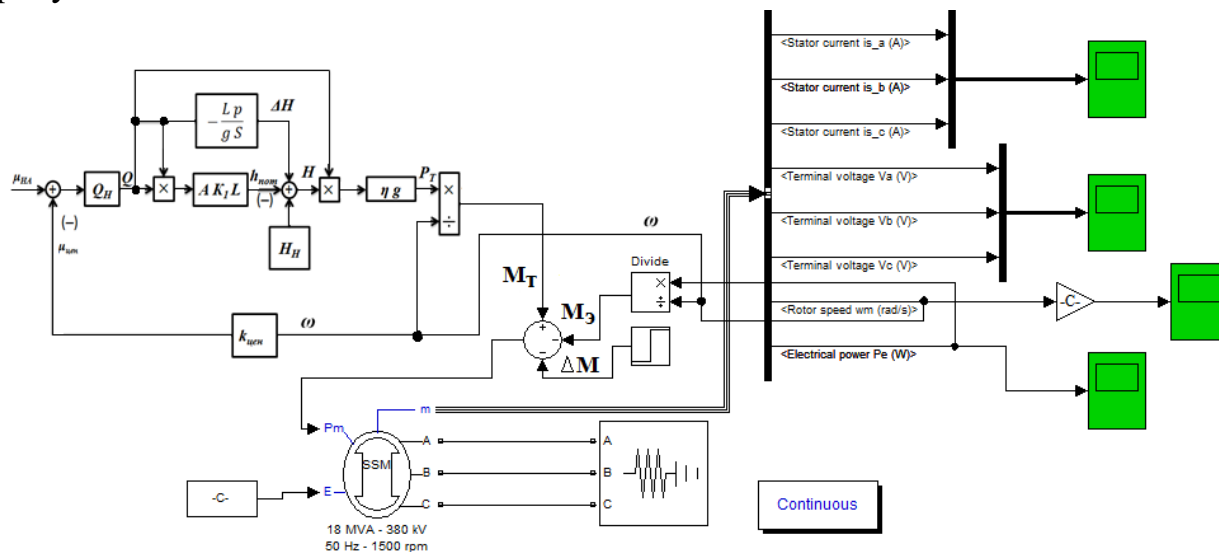


Рис. 1. Структурная схема математической модели гидротурбины и синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку

Моделирование производилось для синхронного генератора мощностью 15 кВт. В ходе моделирования исследовалась динамика переходных процессов электрических и механических параметров при возникновении механической поломки или попадании инородного тела в гидротурбину. Аварийная ситуация моделировалась при номинальной мощности синхронного генератора и результаты моделирования приведены в рисунках (2) и (4).

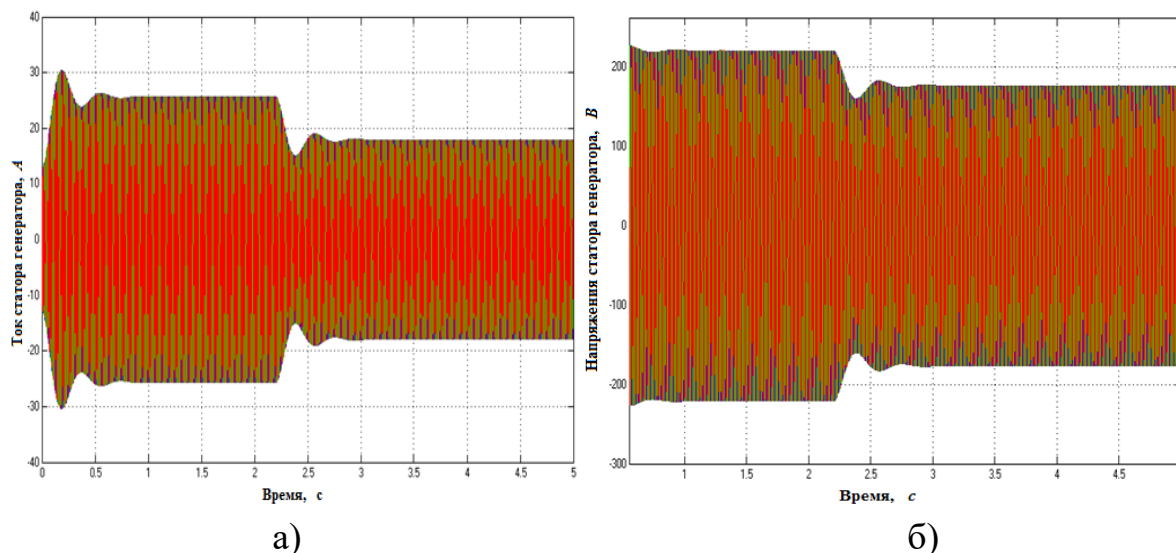


Рис. 2. Графики переходных процессов трехфазного тока статора (а) и напряжения на зажимах статорной обмотки (б) синхронного генератора

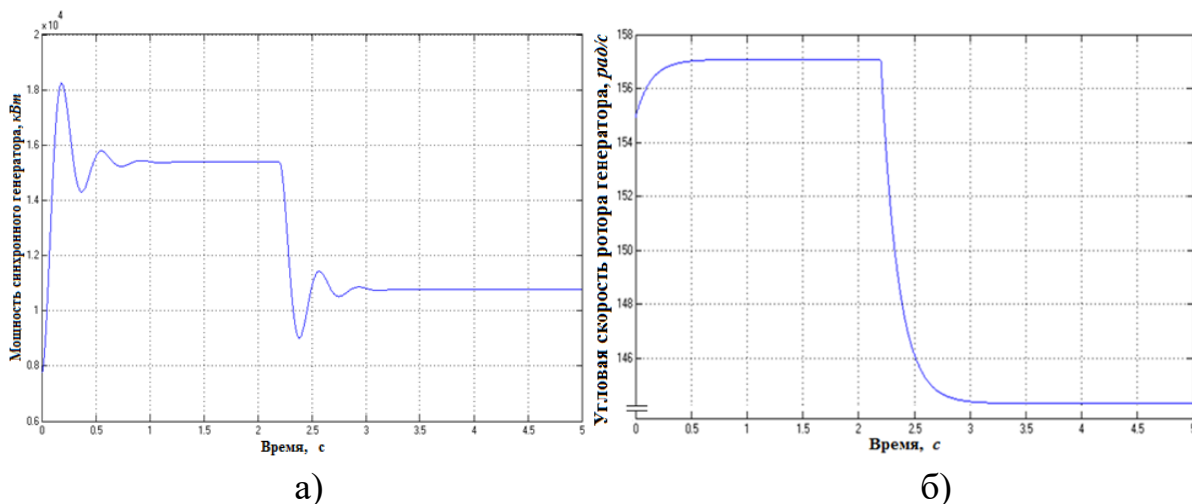


Рис.3. Графики переходных процессов изменения вырабатываемой мощности (а) и угловой скорости (б) синхронного генератора

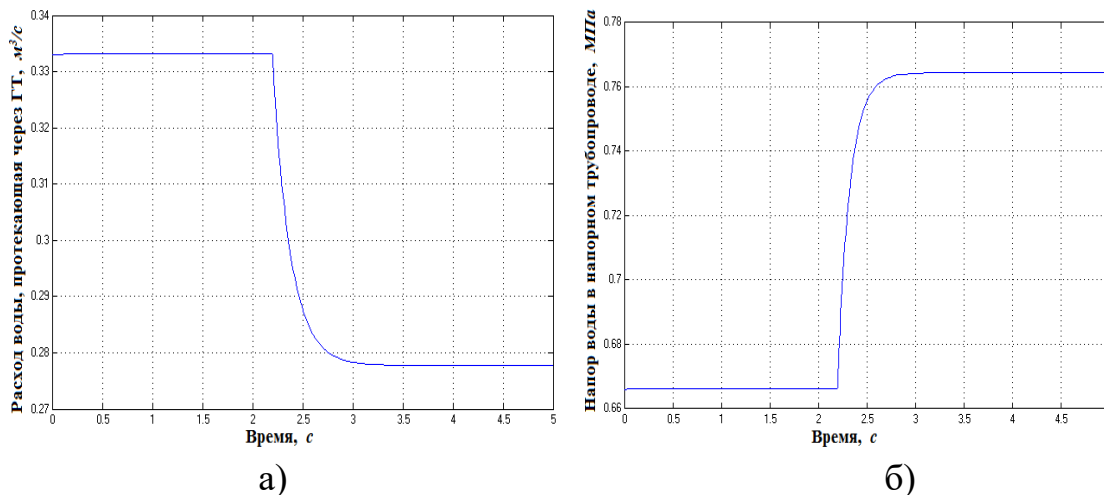


Рис. 4. Графики переходных процессов изменения расхода воды протекающей через гидротурбину (а) и напора воды в напорном трубопроводе (б)

Анализ полученных графиков переходных процессов на рисунках 2 и 4 показывает, что изменение механического момента на валу гидроагрегата, обусловленное механической поломкой или попаданием инородного тела в гидротурбину, приводит к изменению всех параметров гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку. Скорость вращения гидроагрегата снижается, что приводит к снижению напряжения фазных обмоток статора. В свою очередь это приводит к уменьшению фазных токов в статорных обмотках и уменьшению вырабатываемой мощности и электромагнитного момента синхронного генератора.

Изменение электрических и механических параметров гидроагрегата в момент возникновения механической поломки происходит при неизменном угле открытия задвижки напорного трубопровода. В момент механической

поломки происходит изменение давления в напорном трубопроводе по причине увеличения момента сопротивления на валу гидроагрегата. Совокупность вышеуказанных изменения электрических и механических параметров можно использовать для разработки новой системы защиты от механических поломок или попадания инородного тела в гидротурбину гидроагрегатов малых гидроэлектростанции.

Список литературы

1. Кипервассер М.В., Гуламов Ш.Р. Разработка системы защиты гидроагрегатов, работающих на автономную нагрузку, от механических поломок // Вестник Чувашского университета. 2016 г. – №3 (142). – с. 68-75.
2. Савельев А.Н., Кипервассер М.В., Инжелевская О.В. Распознавание аварийных ситуаций механического оборудования с электроприводом постоянного тока. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2011 г. №6 – С. 42-45.
3. Асарин А. Е., Бестужева К. Н. Водознергетические расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 224 с.
4. Осин И.Л. Шакарян Ю.Г. Электрические машины: Синхронные машины: Учебное пособие для вузов по спец. «Электромеханика» / И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 1990. – 304 с.: ил.

Сведение об авторах:

1. **Сафаров Манучехр Исупович** – ст. препод. кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины» ТТУ имени академика М.С. Осими.
2. **Зиёев Абдулхаким Сафарович** – помощник Председателя ОАХК "Барки Тоджик"
3. **Вайсиддинов Далер Тоджиддинович** – магистрант 1-го курса группы 430101Б, ТТУ имени академика М.С. Осими
4. **Мирзаев Аскарали Илхамжанович** – магистрант 2-го курса группы 430101Б, ТТУ имени академика М.С. Осими
5. **Саидов Мехрочиддин Абдугафорович** – магистрант 1-го курса группы 430101Б, ТТУ имени академика М.С. Осими

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Тунакова Ю.А., Габдрахманова Г.Н.
КНИТУ-КАИ им. А.Н.Туполева, г.Казань, Россия)
E-mail: g.n.gabdrakhmanova@mail.ru

Аннотация. В работе представлен способ оценки вкладов предприятий в формирование фонового уровня загрязнения поверхностных вод. Рассматривались предприятия г.Зеленодольск и г.Казань. Рассчитаны показатели для веществ двойного генезиса.

Ключевые слова: фоновые концентрации, поверхностные воды, сточные воды, ущерб от привноса загрязняющих веществ.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF POLLUTION OF WATER BODIES

Annotation. The paper presents a method for assessing the contributions of enterprises to the formation of the background level of surface water pollution. The enterprises of Zelenodolsk and Kazan were considered. Indicators for substances of dual genesis are calculated.

Keywords: background concentrations, surface waters, wastewater, damage from the introduction of pollutants.

Поступающие в поверхностный сток неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды являются основным загрязняющим фактором природных вод. С промышленными сточными водами, особенно предприятий химической и нефтехимической промышленности в водоемы попадает значительное количество взвешенных веществ, органики, тяжелых металлов, нефтепродуктов и др.[1-3].

Концентрация в том числе химических и нефтехимических, производств, плотность населения территории г.Казани, высокая урбанизация определяют сильное антропогенное воздействие на поверхностные воды. В зонах выпусков промышленных сточных вод в районе г.Казани, и г. Зеленодольска отмечены случаи высокого загрязнения поверхностных вод (по данным, полученных из лабораторий ЦСИАК Министерства экологии и природных ресурсов РТ)[4].

В работе [5] показано, что наиболее сильное влияние на качество поверхностных вод Куйбышевского водохранилища оказывают выпуски сточных вод в районе г.Зеленодольска. Предприятия города вносят вклад как в увеличение концентрации ионов аммония и нитритов в контрольном створе (52,2 и 35,4%, соответственно), так и в увеличение концентрации металлов (железо – 9%, медь – 25%, никель – 44%, цинк – 55%, марганец – 28,6%), а

также концентрации органических веществ (фенолов – 35%) в Куйбышевском водохранилище.

Для разработки водоохранных мероприятий по предотвращению загрязнения водных экосистем и минимизации воздействия производств на поверхностные воды необходима оценка химической нагрузки организованных источников выпусков сточных вод предприятий.

В качестве исходного источника информации целесообразно использовать данные официальной статистической отчетности № 2-тп (водхоз) предприятий-водопользователей. Основной, пригодной для анализа величиной по данным № 2-тп (водхоз) является суммарная масса сбрасываемых загрязняющих веществ предприятием со сточными водами тыс. т /год. Нами предлагается использовать следующие критерии:

- привнос индивидуальных загрязняющих веществ со сточными водами (ПИЗВ) рассчитывается по формуле:

$$\text{ПИЗВ, т/год} = M_{\text{ст}} - C_{\text{ф}} \times q / 1000.$$

где $M_{\text{ст}}$ масса загрязняющего вещества в сточных водах, т/год; $C_{\text{ф}}$ – масса вещества, получаемого при водопотреблении, с учетом фоновых характеристик водоема, г/м³; q - расход сточных вод, тыс.м³/год.

Превышение фактической массы сброса над рассчитанными значениями ПИЗВ может рассматриваться как степень химической нагрузки.

- суммарный привнос загрязняющих веществ со сточными водами (СПЗВ) предприятия:

$$\text{СПЗВ, т/год} = \sum \text{ПИЗВ}.$$

Этот критерий позволяет учитывать многокомпонентный состав сточных вод, анализируемый на одном комплексе промышленных предприятий водопользователей.

При установлении нормативов допустимых сбросов (НДС) вредных веществ в водные объекты и нормативов допустимого воздействия (НДВ) по привносу ЗВ [6] в водные объекты необходимо использование фоновых концентраций.

Нами предлагается учет фоновой концентрации при расчете комплексных расчетных показателей (ИКПФ и КПФ), которые позволяют учесть вклад от привноса загрязняющих веществ в фоновую концентрацию в поверхностных водах, и, являясь интегральными показателями, позволяют учесть всю совокупность загрязняющих веществ в составе вод водоисточника.

Индекс кратности превышения фона (ИКПФ) предлагаемый в дополнении к существующим: индексу загрязненности вод, показателю химического загрязнения воды, комбинаторному индексу загрязненности:

$$\text{ИКПФ} = \frac{1}{n} \sum_i \frac{C_{\text{усл},i}}{C_{\text{ф}i}}$$

где n – общее количество загрязняющих веществ и показателей загрязнения в сточных водах; $C_{\text{ф}i}$ – фоновая концентрация i -го показателя; $C_{\text{усл},i}$ – средние условные концентрации показателей в сточных водах ($\text{г}/\text{м}^3$), равные отношению массы сбрасываемого загрязняющего вещества со сточными водами на расход сточных вод рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{усл}} = M_{\text{ст}} \cdot 1000/q$$

Второй – коэффициент превышения фоновой концентрации (КПФ), предлагается рассчитывать по формуле:

$$\text{КПФ} = \frac{1}{n} \sum_i \frac{\Delta_i}{C_{\text{ф}i}}$$

где $\Delta_i = |C_{\text{усл},i} - C_{\text{ф}i}|$, если фоновая концентрация превышена и $\Delta_i = 0$, если фоновая концентрация не превышена.

Для расчетов использовались определенные нами фоновые концентрации катионов и анионов в водах р.Волга по результатам систематических наблюдений.

Для сравнения различных предприятий по совокупной нагрузке загрязняющими веществами, содержащимися в сточных водах, с учетом их относительной опасности целесообразно использовать величину ущерба (Y) от привноса загрязняющих веществ в водные объекты (табл. 1). Суммарный ущерб ($\sum Y$, руб./год) определяется в денежном выражении и рассчитывается по формуле:

$$\sum Y = \sum_i \text{ПИЗВ} \times Y_{\text{уд},i} \times K_{\text{ин},i}$$

где $Y_{\text{уд},i}$ – удельный ущерб по i -го показателя, или ставка платы за сброс загрязняющих веществ в поверхностные воды в пределах ПДС;

$K_{\text{ин},i}$ – коэффициент индексации, которые включают в скрытом виде ставки платы за сброс загрязняющих веществ в поверхностные воды, учитывается совокупное воздействие веществ с учетом их класса опасности.

Таблица 1
Показатели ИКПФ/КПФ для веществ двойного генезиса г. Зеленодольск и г. Казань по поверхностным водам

Наименование предприятия	SO ₄ ²⁻	CL ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Feобщ.	NH ₄ ⁺
Предприятия "Зеленодольск-Водоканал" - филиал ОАО "Водоканалсервис"	0,602/ 0,411	0,693/ 0,593	*	0,511/ 0,411	0,277/ 0,177	0,099/ 0,001	0,121/ 0,021	2,247/ 1,158
АО "Зеленодольский завод им.А.М.Горького"	0,059/ 0,021	0,335/ 0,235	*	0,288/ 0,183	*	*	0,349/ 0,249	0,356/ 0,995
АО "ПО "Завод им.Серго"	-	0,248/ 0,148	*	*	*	0,136/ 0,036	0,313/ 0,213	*
Муниципальное унитарное предприятие "Водоканал" г.Казани	0,156/ 0,056	4,533/ 4,433	0,752/ 0,652	0,656/ 0,556	*	*	0,590/ 0,490	0,800/ 0,700
ПАО "Казаньоргсинтез"	0,161/ 0,061	*	*	*	*	*	*	*
ООО "Управляющая компания Ореховка"	0,144/ 0,044	0,498/ 0,392	0,441/ 0,341	1,425/ 1,325	*	*	*	*
ЗАО "Водозабор "Мирный"	*	0,211/ 0,111	0,377/ 0,277	*	*	*	2,924/ 2,824	36,138/ 36,038

* фоновая концентрация веществ не превышена

Суммарный ущерб для веществ двойного генезиса (для катионов меди и цинка) показал, что влияние предприятий "Зеленодольск-Водоканал" - филиал ОАО "Водоканалсервис" составляет 66,1%, а АО "Зеленодольский завод им.А.М.Горького"-33,9%. Ущерб для катиону железа от сбросов муниципального унитарного предприятия "Водоканал" г. Казани составляет 98%. Суммарный ущерб для веществ двойного генезиса (сульфат-, хлорид-, нитрит- и нитрат-ионов) для предприятий г. Казани составляет 97,8% и для предприятий г. Зеленодольск – 2,2%.

Заключение

Развитием регламентированного подхода по комплексной оценке качества поверхностных вод является учет естественного повышенного гидрохимического фона для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения на территории РТ. Такой учет позволит выделить типы поверхностных вод, разработать региональные показатели качества воды и проводить оценку природных и антропогенных процессов, влияющих на

качество воды. А также позволит разрабатывать адекватные мероприятия по комплексному использованию и охране водных объектов.

Литература

1. Скворцов Л.С., Коньгин А.А., Шматова В.В., Современные технологии очистки сточных вод и эколого-экономическая оценка их использования // Экология и промышленность России. 2012. № 5. С.4-8.
2. Ватин Н.И., Чечевичкин В.Н. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6. С. 67-74.
3. Новикова С.В. Синергетическая нейро-экспертная модель на основе SOM-карт для интегрального анализа экологических объектов / С.В. Новикова, Ю.А.Тунакова, А.Р. Шагидуллин, В.С.Валиев, Г.Н. Габдрахманова // Химия и инженерная экология: сборник трудов международной научной конференции, Казань, 27 – 29 сентября 2018 г – Казань, 2018.– С.318-321.
4. Тунакова Ю.А. Способ оценки и обеспечения химической безопасности и физиологической полноценности питьевых вод на территории г.Казани / Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, Г.Н. Габдрахманова // Сборник трудов VII Международного конгресса «Чистая вода. Казань». 23-25 ноября 2016 г. – Казань, 2016. – С. 226-229.
5. Шагидуллин Р.Р. Эколого-аналитический контроль равнинного водохранилища // Издательство Казанского университета. – Казань, 2011.– 336 с.
6. РД 52.24.622-2017 Порядок проведения расчета условных фоновых концентрация химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод – Ростов на Дону. Росгидромет, 2017. – 100 с.

Сведения об авторах:

Тунакова Ю.А. – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой Общей химии и экологии Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ, juliaprof@mail.ru;

Габдрахманова Г.Н. – к.х.н., ассистент кафедры Общей химии и экологии Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ, gulnarushka92@mail.ru.

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ СТАРЕНИЯ КАБЕЛЕЙ

Махмудова Ш.М., Зиёратиои К., Субхонов Ш.

Научный руководитель – к.т.н. доц. Киргизов А.К.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

E-mail: olim2104@mail.ru

Аннотация. При ненормальном кабеле происходит изменение магнитного полюса внутри проводника (намагничивание среды), что приводит к перестройке ориентации магнитного момента под действием текущего магнитного поля сердечника кабеля так, что ненормальное состояние кабеля будет отражаться в высших гармонических составляющих тока.

Ключевые слова: кабель, магнитный поток, изоляция, ток, загрязнения, включения.

ANALYSIS OF MECHANISMS OF AGING OF CABLES

Abstract. With an abnormal cable, the magnetic pole changes inside the conductor (medium magnetization), which leads to a restructuring of the orientation of the magnetic moment under the influence of the current magnetic field of the cable core so that the abnormal state of the cable will be reflected in the higher harmonic components of the current.

Key words: cable, magnetic flux, insulation, current, pollution, inclusions.

Когда кабель находится в нормальном рабочем состоянии, ток будет протекать через проводник кабеля. В этот момент на проводник сначала будут действовать натяжение вдоль направления электрического поля и сила сжатия, перпендикулярная направлению электрического поля, а сила растяжения и сжатия, а именно сила потока Максвелла, возрастают в квадратичная зависимость, поэтому при нормальной работе кабель всегда будет подвергаться механическому давлению. Во-вторых, из-за взаимодействия между атомами разных веществ на контактной поверхности проводника и изолятора будет возникать контактный потенциал, образуя таким образом вольт-эффект, который дополнительно порождает напряжение. В-третьих, изоляция обладает свойством накапливать энергию внутри себя, и эта энергия оказывает упругое воздействие на внешнюю поверхность, приводящие к потере напряжения и давления внутри изоляторов, а именно к явлению нагрева. Кроме того, сложная внешняя среда и изменчивые внутренние факторы делают кабель в эксплуатации подверженным совместному действию электричества, тепла, окружающей среды, внешних сил и других

факторов. Эти факторы взаимодействуют, ограничивают и коррелируют друг с другом, вместе образуя влияющую причину старения кабеля [1].

При ненормальном кабеле происходит изменение магнитного полюса внутри проводника (намагничивание среды), что приводит к перестройке ориентации магнитного момента под действием текущего магнитного поля сердечника кабеля так, что ненормальное состояние кабеля будет отражаться в высших гармонических составляющих тока.

Вращающийся ток будет генерироваться там, где изменяется магнитный поток внутри проводника, и этот вращающийся ток представляет собой вихревой поток в теле, как показано на рисунке 1, и является основным источником нечетных гармоник в токе, протекающем через проводник. Когда ток проходит через проводник, магнитный поток, будет генерироваться проводником. Изменение магнитного потока вызывает вихревые токи, а также, на рисунке 1 ток является и представляет собой синтез в настоящее время. Из-за симметрии электрического поля и внешнего магнитного поля вихревой ток также становится асимметричной волной. Через его увеличение и уменьшение синтетический ток становится синтетической волной тока, содержащей только нечетные гармоники.

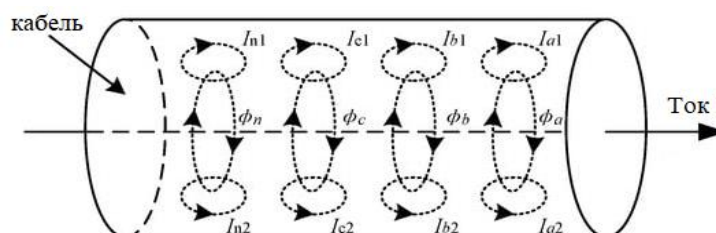


Рис. 1. Принципиальная схема вихревых токов.

Когда внутренняя часть кабеля однородна, переменные токи в проводнике создают одинаковый магнитный поток, и генерируемые вихревые токи могут компенсировать друг друга. На рисунке 2 показан внутренний магнитный поток кабеля, когда кабель неровный внутри, из-за таких условий, как пустоты, посторонние вещества, старение изоляции и т. д., или если на поверхность кабеля попала пыль и влага. Магнитные потоки В и С отличаются от нормального магнитного потока А, что приводит к возникновению вихревого тока, который не может компенсировать друг друга в проводнике кабеля. Эта ситуация отразится на составляющие высшие гармоники кабеля, которые могут отражать состояние старения проводника кабеля [2].

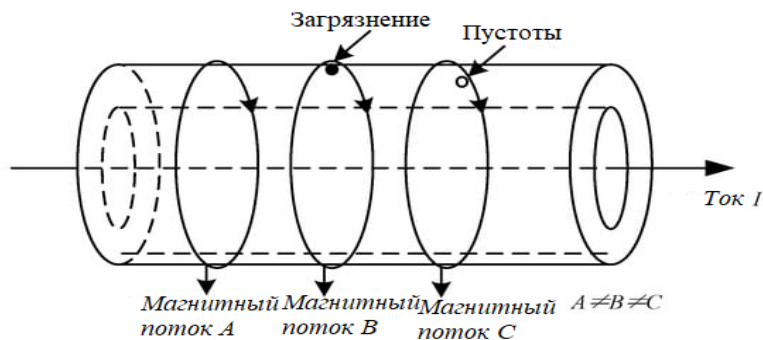


Рис. 2. Принципиальная схема неравномерного магнитного потока в среде.

Вибрация проводника, вызванная механическим напряжением, будет производить вихревые токи, которые являются основным источником тока и даже гармоник. Вихревой ток, вызванный механическими факторами, показан на рисунке 3. При воздействии на проводник импульсного импульса, вызванного механическими факторами, проводник будет совершать небольшие перемещения в магнитном поле, которые будут генерировать вихревые токи А и В. Вихревой ток течет по проводнику с током, но ударный импульс, создаваемый механическими факторами, направлен под прямым углом к магнитному потоку в магнитном поле, а проводник движется в направлении, указанном стрелкой. В этой точке направление движения проводника, направление магнитного поля и направление тока согласуются с правилом правой руки Флеминга. Следовательно, ток, протекающий по проводнику, равен, куда состоит из вихревых токов А и вихревых токов В. Поскольку содержит четные гармоники, ток Р, протекающий по проводнику, содержит четные гармоники.

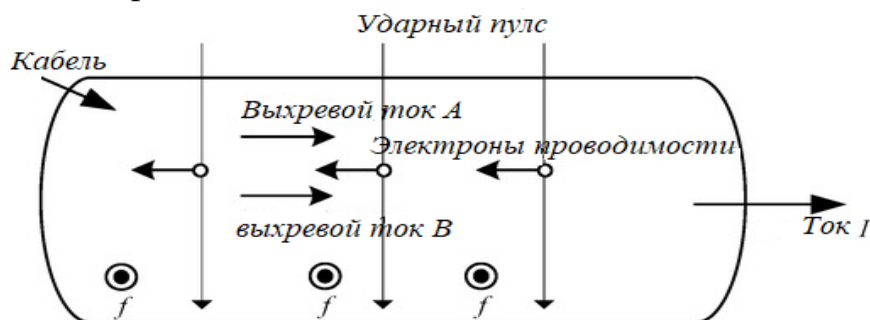


Рис. 3. Вихревой ток, вызванный импульсным импульсом.

Когда в кабеле происходит старение под напряжением, магнитный поток в проводнике изменяется, и проводник вибрирует, в результате чего возникают гармоники высокого порядка. Стрессовое старение в основном включает термическое старение, старение под напряжением, старение под воздействием окружающей среды и старение под механическим напряжением [3.4.5].

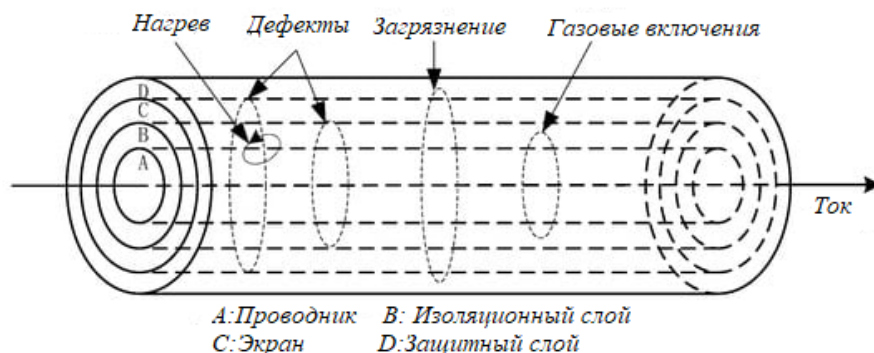


Рис. 4. Принципиальная схема вихревых токов при ненормальном кабеле питания.

Выводы

На основании приведенного выше анализа и обобщения взаимосвязи между старением кабеля и гармониками высшего порядка можно сделать вывод, что распределение магнитного поля и внутреннего тока, протекающего во время работы неисправного кабеля, показано на рисунке 4. Таким образом, статус старения кабеля может быть получен путем анализа текущих гармоник кабеля.

Литература

13. Песня, Ю.Т.; Ву, СТ; Ли, Дж. Г.; Ван, Б.Н.; Ван, УХ; Фу, П.; Е, Мой; Чжэн, Дж; Лу, К.; Гао,Х.; и другие. Концептуальный проект Токамака CFETR. *IEEE транс. Плазменные науки*. 2014 , 42 , 503–509.
14. Ван, Дж.; Хуанг, Ю.; Чен, Х.; Ли, Х. Анализ стабильности распределительной сети CFETR. *J. Fusion Energy* 2021, 40, 12.
15. Шоу, Монтана; Шоу, С.Х. Триинг воды в твердых диэлектриках. *IEEE транс. Диэлектр. электр. Инсул.* 1984 , 19 , 419–452.
16. Николаевич, С.В.; Дрика, Р. Влияние воды на старение изоляции кабеля из сшитого полиэтилена. *электр. Система питания Рез.* 2002 , 60 , 915.
17. Танака, Т.; Фукуда, Т.; Судзуки, С. Формирование водяного дерева и оценка срока службы силовых кабелей 3,3 кВ и 6,6 кВ из сшитого полиэтилена. *IEEE транс. Энергетический аппарат. Сист.* 1976 , 95 , 1892–1900.

Сведения об авторах:

Зиёратшои К – магистрант 1-го курса, группы 430101 Б кафедры «ЭС», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Субхонов Ш – магистрант 2-го курса, группы 430101 Б кафедры «ЭС», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Киргизов А.К. – руководитель, доцент кафедры «ЭС», ТТУ имени академика М.С. Осими.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЫГОДА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Андалеби Н., Арабов Ф.Д., Субхонов Ш.

Научный руководитель – к.т.н. доц. Киргизов А.К.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

E-mail: alifbek@mail.ru

Аннотация. В статье приведено основное преимущество использования солнечного теплоснабжения которое позволит решать энергетические и социально экономические проблемы регионов Таджикистана удалённых от централизованных энергосистем. Это отдаленные поселки, кишлаки, объекты сельского хозяйства, формально находящиеся в зонах централизованного энергоснабжения, но труднодоступного.

Ключевые слова: солнечный панель, радиация, сельский местность, высокогорье, труднодоступный.

ECONOMIC BENEFITS FROM THE USE OF SOLAR HEAT SUPPLY IN TAJIKISTAN

Abstract. The article presents the main advantage of using solar heat supply, which allows solving the energy and socio-economic problems of the regions of Tajikistan remote from centralized energy systems. These are remote villages, villages, agricultural facilities, formally located in the zones of centralized energy supply, but difficult to access.

Key words: solar panel, radiation, countryside, highlands, remote.

Использование возобновляемых источников энергии, в том числе солнечного излучения, имеет важное значение для обеспечения и удовлетворения потребности населения, промышленности и сельского хозяйства в тепловой и электрической энергии. Оно позволит решать энергетические и социально экономические проблемы регионов Таджикистана удалённых от централизованных энергосистем. Это отдаленные поселки, кишлаки, объекты сельского хозяйства, формально находящиеся в зонах централизованного энергоснабжения, но труднодоступного. Другим существенным фактором использования возобновляемых источников энергии является возможность сохранения экологических условий местности или даже их улучшение. В более отдалённом будущем солнечная энергия будет иметь решающее значение в преодолении энергетического и экологического кризиса Земли [4].

Среди различных методов использования солнечной энергии одним из наиболее развитых является ее фототермическое преобразование для двух вариантов с использования солнечной энергии: 1) теплоснабжение объектов жилищно-коммунального и сельскохозяйственного назначения; 2) для получения электрической энергии.

В условиях Таджикистана наиболее выгодным является первый вариант, которое можно использовать для теплоснабжения жилищно-коммунальных и сельскохозяйственных объектов. Простейшим способом преобразования солнечной энергии в тепловую является солнечный коллектор, включающий приемную панель для поглощения солнечного потока, что обеспечивает нагрев рабочей жидкости — теплоносителя. Существует много типов солнечных коллекторов, разработанных за рубежом. Основной конструкцией коллекторов является плоская приемная поверхность, теплоизолированная с противоположенной стороны и из торцов, так что энергетический обмен коллектора с окружающей средой происходит только через освещаемую поверхность.

В связи с этим возникает вопрос о научно обоснованных потребностях населения в тепловой и электрической энергии. По существующим нормам и правилам потребность в горячей воде на одного человека в городе составляет 100 литров при температуре $T=60^{\circ}\text{C}$ в сутки. Это норма считается завышенной и в целом для Таджикистана учитывая климатические условия, предлагается норма 50 л. на человека [1]. Исходя из вышеуказанного для условий Таджикистана определена средняя необходимая площадь солнечного коллектора 0.9 м^2 . Это норма относится как к индивидуальным потребителям, так и к коллективным. При этом дефицит тепловой энергии хозяйственных организаций, обусловленный материальными и финансовыми потерями, исчисляются отдельно. Следует отметить, что конкретная обоснованная норма будет различной для различных регионов, зависящей от климатических условий и прихода солнечной энергии, что требует соответствующих экономических расчетов. Обозначая указанную норму как S_t ($\text{м}^2/\text{чел}$), потребность того или иного региона в солнечных коллекторах $S_{\text{тп}}$ (м^2) можно определить выражением:

$$S_{\text{тп}}=S_t \cdot N_T \cdot \Delta S_{\text{тп}}$$

где: N_T - число людей в регионе, нуждающихся в солнечных коллекторах, которое можно определить отношением дефицита поступления горячей воды в жилищный сектор к норме его душевого потребления;

$S_{\text{тп}}$ - площадь солнечной панели, необходимая для покрытия дефицита населения в тепловой энергии, м^2 .

Основная проблема широкого использования солнечных тепловых установок связана с их экономической эффективностью и конкурентно - способностью по сравнению с традиционными системами, что определяет более высокую стоимость, вырабатываемой солнечными установками, чем получаемой при использовании традиционных топлив. Срок окупаемости солнечной тепловой установки $T_{ок}$ можно определить по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C}{(E \cdot C_T - I_{ЭК}}$$

где: C - удельная стоимость солнечной установки, сомони/м²; (долл./м²));

E - годовое количество энергии, вырабатываемой солнечной установкой, кВт·ч/(м²·год)

C_T - стоимость энергии традиционного источника, сомони/(кВт·ч); (долл/(кВт·ч));

$I_{ЭК}$ - издержки эксплуатации, сомони/(м²·год);(долл/(м²·год))

Экономический эффект \mathcal{E} установки солнечных коллекторов в зонах централизованного энергоснабжения выраженной в сомони (долларах), может быть определён как доход от продаж тепловой энергии произведенной с площади коллекторов S , м², в период всего срока службы установки за вычетом издержек эксплуатации:

$$\mathcal{E} = (T_{сл} - T_{ок}) \cdot (E \cdot C_T - I_{ЭК}) \cdot S$$

где: $T_{сл}$ - срок службы установки.

В таблице 1. представлена стоимость систем теплоснабжения (в ценах 2007г. в долларах). Данные показывают, что российские разработки по сравнению с зарубежными показателями в 2,5 - 3 раза дешевле.

Удельная стоимость солнечной панели

Таблица .1

Наименование	Основные параметры	Удельная стоимость панели, долл/м ²	
		Российские	Зарубежные
Солнечные коллекторы	Площадь солнцеприемной панели 0.8-1.6м ²	100-250	290-500
Системы горячего водоснабжения	На 1м ² установленных коллекторов	200-500	500-1000
Системы отопления и горячего водоснабжения	На 1м ² установленных коллекторов	600-1200	1500-2000

Стоимость установок солнечной энергетики включает в себя стоимость производства соответствующего оборудования, расходов на транспортировку на места установки и стоимость строительства основания. Определение стоимости установки, а также ресурсов ее работы в натуральных условиях, позволяет установить стоимость вырабатываемой полезной энергии и произвести сравнение с другими источниками энергии, первую очередь с традиционными. Тем самым может быть определена экономическая целесообразность и эффективность использования того или иного вида возобновляемых источников энергии в данном регионе.

Среднее по Таджикистану значение годового прихода солнечной энергии на горизонтальную поверхность может быть оценено величиной порядка 3000 кВт·ч/(м·год) (экспериментально). Принимая КПД $\eta=0,5$, получаем, пренебрегая издержками, срок окупаемости, а 6,5 лет. При этом следует отметить, что прогнозируемый срок службы коллекторов $T_{сл}$ составляет 10-15 лет. Солнечные коллекторы в зоне централизованного теплоснабжения уже доказали свою эффективность (солнечные приставки к котельным). Гораздо больший экономический эффект имеют установки теплоснабжения от солнечных коллекторов в регионах, удаленных от централизованных энергосетей, которых в Таджикистане свыше 80% от всей территории Республики с населением около 4 млн. человек. Эти установки предназначены для работы в автономном режиме индивидуальных потребителей. Потребность населения и хозяйств указанных регионов в тепловой энергии весьма велика. В то же время стоимости традиционных видов топлива намного выше их стоимость в зонах централизованного получения. Распределения энергии из-за транспортных расходов и потерь топлива при транспортировке, то есть в стоимость топлива в регионе $C_{тр}$ включается региональный фактор γ_p :

$$C_{тр}=\gamma_p \cdot C_t$$

где: $\gamma_p > 1$ и для различных регионов может изменять свою величину. Необходимо также учитывать, что в связи с переходом на рыночные отношения в Таджикистане произошел резкий скачок цен на материалы и оборудования. В сегодняшних условиях цены на энергоносители имеют нерегулярный характер, включая постоянный рост и неравномерность по регионам Таджикистана, прежде всего из-за условий транспортировки. Проведенный экономический анализ показывает, что использование солнечного теплоснабжения в настоящее время является актуальным.

Литература

1. Докунбаев К.Д. Энергетика Казахстана. Движение к рынку. -Алматы: ГЫЛЫМ,1998. 584 с.

2.Беляев Л.С. и др. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. Новосибирск: Наука, 2000. -200с.

4.Аслаян А.Н., Молодцов С.Д Финансовые аспекты расширенного использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии //Теплоэнергетика, 2001, №2. с.21-24

5. Фугенфиров М.И. Использование солнечной энергии в России// Теплоэнергетика, 1997, №4, с.6-12

Сведения об авторах:

Андалеби Навруз - соискатель кафедры «Электрические станции»

Арабов Фируз - докторант PhD, кафедры «Электрические станции»

Субхонов Шамсиддин -магистрант, кафедры «Электрические станции»

ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВЫБРОС ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Мажитов Б.Ж., Юнусов М.Ю., Давлатшоев Р.А., Ниёзов О.С.

Аннотация. Эксплуатация автомобильного транспорта, как и вообще транспорта, приводит к истощению природных ресурсов. Потребление этих ресурсов происходит в течение всего жизненного цикла автотранспортных средств (АТС). В качестве источника энергии на транспорте используются, в основном, двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

Ключевые слова: автомобильный транспорт, потребление, отработанный газ.

INFLUENCE OF MINING CONDITIONS ON EXHAUST GAS EMISSIONS BY ROAD TRANSPORT

Annotation. The operation of road transport, as well as transport in general, leads to the depletion of natural resources. The consumption of these resources occurs during the entire life cycle of motor vehicles (ATS). As a source of energy in transport, mainly internal combustion engines (ICEs) are used.

Key words: road transport, consumption, waste gas.

Следует отметить, что ДВС относятся к тем энергетическим установкам, выходные показатели (энергетические, экологические и экономические) которых непосредственно зависят от теплофизических параметров среды эксплуатации. Эта зависимость особенно сильно ощущается при эксплуатации автомобилей в горных условиях. Горы и возвышенности, занимая одну пятую часть поверхности суши, являются крупнейшей экологической системой нашей планеты. В экстремальных горных условиях необходимо настойчиво и терпеливо добиваться снижения выбросов за счет введения новых экологических технологий, экономии сырья, потребляемой энергии и более детального анализа физико-химических процессов, происходящих при работе теплоэнергетических установок.

Особенности организации процессов горения топлива в ДВС обуславливают образование вредных веществ (ВВ), выбрасываемых вместе с отработавшими газами (ОГ) в окружающую среду. В настоящее время борьба с загрязнением воздуха является одной из наиболее острых проблем современности. Загрязнение атмосферы токсичными веществами наносит огромный социально – экономический ущерб народному хозяйству. В современных условиях непрерывного роста автомобильного парка наиболее важной задачей является сохранение существующего уровня чистоты

воздушного бассейна и поэтому для автомобильного двигателя снижение токсичности ОГ является таким же важным критерием совершенства его конструкции, как топливная экономичность, мощность и надежность.

Состав отработавших газов ДВС зависит не только от типа используемого топлива, но и от типа организации и совершенства рабочего процесса в нем, и поэтому, характеризуя состав ОГ различных типов ДВС (табл.1) можно иметь представление о достаточно широком пределе содержания компонентов.

Таблица 1

Содержание веществ в ОГ ДВС, % по объему

Компонент	Дизель	Бензиновый двигатель
Азот	74...78	74...77
Кислород	2...18	0,3...10,0
Водяной пар	0,5...9,0	3,0...5,5
Углекислый газ	1...12	5...12
Оксид углерода	0,005...0,4	0,5...12,0
Оксиды азота	0,004...0,5	0,01...0,80
Углеводороды	0,009...0,3	0,2...3,0
Альдегиды	0,001...0,009	До 0,2
Сажа, г/м ³	0,1...1,1	До 0,004
Бенз (а) пирен, мкг/м ³	До 10	До 25
Оксиды серы	0,002...0,02	До 0,008
Оксиды свинца	Отсутствуют	До 0,02

Объемная концентрация токсичных веществ в ОГ сравнительно невелика и составляет 0,2...2%. При этом около 80...95% от общей массы токсичных компонентов ОГ приходится на долю пяти основных компонентов: NO_x, CO, CH_x, альдегидов RCHO, диоксида серы SO₂. Нормируемыми токсичными компонентами ОГ ДВС в соответствии с современными нормативными документами (EURO-1 до EURO-6) являются NO_x, CO, CH_x и твердые частицы. Наибольшее содержание альдегидов в ОГ отмечается при работе непрогретого двигателя на режимах пуска и холостого хода, имеющих сравнительно небольшую долю в общем распределении режимов работы. Поэтому их содержание в ОГ дизелей, как правило, не нормируется.

Сравнение относительной агрессивности (R_i) составляющих компонентов ОГ следующее (за единицу принята агрессивность оксида углерода) [1]:

$$CO : C_nH_m : SO_x : NO_x : C : RCHO : C_{20}H_{12} =$$

1 : 3,16 : 16,5 : 41,1 : 41,1 : 41,5 : 1260000,0.

Неблагоприятными с точки зрения загрязнения окружающей среды являются переходные режимы работы мобильных энергетических установок. При эксплуатации в горных условиях ДВС автомобилей в основном работают на этих режимах. В то же время, доля переходных режимов, в зависимости от назначения двигателя, составляет не менее (60...80) % общего времени работы [2].

В связи с этим, целесообразно рассмотреть особенности образования токсичных компонентов на этих режимах, характерных для горных условий эксплуатации. Наибольшая разница концентраций NO_x на неустановившихся и на установившихся режимах наблюдается при разгоне автомобиля с режима минимальной частоты вращения холостого хода до номинального режима работы ДВС. Причем, в дизелях без наддува эмиссия NO_x ниже на неустановившихся режимах, что обусловлено более низкими температурами стенок камеры сгорания (КС) при разгоне двигателя. Разгон прогретого дизеля с турбонаддувом, напротив, сопровождается повышенной эмиссией NO_x . Это объясняется тем, что давление наддува начинает возрастать с некоторым запаздыванием из-за инерционности турбокомпрессора, суммарный коэффициент избытка воздуха в начальной фазе разгона снижается до значений, меньших предела дымления $\alpha_{\text{дым}} = 1,2...1,3$, возрастают максимальные температуры сгорания. Поэтому максимальные концентрации NO_x в ОГ также наблюдаются в начальной фазе разгона [1].

Выбросы CH_x также выше на неустановившихся режимах, что обусловлено наличием в КС холодных пристеночных слоев, в которых происходит интенсивное образование CH_x на неустановившихся режимах. Причем разница концентраций CH_x на неустановившихся и установившихся режимах наибольшая при разгоне ДВС с режима минимальной частоты вращения холостого хода до номинального режима, и эта разница резко уменьшается по мере приближения к номинальному режиму.

Разница между концентрациями CO на неустановившихся и установившихся режимах также сильно зависит от скоростного режима. Обычно эмиссия CO выше на неустановившихся режимах, что обусловлено меньшими значениями коэффициента избытка воздуха (α) на этих режимах. Причем наибольшая разница наблюдается на режимах с пониженной частотой вращения.

Так же, как и в случае с концентрациями CO , наибольшая дымность ОГ (содержание в ОГ сажи) наблюдается на неустановившихся режимах с пониженной частотой вращения, что также вызвано недостаточной подачей

воздуха в начальной фазе переходных процессов. Повышенная дымность ОГ на неустановившихся режимах работы дизеля сопровождается увеличением эмиссии полициклических ароматических углеводородов, в частности, наиболее токсичного из них — бенз(α)пирена $C_{20}H_{12}$.

Таким образом, эмиссия токсичных веществ с ОГ транспортных ДВС в реальных условиях эксплуатации в значительной степени зависит от соотношения установившихся и неустановившихся режимов работы.

Известно, что наибольшая доля неустановившихся режимов (до 92...95%) наблюдается при движении транспортного средства в условиях повышенной интенсивности транспортного потока, а также при движении автомобиля по грунтовым дорогам или в условиях бездорожья [3]. Поэтому наибольшей эмиссии токсичных компонентов с ОГ следует ожидать именно в этих условиях.

Из факторов окружающей среды наибольшее влияние на токсичность ОГ оказывает температура воздуха (2...10% изменения выбросов токсичных веществ при изменении температуры на $10^{\circ}C$) и, в меньшей степени, - барометрическое давление (соответственно 3...5% на 1 кПа) [1].

Температура окружающего воздуха T_0 оказывает существенное влияние на характер протекания процесса сгорания топлива. Понижение температуры воздуха приводит к уменьшению температуры воздушного заряда в цилиндре двигателя, температуры конца сжатия T_c и максимальных температур сгорания. Влияние давления окружающего воздуха p_0 на показатели автотранспортных ДВС особенно заметно при его работе в условиях высокогорья с низкими p_0 . В частности, при подъеме на высоту 2000 м над уровнем моря давление p_0 уменьшается, например в дизельных двигателях с 0,1 до 0,08 МПа, а на высоте 4000 м - до 0,06 МПа. Такое уменьшение p_0 приводит к изменению характера протекания рабочего процесса ДВС. При уменьшении p_0 снижается плотность воздушного заряда, поступающего в цилиндры двигателя. Это приводит к уменьшению температуры T_c и давления p_c конца сжатия, увеличению периода задержки воспламенения τ_i , смещению сгорания на такт расширения, уменьшению максимального давления сгорания p_z , недогоранию топлива, ухудшению индикаторных и эффективных показателей энергоустановки и эмиссии продуктов неполного сгорания топлива [7].

Другой причиной ухудшения качества рабочего процесса при уменьшении p_0 является снижение расхода воздуха через двигатель и уменьшение коэффициента избытка воздуха α . Понижение атмосферного давления вызывает увеличение выбросов монооксида углерода CO и снижению выбросов оксидов азота NOx.

В горных условиях нарушается нормальная работа системы питания двигателя, что приводит к снижению динамики и экономичности ДВС и увеличению износа деталей шатунно-поршневой группы. Например, скорость движения автомобилей на горных дорогах уменьшается в среднем на 35...40 %, а расход топлива увеличивается на 15...20 % [4].

Изменение атмосферных условий по мере увеличения высоты над уровнем моря весьма существенно. Так, на высоте 2000, 3000, 4000 м давление воздуха снижается на 22; 31 и 61,5 %, а плотность его – на 13,5; 25 и 33 % соответственно [7]. Столь значительное уменьшение плотности атмосферного воздуха по мере роста высоты над уровнем моря в большей степени сказывается на эффективных и экологических показателях работы двигателя, его надежности и ресурсе. Результаты анализа позволяют сделать вывод о том, что влияние изменения концентрации компонентов воздуха с высотой значимо (особенно для процесса сгорания горючей смеси с естественным ухудшением энергетических, экономических и экологических характеристик) и этот фактор необходимо учесть не только для теоретической полноты картины, но и для адекватного описания реального процесса в экстремальных горных и высокогорных условиях.

Если рассмотреть механизм и причину не догорания топлива и образования основных вредных компонентов состава ОГ ДВС, то становится очевидным, что изменение концентрации токсичных газов, в основном зависит от повышения или понижения значения коэффициента избытка воздуха, что происходит в рабочем процессе ДВС, эксплуатирующихся в горных условиях, постоянно сопровождающийся с поступлением в цилиндры двигателя свежего заряда и разряженного воздуха с низкой температурой. В карбюраторных двигателях, даже когда в двигателе $\alpha=1$ в ОГ содержится некоторое количество токсичных компонентов, что объясняется неравномерностью состава смеси по цилиндрам, наличием в камере сгорания зон с обогащенной смесью.

Таким образом, одним из наиболее основных причин образования основных нормируемых вредных веществ состава ОГ двигателей в горных условиях эксплуатации по мере увеличения высоты н. у. м. из-за уменьшении плотности, температуры и давления атмосферного воздуха - это ухудшение наполнения цилиндров свежим зарядом, что в свою очередь приведет к уменьшению коэффициента избытка воздуха α , в результате чего ухудшаются топливно-экономические и экологические показатели дизеля.

Поэтому, интерес представляет изучение изменения основных показателей ДВС при эксплуатации в высокогорных условиях.

Для этого используем выявленные, на базе использования уравнений состояния реального газа, доктором технических наук, профессором А.А. Турсуновым, закономерности [4] изменения давления, плотности и температуры воздуха от высоты местности над уровнем моря:

$$P = P_0(1 - \beta h)^{3,22} \left[1 - 1,77b(1 - \beta h)^{2,22} \right] \cdot 1 - 3,94 \cdot 10^{-5} \cdot a(1 - \beta h)^{1,22}; \quad (1)$$

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 - \beta \cdot h)^{2,22} \cdot \left[1 - 5,5 \cdot 10^{-5} a(1 - \beta h)^{1,22} + 2,97b \cdot (1 - \beta h)^{2,22} + 0,12ab(1 - \beta h)^{3,44} \right]; \quad (2)$$

$$T = T_0(1 - \beta h) \quad (3)$$

которые могут быть реализованы не только для оценки экономических, экологических и энергетических показателей ДВС, но и для уточнения их рабочих процессов.

Как видно из рис. 4, с высотой места работы двигателей над уровнем моря концентрации NO_x , CO , CH , а также общая удельная токсичность выпускных газов и удельная токсичность по NO_x и CO значительно изменяются так же, как и степень концентрации сажи и удельный ее выброс в сторону их увеличения.

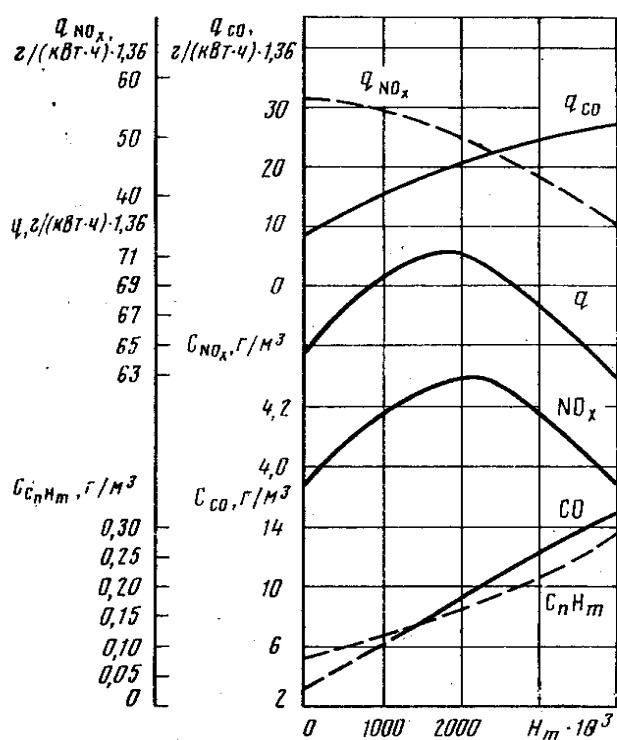


Рис. 4- Зависимость выбросов токсичных веществ дизелями от высоты над уровнем моря при неизменных регулировках.

ПДК по сравнению с CO и особенно с NO_x практически не сказывается на

Рассмотрение этих зависимостей позволяет сделать следующие выводы:

- изменение атмосферных условий по мере увеличения высоты над уровнем моря весьма существенно и в большей степени сказывается на эффективных и экологических показателях работы двигателя;
- с увеличением высоты эксплуатации АТС при неизменной регулировке подачи топлива в ДВС выброс продуктов неполного сгорания топлива возрастает. Повышение количества в ОГ CH из-за высоких значений

общей токсичности выпуска. Доля CO в общей токсичности ОГ монотонно возрастает от 10% на уровне моря до 25% на высоте $H=400$ м; - степень концентрации NO_x вследствие увеличения максимальной температуры горения, обусловленного увеличением скорости распространения пламени до α_{opt} , сначала возрастает приблизительно на 10%, затем снижается в первом приближении с той же интенсивностью вследствие уменьшения концентрации O_2 и максимальной температуры из-за снижения тепловыделения вследствие недогорания. Максимум токсичных выбросов приходится на $H=1500...2500$ м. Удельный выброс снижается по мере увеличения высоты, достигая при $H = 4000$ м в 30% от первоначального [6].

В заключение следует отметить, что при эксплуатации АТС в горных условиях, где доля переходных режимов составляет (80-95%), особое влияние на экологические показатели ДВС оказывают природно-климатические и дорожные условия. В горных условиях по мере увеличения высоты н. у. м. из-за уменьшения плотности, температуры и давления атмосферного воздуха ухудшается наполнение цилиндров свежим зарядом, что приведет к уменьшению коэффициента избытка воздуха α , в результате чего ухудшаются топливно-экономические и экологические показатели дизеля.

Литература

1. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с., ил.
2. Патрахальцев Н.Н., Соколов Ю. А. Неустановившиеся режимы работы дизелей. НИИ информтяжмаш, ДВС, 1976 г., № 34, 42 с.
3. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автотракторных дизелей. – М.: Колос, 1994. – 224 с.
4. Турсунов А.А., Абдуллоев М.А. Влияние термодинамических параметров горной среды на энергетические показатели автотракторных двигателей внутреннего сгорания. – Душанбе, 2009. – 165 с.
5. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей.
6. Кутенев В. Ф., Звонов В.А., Корнилов Г. С. Научно-технические проблемы улучшения экологических показателей автотранспорта // Автомобильная промышленность. – 1998. – № 11.
7. Двали Р.Р. Механическая тяга в горной местности. / Двали Р.Р., Махалдиани В.В./ Изд-во «Наука», 1970, 235с.

Мажитов Бахриддин Жамилович – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТГУ имени академика М.С. Осими, автор более 70 научных работ. Область научных интересов: адаптация автотранспортных средств к условиям высокогорья и жаркого климата. E-mail: mjbahriddin@mail.ru

Юнусов Мансур Юсуфович – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ТГУ имени академика М.С. Осими, автор свыше 150 научных работ. Область научных интересов: проблемы автотранспортного комплекса и ресурсосберегающие технологии, E-mail: m-yunusov@mail.ru

Давлатшоев Рашид Асанхонович – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ТГУ имени академика М.С. Осими, автор свыше 100 научных работ. Область научных интересов: проблемы автотранспортного комплекса и ресурсосберегающие технологии, E-mail: d_rashid71@mail.ru

Ниёзов Одил Сатторович – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТГУ имени академика М.С. Осими, автор более 20 научных работ. Область научных интересов: ресурсосбережение на автомобильном транспорте. E-mail: odil_69@mail.ru

СОЛНЕЧНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАНА

Шарипов Ф

ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В работе представлена общая информация о солнечных ресурсах Республики Таджикистана, приведены характеристики солнечная радиация в основных населенных пунктах Таджикистана.

Ключевые слова - Солнце, солнечные дни, солнечная радиация.

SOLAR RESOURCES OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Annotation. The paper provides general information about the solar resources of the Republic of Tajikistan, the characteristics of solar radiation in the main settlements of Tajikistan are given.

Keywords: Sun, sunny days, solar radiation.

Таджикистан расположен в Центральной Азии и не имеет выхода к Мировому океану. Координаты: 30⁰ северной широты, 71⁰ восточной долготы. По площади Республика Таджикистан занимает 93-е место в мире.

Большую часть территории (93%) Республики Таджикистана занимают горы, относящиеся к горным системам Средней Азии - Тянь-Шаньской и Памирской.

Климат страны - субтропический со значительными суточными и сезонными колебаниями температуры воздуха, малым количеством осадков, сухостью воздуха и малой облачностью. Средняя температура января колеблется от +2...-2 °С до -20 °С в долинах и предгорьях юго-запада и севера республики и опускается ниже на Памире. Абсолютный минимум температуры достигает -63 °С на Памире (Булункуль). Средняя температура июля — от +30 °С в пониженных долинах юго-запада до 0 °С и ниже на Памире. Абсолютный максимум температуры составляет +48 °С (Нижний Пяндж).

Континентальный климат характеризуется значительными суточными и сезонными колебаниями воздуха, малым количеством осадков, сухостью воздуха, малой облачностью и продолжительностью сияния 2100...3166 часов в год, а количество солнечных дней в году колеблется от 270 до 300. Годовые значения суммарной радиации при ясном небе составляют 7500...7800 МДж/м² в долинно-предгорной части республики и 8600-9200 МДж/м² в горной. Суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе колеблются от 5600 МДж/м² в долинах до 8200 МДж/м² в

высокогорьях. Наибольшая продолжительность солнечного сияния (более 3000 часов в год) наблюдается на юге республики (Пяндж-3029 часов) и на восточном Памире (Каракуль – 3166 часов).

В таблице 1 приведены Теоретические параметры солнечного облучения горизонтальной площадки на поверхности Земли на широте Таджикистана.

Таблица 1.

Теоретические параметры солнечного облучения горизонтальной площадки на поверхности Земли на широте Таджикистана

Величина солнечного облучения	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
МДж/м ² *сут	13	15	20	25	27	28	26	25	19	15	12	11
Вт/м ² .ср*сут	150	174	231	289	312	324	301	289	220	174	139	127

Среднесуточное значение теоретического солнечного облучения для Таджикистана в ясный день, согласно табл. 1 равно 228 Вт/м².

Эти данные хорошо согласуются с непосредственными наблюдениями гидрометеостанций (табл. 2).

Таблица 2.

Солнечная радиация в основных населенных пунктах Таджикистана (по данным гидрометеостанций)

Величина а Вт/м ²	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Мин.	80.	114.	153.	209.	275.	326.	322.	290.	232.	164.	100.	65.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Средн.	87.	121.	160.	225.	280.	330.	328.	294.	244.	167.	110.	75.
	2	6	4	1	9	7	9	1	1	4	0	6
Макс.	96.	137.	187.	320.	304.	350.	340.	305.	258.	172.	114.	86.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

На рисунке 2 приведена обобщенная карта продолжительности солнечной радиации в различных регионах Таджикистана.

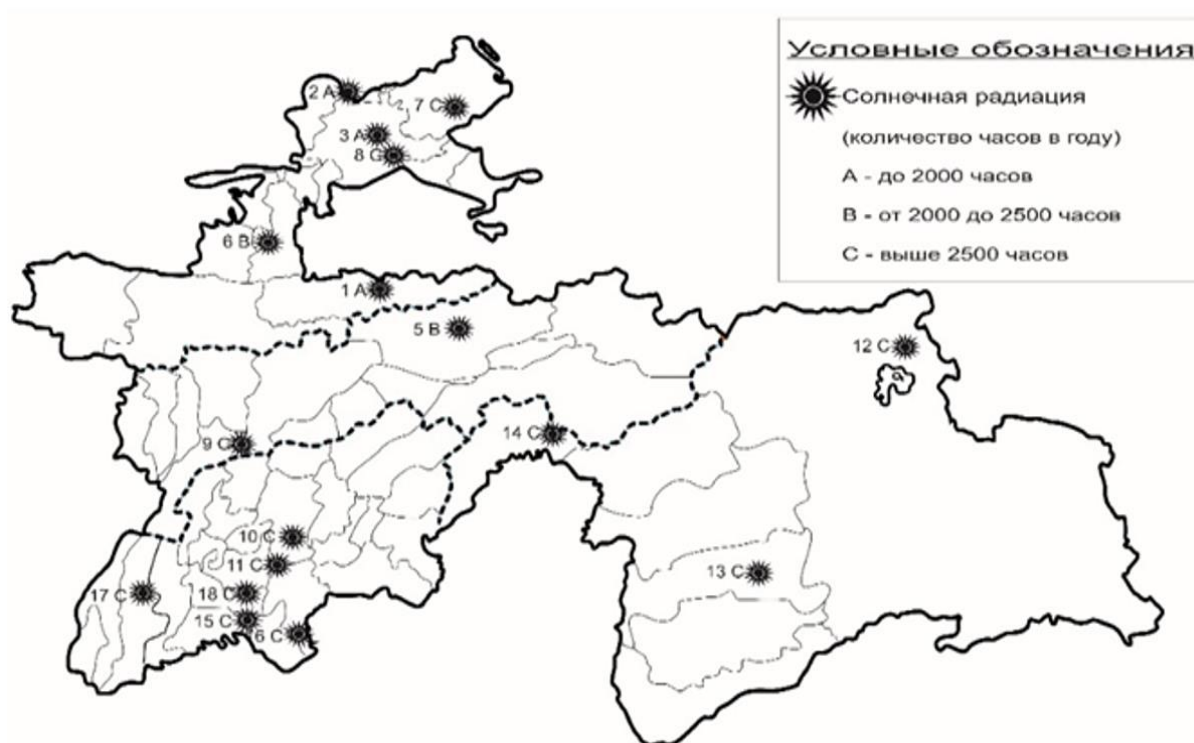


Рис. 2. Продолжительность солнечной радиации в разных районах Таджикистана: 1 - Горная Мастча, 2 - Мастча, 3 - Б. Гафуров, 4 - Ледник Федченко, 5 – Нурабад (Комсомолобад), 6-Шахристан, 7- Таджикское море (Кайракумское водохранилище), 8-Худжанд, 9-Душанбе, 10- Бохтар (Курган-Тюбе), 11-Вахш, 12-Озеро Каракуль, 13-Шугнан, 14-Дарваз, 15- Джайхун, 16-Пяндж, 17-Шаартуз, 18- Джалолиддин Руми. Распределение солнечной радиации по районам: А (до 2000 часов) - Горная Мастча, Мастча, Б. Гафуров;

В (от 2000 до 2500 часов) - Ледник Федченко, Джалолиддин Руми, Шахристан;

С (с выше 2500 часов) - Таджикское море (Кайракумское водохранилище), Худжанд, Душанбе, Бохтар (Курган-Тюбе), Вахш, Озеро Каракуль, Шугнан, Дарваз, Джайхун (Кумсангир), Пяндж, Шаартуз.

Заключение

Солнце каждую секунду излучает огромную энергию. Около трети энергии солнечного излучения, попадающего на Землю, отражается ею и рассеивается в межпланетном пространстве. Остальная часть солнечной энергии идет на нагревание земной атмосферы, океанов и суши.

В настоящее время в Республике Таджикистан из всех направлений использования солнечной энергии важных для практических целей можно выделить следующие:

- получение электроэнергии путем прямого преобразования солнечной энергии фотоэлектрическими и термодинамическими методами;
- автономное тепло- и хладоснабжение индивидуальных потребителей, жилищно-коммунальных и промышленных объектов.

Литература

1. <http://phti.tj/ru/циивиз/>. Физико-технический институт имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki>. Википедия. Свободная энциклопедия.
3. <https://www.mewr.tj>. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистана.
4. Petrov G. N. Report resources and use of renewable energy in Tajikistan. –Dushanbe. -2010.

Сведения об авторах:

Шарифов Фазлиддин – магистрант 1-го курса, группы 430101 Б кафедры «Электрические станции», ТТУ имени академика М.С. Осими.

СЕКЦИЯ – 3

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

НАПРАВЛЕННАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

Аминов Дж.Б., Рахимов Б.Н.

ТТУ имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: Jahon_1004@mail.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты эксперимента направленной кристаллизации во вращающемся контейнере и процесс травления слитков, для получения безблочного слитка, а также измерение остаточного сопротивления слиток при 77К.

Ключевые слова: кварцевая трубка, вращающийся контейнер, остаточное сопротивление, монокристалл, кристаллизация.

DIRECTIONAL CRYSTALLIZATION FOR OBTAINING PURE SUBSTANCES

Annotation. The paper presents the results of the experiment of directional crystallization in a rotating container and the process of etching ingots to obtain a block less ingot, as well as measuring the residual resistance of the ingot at 77K.

Keywords: quartz tube, rotating container, residual resistance, single crystal, crystallization.

Большой интерес для практики очистки металлов представляет осуществление направленной кристаллизации непосредственно в кварцевой трубке, которая и служит контейнером. Такой процесс обладает рядом особенностей, при вращении под разными углами наклона продольной оси контейнера к горизонту.

Из приведенного определения чистого вещества следует, что измерение свойств можно использовать для оценки чистоты. Предел обнаружения примесей будет зависеть от выбора свойств [1].

Для металлов весьма чувствительным к содержанию примесей является остаточное сопротивление, которое принято характеризовать отношением удельного сопротивления металла при комнатной температуре (R_{293}) к удельному сопротивлению этого металла при температурах, близких к абсолютному нулю (R_T):

$$\gamma_T = \frac{R_{293}}{R_T}. \quad (1)$$

Таким образом, чем чище металл, тем больше величина γ_T . В настоящее время измерение R_T проводилась при $T=77\text{K}$, (в жидком азоте). Ниже в таблице 1 приведены значения γ_T для некоторых металлов.

При измерении остаточного сопротивления желательнее иметь слиток металла в виде монокристалла. Потому, что в процессе получения последнего может произойти очистка от некоторых примесей, и, следовательно, измеряемое значение остаточного сопротивления будет отвечать истинному значению.

В нашей лаборатории изучалась направленная кристаллизация цинка в контейнерах из кварцевого стекла, покрытых пироуглеродом, с внутренним диаметром 15мм. Начальная часть контейнера выполнена в виде конуса. Получаемые слитки, за исключением конусообразной части, имели вид прямого кругового цилиндра длиной 10см. Угол наклона продольной оси контейнера к горизонту 15° , скорость вращения контейнера 100 об/мин. Направленная кристаллизация осуществлялась в условиях самопроизвольного зарождения, т. е. специальная затравка не вводилась [2].

На внешней поверхности слитков цинка, как и других металлов, полученных направленной кристаллизацией, имеются границы между монокристаллическими блоками, которые проявляются после обработки поверхности слитка соответствующими травителями. Для цинка нами использовалась «царская водка», травление которой в течение 5-30 мин. отчетливо выявляло границы между блоками. Обозначим через S число блоков на поверхности слитка, полученного кристаллизацией. Выясним, как величина S зависит от условий процесса n .

Оказалось, что если взять один и тот же образец цинка и подвергнуть его последовательным операциям направленная кристаллизация – расплавление – направленная кристаллизация – расплавление – направленная кристаллизация и т. д. с выгрузкой слитка из контейнера после направленной кристаллизации для фиксации числа блоков, то наблюдается следующая закономерность:

- при последовательных операциях направленная кристаллизация – расплавление число блоков уменьшается, и величина S в конечном итоге становится равной единице, (смотрите рисунок 1), т. е. получается безблочный слиток;

- изложенное показывает, что направленной кристаллизацией при малых скоростях можно повысить величину γ_T от 14000 до 40000. По-видимому, это происходит за счёт очистки от неизоморфных примесей и за счёт радиального распределения. Как указывалось выше, получение монокристалла является гарантией чистоты от механических и неизоморфных примесей. Такая гарантия может быть, обеспечена получением монокристалла при достаточно малой скорости.

Эффект монокристаллизации на цинке проявляется при любых условиях: разные углы наклона продольной оси контейнера к горизонту, наличие или отсутствие вращения. В связи с последним обстоятельством возникает естественный вопрос: необходимо ли для повышения остаточного сопротивления цинка вращение контейнера? Данные рисунка 1 и таблицы 1 показывают, что применение вращения действительно увеличивает значение γ_T образцов цинка.

Таблица 1

Отношение удельных сопротивлений некоторых металлов после направленной кристаллизации

Металл	$\gamma_T = R_{293}/R_T$
Алюминий	27000
Магний	14000
Висмут	700
Кадмий	31200
Теллур	640
Цинк	39000

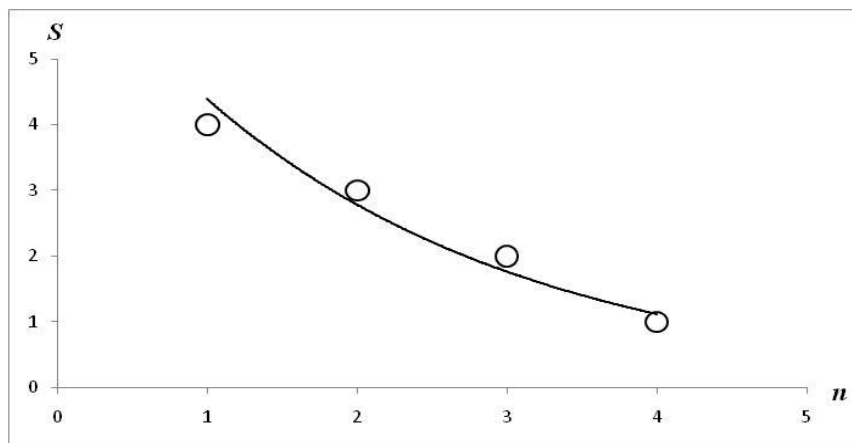


Рис. 1. Зависимость число блоков на поверхности слитка (s), от условий процесса (n), для цинка.

Заключение

В данной работе опытным путем доказано, что применение метода вращающегося контейнера полезно для получения чистого металла.

Литература

1. Управляемая кристаллизация в трубчатом контейнере. Под общ. ред. д. х. н. А. Н. Киргинцева и к. х. н. В. А. Исаенко. Изд. «Наука». Сиб. отд. Новосибирск – 1978. 251 стр.

2. Безблочность слитков гарант получения чистого вещества. Аминов Б., Нуриддинов З., Мухаббатов Х. К. Материалы республиканской НПК «Физика конденсированных сред» физический факультет ТГПУ им. С. Айни, 28-29

Сведения об авторах:

Аминов Дж.Б. – к.т.н., старший преподаватель кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Рахимов Б.Н. – ассистент кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МАГНИЙ СОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аминов Дж.Б., Рахимов Б.Н.

ТТУ имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: Jahon_1004@mail.ru

Аннотация. В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования температурной зависимости удельного сопротивления и удельной проводимости магнией содержащих композиционных материалов на основе алюминия.

Ключевые слова: композит, износостойкость, электропроводность, пористость, прочность.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF MAGNESIUM-CONTAINING COMPOSITE MATERIALS

Annotation. This paper presents the results of an experimental study of the temperature dependence of the resistivity and conductivity of magnesium-containing composite materials based on aluminum.

Keywords: composite, wear resistance, electrical conductivity, porosity, strength.

В промышленности также нашли широкое применение композиционные материалы с содержанием магния т.к. они обладают большим удельным сопротивлением, низкой поляризацией насыщения, а также коррозионной стойкостью. Несмотря на то, что электропроводность магнией содержащих композиционных материалов ниже, чем металлов, они обладают выраженной прочностью. Это обуславливает получение композитов с высоким электрическим сопротивлением и с хорошей механической прочностью.

Композиты на основе магния обладают хорошей антикоррозионной стойкостью, благодаря чему широко используются в практике электротехнической промышленности. Эти композиты жаропрочны и могут выдерживать рабочую температуру до 250 °С. Благодаря малой плотности и значительной прочности таких композитов существенно снижается вес конструкционных изделий. Добавка магния значительно повышает износостойкость материала: 5%, в 3-5 раз снижает износ композита [1].

Поэтому представляло интерес исследовать электрические свойства магнией содержащих композитов на основе алюминия. В таблице 1 приводятся результаты экспериментального исследования электрофизических свойств композитов на основе алюминия с наполнителями из магния. На рисунках 1 и

2 изображена электропроводность композитов на основе алюминия с содержанием магния. Как видно из таблицы 1, рисунок 1 и 2 электропроводность композитов уменьшается монотонно с увеличением магниевых наполнителя [2].

Вероятно это из-за того что магниевые порошки обладают как правила высокой пористостью, которые ухудшают проводимость и тем самым увеличивают потери. Кроме того сопротивляемость магниевых порошков зависит в основном от размеров зерна, получающихся при спекании. Поэтому желательно использовать порошки с меньшими размерами (меньше 32 мкм). Крупное зерно вызывает больше потерь. Другой причиной может, послужит то, что в процессе образования кристаллов появляются междоменные границы Блоха (имеющие большое напряжение), которые станут в дальнейшем препятствием токопрохождения.

Здесь, скорее всего, электропроводность композита обеспечивается по так называемому перколяционному механизму, по которому транспорт носителей заряда (электронов) осуществляется путём межчастичных контактов между частицами малопротяженного магниевых материала и частицами высокоэлектропроводной алюминиевой матрицы [3].

Таблица 1

Электрофизические свойства магниесодержащих композиционных материалов на основе алюминия

<i>Al 85% C 7,5% Mg 7,5%</i>			<i>Al 90% C 5% Mg 5%</i>		
<i>T, °K</i>	<i>$\rho, 10^{-8}$ Ом·м</i>	<i>$\sigma, 1/Ом·м$</i>	<i>T, °K</i>	<i>$\rho, 10^{-8}$ Ом·м</i>	<i>$\sigma, 1/Ом·м$</i>
293	19,09	0,052	293	17,17	0,058
313	21,37	0,046	313	19,53	0,051
333	23,09	0,043	333	20,66	0,048
353	25,38	0,039	353	22,31	0,044
373	27,32	0,036	373	23,85	0,041
393	29,95	0,033	393	25,39	0,039
413	32,24	0,031	413	27,55	0,036
433	34,18	0,029	433	29,51	0,033
453	37,38	0,026	453	31,46	0,031
473	40,58	0,024	473	34,13	0,029
493	43,33	0,023	493	37,73	0,026
513	46,07	0,021	513	38,86	0,025
533	50,07	0,019	533	41,54	0,024
553	54,07	0,018	553	45,03	0,022

573	57,5	0,017	573	50,07	0,019
593	62,08	0,016	593	54,29	0,018
613	66,54	0,015	613	58,4	0,017
633	71,68	0,013	633	62,51	0,015
653	76,37	0,013	653	66,52	0,015
673	83,8	0,011	673	72,79	0,013
<i>Al 80% C 10% Mg 10%</i>			<i>Al 70% C 15% Mg 15%</i>		
293	24,984	0,0400	293	18,43	0,054
313	27,906	0,0358	313	21,33	0,046
333	30,682	0,0325	333	22,47	0,044
353	35,065	0,0285	353	26,92	0,037
373	38,571	0,0259	373	29,1	0,034
393	43,101	0,0232	393	37,26	0,026
413	45,146	0,0221	413	40,18	0,024
433	48,360	0,0206	433	40,69	0,024
453	56,688	0,0176	453	41,73	0,023
473	57,857	0,0172	473	43,28	0,023
493	59,026	0,0169	493	44,94	0,022
513	64,140	0,0155	513	47,84	0,021
533	68,231	0,0146	533	49,91	0,02
553	71,737	0,0139	553	51,98	0,018
573	75,098	0,0133	573	54,26	0,018
593	82,111	0,0121	593	59,23	0,016
613	88,539	0,0112	613	64,93	0,015
633	94,091	0,0106	633	69,59	0,014
653	102,41	0,0097	653	75,59	0,013
673	116,15	0,0086	673	89,37	0,011
<i>Al 60% C 20% Mg 20%</i>			<i>Al 50% C 25% Mg 25%</i>		
293	22,647	0,044	293	25,42	0,0393
313	26,300	0,038	313	29,79	0,0335
333	27,639	0,036	333	35,94	0,0278
353	32,875	0,030	353	38,20	0,0261
373	35,432	0,028	373	46,17	0,0216
393	46,268	0,021	393	49,51	0,0201
413	48,217	0,020	413	56,93	0,0175
433	49,069	0,020	433	63,42	0,0157
453	50,165	0,019	453	69,36	0,0144

473	53,087	0,018	473	76,31	0,0131
493	57,349	0,017	493	81,97	0,0121
513	61,732	0,016	513	88,92	0,0112
533	65,994	0,015	533	96,81	0,0103
553	72,690	0,013	553	107,01	0,0093
573	78,170	0,012	573	117,58	0,0085
593	85,597	0,011	593	127,96	0,0078
613	94,607	0,010	613	141,41	0,0070
633	103,25	0,009	633	151,15	0,0066
653	112,87	0,008	653	162,37	0,0061
673	123,46	0,008	673	173,59	0,0057

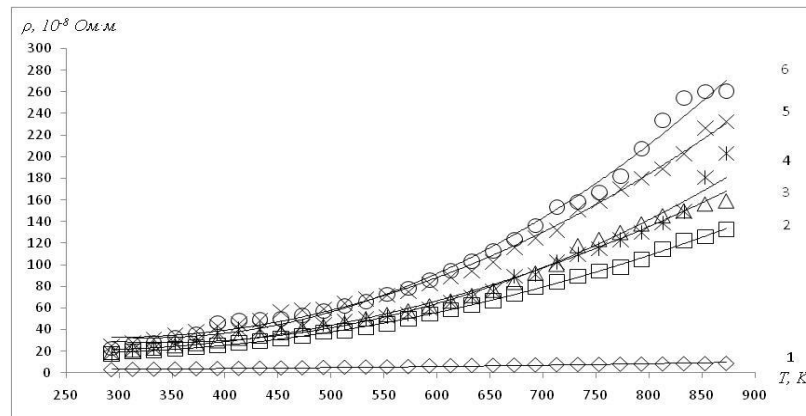


Рис. 1. Удельное электрическое сопротивление композиционных материалов на основе алюминия: 1. Al, (слиток эталонный); 2. Al, 90% + C 5% + Mg 5%; 3. Al 80% + C 10% + Mg 10%; 4. Al 70% + C 15% + Mg 15%; 5. Al 60% + C 20% + Mg 20%; 6. Al 50% + C 25% + Mg 25%.

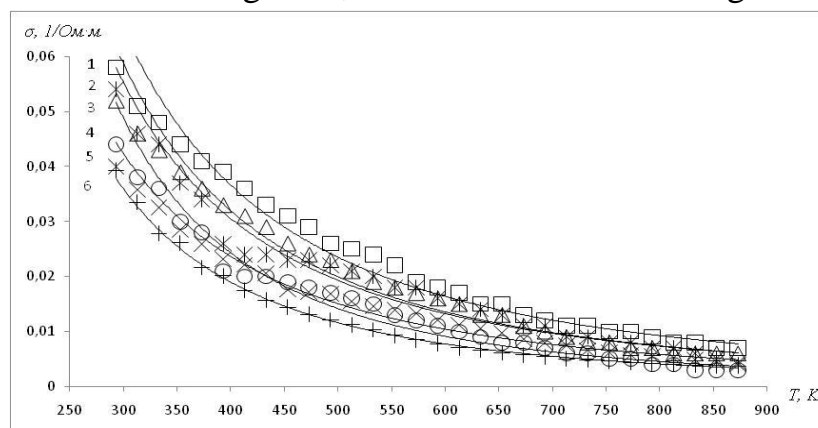


Рис. 2. Удельная электрическая проводимость композиционных материалов на основе алюминия: 1. Al, (слиток эталонный); 2. Al, 90% + C 5% + Mg 5%; 3. Al 80% + C 10% + Mg 10%; 4. Al 70% + C 15% + Mg 15%; 5. Al 60% + C 20% + Mg 20%; 6. Al 50% + C 25% + Mg 25%.

Заключение

В работе экспериментальным образом показано изменение сопротивления магнийсодержащих композитов на основе алюминия, с изменением температуры.

Литература

1. Дисперсные кристаллические порошки в материаловедении/Под ред. Скорохода В. В. Киев: ИПМ АН УССР, 1980. 146 с.
2. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы // Строение, получение, применение. - М.: Университетская книга. Логос, 2001. – 400 стр.
3. Аминов Дж.Б., Аминов Б., Маджидов Х., Нуриддинов З. Электрофизические свойства композиционных материалов на основе алюминия в зависимости от температуры в среде вакуума. / Материалы девятой международной теплофизической школы. // Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий. 6-11 октября. Душанбе – 2014. - С. 692-698.

Сведения об авторах:

Аминов Дж.Б. – к.т.н., старший преподаватель кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Рахимов Б.Н. – ассистент кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД

Рахимов Б.Н., Аминов Дж.Б.

ТТУ имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: Vakha_85_85@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся надёжные методы анализа, позволяющие своевременно оценить эффективность мероприятий по очистке воды и сохранность основания гидросооружений.

Ключевые слова: карстование, мониторинг, порода, изыскание, градиент, выщелачивание, растворимость.

CONDUCTOMETRIC METER FOR MEASUREMENT OF UNDERGROUND MINERALIZED WATER

Annotation: The article presents reliable methods of analysis that allow timely assessment of the effectiveness of water treatment measures and the safety of the foundation of hydraulic structures.

Keywords: karst, monitoring, rock, exploration, gradient, leaching, solubility.

Известные в мировой практике аварии гидросооружений произошли в результате карстования пород основания, и зачастую связаны с некачественными изысканиями и мониторингом, не позволившим выявить карстующую породу, или с отсутствием противосуффозионных мероприятий.

Детальное изыскание и изучение характеристик и свойств вмещающей породы основания и принятие мероприятия по их закреплению, снижению градиентов напора соответствующими противофильтрационными элементами и устройствами может полностью или частично исключить развитие растворения и выщелачивания растворимых пород, следовательно, и опасность разрушения плотины.

В связи с этим, требуются надёжные методы для ведения мониторинга, позволяющие своевременно оценить эффективность противофильтрационных мероприятий и сохранность основания. Нужно выработать основной критериальный показатель для системы мониторинга, используемой для оценки эффективности работы противофильтрационных устройств и мероприятий по обеспечению безопасности основания плотины [1].

Кондуктометрические методы анализа, основаны на измерении удельной электропроводности исследуемых растворов электролитов. Электрической проводимостью называют способности жидких сред проводить электрический ток под действием электрического поля. Переносчиками электричества в растворах электролитов являются ионы.

Кондуктометрические измерения являются не сложным способом, надёжным и относительно дешевым электрохимическим методом измерения с малым энергопотреблением, позволяющий применять ее для контроля качества и степени минерализации жидких сред по величине их удельной электропроводности (УЭП) [2].

Конструктивно кондуктометры состоят из ПИП (первичный измерительный преобразователь) и электронного блока (вторичного преобразователя). Электронные блоки комплектуют различными типами ПИП, которые включают в себя двухэлектродную ячейку и датчик температуры.

Значение УЭП с учётом термокомпенсации и значение температуры измеряемой среды выводят на дисплей вторичного измерительного преобразователя или в виде аналогового и/или цифрового сигнала, который передают в контроллер, устройство индикации, регистрации.

В кондуктометрах предусмотрена аварийная сигнализация о выходе значений УЭП за установленные пределы. ПИП CLS15, CLS16, CLS21, CLS50, CLS54 имеют взрывозащищённое исполнение и предназначены для работы в опасных средах [3].

По выше приведённому обзору выявлено, что невозможно приспособить этих приборов для исследования подземных минерализованных вод в глубоких и узких пьезометрических скважинах.

Для определения концентрации подземных минерализованных вод в пьезометрических скважинах специалистами ООО «NELT» и ООО «Гидроспецпроект» под руководством Давлатшоева С.К. был разработан кондуктометр «NELT» (рисунок 1). В таблице 1 приведены его технические характеристики.



Рис.1. Кондуктометр в сборе

Концентрация определяется по УЭП раствора, измеренной индукционным методом. Область применения кондуктометра: мониторинг минерализации подземных вод: приготовление и использование водно-солевых растворов.

Таблица 1

Технические характеристики кондуктометра «NELT»

<i>Наименование параметров</i>	<i>Значение параметров</i>
<i>Диапазон измеряемых концентраций</i>	<i>2-300 г/л</i>
<i>Точность измерения концентрации NaCl</i>	<i>±3 г/л</i>
<i>Температура измеряемого раствора</i>	<i>10-30⁰ С</i>
<i>Точность измерения температуры</i>	<i>±0,5⁰ С</i>
<i>Интерфейс погружного зонда</i>	<i>Токовая петля 1-100 мА</i>
<i>Интерфейс регистратора</i>	<i>RS-232</i>
<i>Время измерения</i>	<i>2 с</i>
<i>Потребляемая мощность</i>	<i>1 Вт</i>
<i>Средний срок службы погружного зонда</i>	<i>5 лет</i>
<i>Средний срок службы регистратора</i>	<i>10 лет</i>
<i>Длина информационного кабеля</i>	<i>До 100 м</i>
<i>Масса погружного зонда</i>	<i>850 г</i>
<i>Габариты погружного зонда</i>	<i>301x34 мм</i>
<i>Габариты регистратора</i>	<i>140x100x30 мм</i>
<i>Питание прибора</i>	<i>Встроенное, 12 В</i>

Заключение

В результате аналитического обзора методов и приборов кондуктометрического измерения электропроводности жидких сред, выявлено, что кондуктометрические методы и приборы широко развиты в сфере лабораторного анализа.

Литература

1. Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа / Б.А. Лопатин. -М.: Высшая школа, 1975. - 296 с.
2. Шауб Ю.Б. Кондуктометрия / Ю.Б. Шауб. - Владивосток: Дальнаука, 1996. - 488 с.
3. Худякова Т.А. Кондуктометрический метод анализа /Т.А. Худякова, А.П. Крешков. - М.: Высшая школа, 1975. - 207 с.

Сведения об авторах:

Рахимов Б.Н. – ассистент кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Аминов Дж.Б. – к.т.н., старший преподаватель кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

ОБРАБОТКА И ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА 0,8PbTe+0,2PbSe

Рахимов Б.Н., Аминов Дж.Б.

ТТУ имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: Vakha_85_85@mail.ru

Аннотация. В статье приводится процесс электрохимической полировки, а также повышение механических свойств системы 0,8PbTe+0,2PbSe.

Ключевые слова: электрохимическая полировка, коррозионная стойкость, механические качества, приконтактная область.

PROCESSING AND IMPROVING MECHANICAL PROPERTIES OF 0.8PbTe+0.2PbSe ALLOY

Annotation. The article describes the process of electrochemical polishing, as well as improving the mechanical properties of the 0.8PbTe + 0.2PbSe system.

Keywords: electrochemical polishing, corrosion resistance, mechanical properties, contact area.

Электрохимическая обработка замещает трудозатратные механические способы и не приводит к ненужным структурным переменам в поверхностном слое изделий. Стравленная плоскость во многих случаях владеет больше высочайшей коррозионной стойкостью и усовершенствованными механическими качествами. Присутствие нарушенного слоя приводит к необратимым разрушениям приконтактной области термоэлемента и выходу из строя модуля. Таким образом, нужно брать нарушенный слой. Поэтому поводу было поставлено ряд опытов по разным типам травления, и наиболее действенным оказался метод электрохимической полировки.

Объект термоэлектрического материала впоследствии электроэрозионной обработки материала рабочих плоскостей помещался в электролит на базе кислот меж никелевых электродов, присоединенных к источнику постоянного тока. При подаче напряжения происходило полное выделение газов с преобразованием цвета объекта [1].

В процессе электрохимической полировки происходило почернение объекта (первые 5-10 сек.), со следующим отслоением и выравниванием пузырьками газа всего слоя. Преобразование наружного облика объекта в процессе обработки приведено на рисунке 1.

Плоскость объекта впоследствии отслоения содержит бурый красок, который смывается при дальнейшей обработке в ультразвуковой ванне в протяжении 10-15 секунд, (рисунок 2).

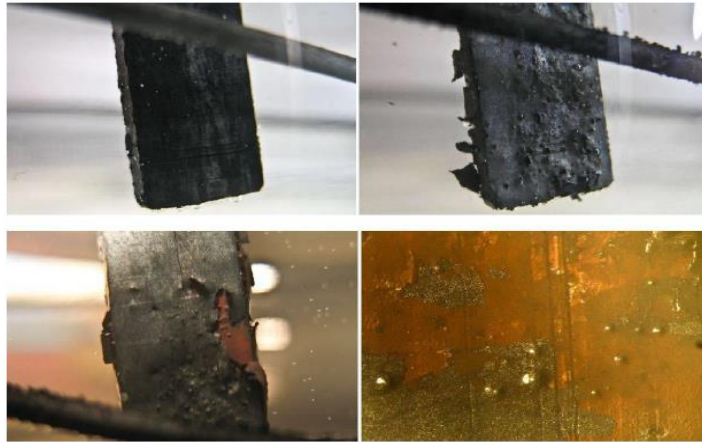


Рис. 1. Изменение внешнего вида образца при обработке

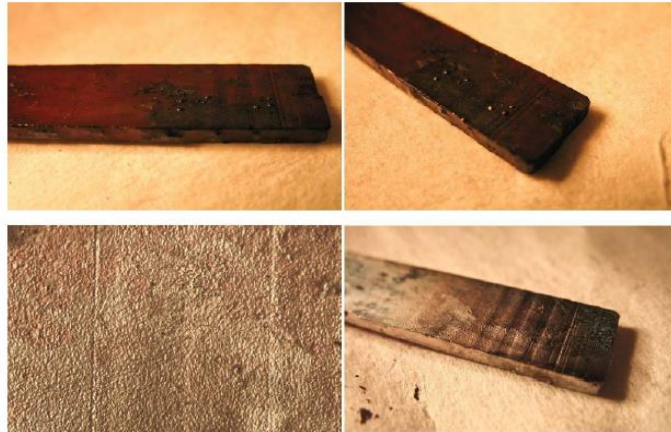


Рис. 2. Обработка в ультразвуковой ванне после процесса полировки

Измерение термоэлектрической производительности и электронного сопротивления производилось способом Хармана [2], на двух объектах из серии (таблица 1). Ниже в таблице 2 и 3 приводятся данные адгезии для образцов с разной глубиной удаления поверхностного слоя.

Таблица 1

Электрофизические параметры исследуемых образцов

	Без полировки		Снятие 18 мкм		Снятие 23 мкм	
	1	2	1	2	1	2
Электропроводность $\text{Ом}^{-1} \times \text{см}^{-1}$	991	1028	1019	1028	1015	1022
Эффективность К^{-1}	2,68	2,75	2,72	2,82	2,84	2,86

Таблица 2

Значения адгезии для образца с удаленным слоем 18 мкм

Значение адгезии кг/мм ²	2,0	1,3	1,1	1,0	2,5	1,0
Отрыв по материалу, %	100	100	100	100	100	100

Таблица 3

Значения адгезии для образца с удаленным слоем 23 мкм

Значение адгезии кг/мм ²	2,4	3,2	1,2	1,8	1,8	1,3
Отрыв по материалу, %	100	100	100	100	100	100

Смысл адгезии, в общем, ориентируется на механические качества материала. Разрушения во всех случаях происходило по материалу. В случае выборочного отрыва материала, заключается в том, что разрушение случилось по причине растрескивания большого материала. Для термоэлементов, не подвергающихся химическому травлению, всякий раз имеет место отрыв по покрытию. Средний смысл адгезии в обычном процессе изготовления находится в пределах: 0,8 - 1,1 кг/мм². Так электропроводность и смысл термоэлектрической производительности растёт. Таким образом, использование химического травления эффективно наращивает прочность и адгезию покрытия материалов, которое считается довольно необходимым для серийного изготовления термоэлементов [3].

Заключение

Электрохимическая обработка замещает трудозатратный механические способы и не приводит к ненужным структурным переменам в поверхностном слое изделий. В процессе электрохимической полировки происходило почернение объекта со следующим отслоением и выравниванием пузырьками газа всего слоя.

Литература

1. Иоффе А. Ф. Полупроводниковые термоэлементы. М.:АН СССР. 1960.
2. Сирота Н. Н. Химическая связь в полупроводниках и твердых телах. М.: Наука и техника. 1965.
3. Крестовников А. Н. Романцева Л. А. Куликова Г. А. Термоэлектрические материалы: М.: 1971.

Сведения об авторах:

Рахимов Б.Н. – ассистент кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Аминов Дж.Б. – к.т.н., старший преподаватель кафедры «ТОР и Э», ТТУ имени академика М.С. Осими.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ТЕПЛОЕМКОСТЬЮ И КОЭФФИЦИЕНТОМ МАССОПЕРЕНОСА ИРИДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Назирмадов Д.А, Сафаров М.М.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Аннотация. В работе приводятся результаты связи между теплоемкостью и экспериментальным исследованием коэффициента массопереноса иридиевых катализаторов при температуре 308K и 0,080МПа атмосферном давлении на высоте 800 метров от урона моря в р.Кушониён (Вахшской долины). Для определения коэффициента массопереноса образцов необходимо знать разность массы образца и время выдержки катализатора в процессе увлажнения в системе растворов NaCl+H₂O ($\omega = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5\%$).

Ключевые слова: коэффициент массопереноса, теплоемкость, иридиевый катализатор, цилиндрическая форма с размерами (0,85-1,25) мм, время, цилиндрический бикалориметр, электронные весы, метод регулярного теплового режима первого рода.

RELATION BETWEEN THE HEAT CAPACITY AND THE MASS TRANSFER COEFFICIENT OF IRIIDIUM CATALYSTS BASED ON POROUS GRANULATED ALUMINUM OXIDE IN AN ELECTROLYTE MEDIUM

Annotation. The paper presents the results of the relationship between heat capacity and an experimental study of the mass transfer coefficient of iridium catalysts at a temperature of 308K and 0.080MPa atmospheric pressure at an altitude of 800 meters above sea level in the Kushoniyon River (Vakhsh Valley). To determine the mass transfer coefficient of the samples, it is necessary to know the difference in the mass of the sample and the holding time of the catalyst during moistening in the system of NaCl + H₂O solutions ($\omega=0.5;1.0;1.5;2.0;2.5\%$). Key words: mass transfer coefficient, heat capacity, iridium catalyst, cylindrical shape with dimensions (0.85-1.25) mm, time, cylindrical bicalorimeter, electronic balance, method of regular thermal mode of the first kind.

Key words: coefficient of mass impact, thermal conductivity, iridi catalyst, the time, the cylindrical bicalorimetry, electronic scales, method regular thermal regime of the first kind.

В данной работе мы определили связь между теплоемкостью и коэффициентом массопереноса. Для исследования теплоемкости катализаторов нами использован метод регулярного теплового режима первого рода [4]. Для определения коэффициента массопереноса нами разработана и собрана экспериментальная установка методом взвешивания [5]. Надо отметить, что экспериментальное изменение массы катализаторов для определения коэффициента массопереноса проводили в системе электролитов NaCl+H₂O. Электролиты NaCl+H₂O готовились в следующем порядке: в 40мл воды добавляли по очереди 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 г. NaCl. После того как растворялся в течение 30 минут электролит использовался в качестве адсорбента.

После измерения массы образцов в сухом и влажном состоянии определим коэффициент массопереноса по уравнению:

$$\beta_{\text{э}} = \frac{\Delta m}{S \cdot m_1 \cdot t}, \left(\frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right) \quad (1)$$

где: Δm - разность массы сухого и влажного образца, кг; S-удельная поверхность, м²/г; t-время, с.

Таблица 1.

Зависимость коэффициента массопереноса от изменения массы засыпки, имеющей цилиндрическую форму с размерами (0,82-1,25) мм при увлажнении в среде паров 0,2г. NaCl+40мл. H₂O.

t, час	m ₁ , гр	$\Delta m = (m_2 - m_1), \text{ гр}$				$\beta \cdot 10^{-9}, \left(\frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right)$			
		Al ₂ O ₃ + 10%Ir	Al ₂ O ₃ + 15%Ir	Al ₂ O ₃ + 30%Ir	Al ₂ O ₃ + 33%Ir	Al ₂ O ₃ + 10%Ir	Al ₂ O ₃ + 15%Ir	Al ₂ O ₃ + 30%Ir	Al ₂ O ₃ + 33%Ir
1,0	0,5	0,522	0,52	0,517	0,515	1150	1090	1050	969
2,0		0,533	0,529	0,525	0,522	865	790	772	711
3,0		0,542	0,537	0,532	0,529	734	672	658	624
4,0		0,549	0,544	0,538	0,535	642	599	586	565
5,0		0,554	0,548	0,542	0,539	566	523	519	504
6,0		0,555	0,55	0,544	0,541	480	454	453	441

Используя значение таблицы 1., вычислим коэффициент массопереноса исследуемых образцов (таблицу 2) в среде паров NaCl + H₂O ($\omega = 0,51,0; 1,5; 2,0; 2,5\%$).

Таблица 2.
Зависимость теплоемкости от коэффициента массопереноса иридиевых катализаторов (цилиндрической формы) в среде паров 0,2г. NaCl +40мл.Н₂O.

t, час	C _p , Дж/(кг·К)			
	Al ₂ O ₃ +11,44%	Al ₂ O ₃ +15,7%	Al ₂ O ₃ +19,43%	Al ₂ O ₃ +25%
	Co	Co	Co	Co
	867	803	737	710
$\beta \cdot 10^{-9}, (\frac{\Gamma}{M^2 \cdot c})$				
1,0	1150	1090	1050	969
2,0	865	790	772	711
3,0	734	672	658	624
4,0	642	599	586	565
5,0	566	523	519	504
6,0	480	454	453	441

Как видно из таблицы 2, теплоемкость иридиевых катализаторов зависит от концентрации наноиридия (n). Используя таблицу 2., построим график C_p = f (β) (рисунок 1).

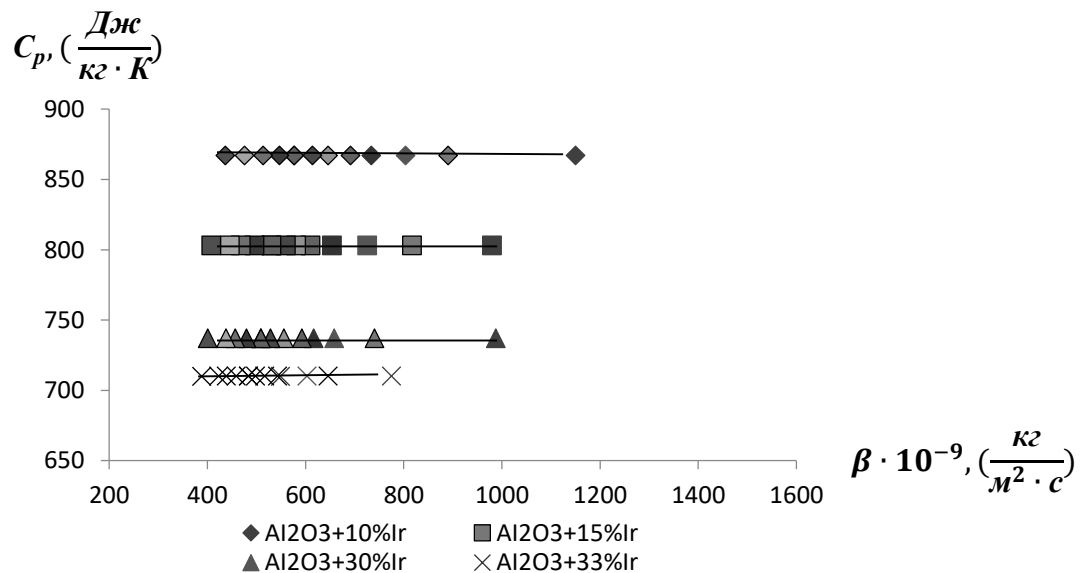


Рис.1. Корреляция теплоемкости и коэффициента массопереноса иридиевых катализаторов (цилиндрической формы) в среде паров 0,2г. NaCl +40мл.Н₂O

Согласно рисунку 1 для 30 минут увлажнения катализатора выявим корреляцию между коэффициентом теплоемкости C_p и коэффициентом массопереноса β в среде NaCl+H₂O ($\omega = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5\%$).

Для обработки прямых линий, приведенных на рисунке 1., графоаналитическим методом принята $C_{p1} = \text{const} = 779,25 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$ (таблица 2).

Далее для обобщения и обработки прямых линий, приведенных на рисунке 1, используем следующие функциональные зависимости:

$$\frac{C_p}{C_{p1}} = f\left(\frac{\beta}{\beta_1}\right) \quad (2)$$

где, C_p, C_{p1} – коэффициент теплоемкости иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси при различных коэффициентах массопереноса β и β_1 : $C_{p1} = \text{const} = 779,25 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

Таблица 3.

Теплоемкость иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия (цилиндрической форма) в среде паров $\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ ($\omega = 0,5; 1; 1.5; 2; 2.5\%$)

$C_p, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$				$C_p, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	C_p/C_{p1}			
$\text{Al}_2\text{O}_3 + 10\% \text{Ir}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 15\% \text{Ir}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 30\% \text{Ir}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 33\% \text{Ir}$		$\text{Al}_2\text{O}_3 + 10\% \text{Ir}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 15\% \text{Ir}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 30\% \text{Ir}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 33\% \text{Ir}$
867	803	737	710	779,25	1,0797	1,0305	0,9458	0,9111

Используя данные таблиц 3и 4, построим график зависимости $C_p/C_{p1} = f(\beta/\beta_1)$ (рисунок 2).

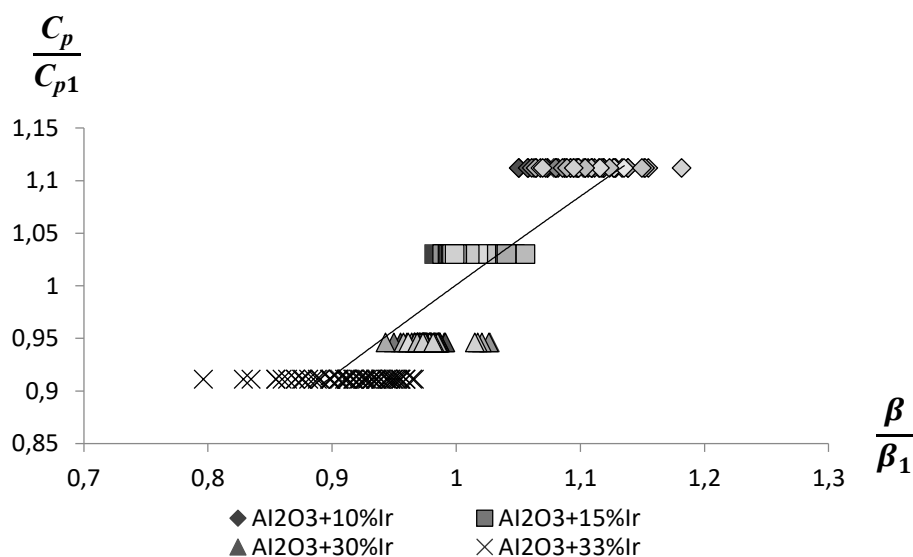


Рис. 2. Зависимость относительной теплоемкости (C_p/C_{p1}) от относительного коэффициента массопереноса (β/β_1) иридиевых катализаторов, имеющих цилиндрическую форму, в среде паров NaCl+H₂O ($\omega = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5\%$).

Линия, приведенная на рисунке 2., описывается уравнением:

$$\frac{C_p}{C_{p1}} = \left((-A\left(\frac{\beta}{\beta_1}\right)^2 + B\left(\frac{\beta}{\beta_1}\right) - C) \right) \quad (3)$$

Из уравнения (3) получим:

$$C_p = \left(-A\left(\frac{\beta}{\beta_1}\right)^2 + B\left(\frac{\beta}{\beta_1}\right) - C \right) \cdot C_{p1} \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}, \quad (4)$$

Анализ значения β_1 показывает, что они являются функциями времени (t , час) (Рисунок 3). Как видно из рисунка 3, все значение β_1 ложится вдоль общей кривой. Кривая линий, показанных на рисунке 3, описывается уравнением:

$$\beta_1 = (-jt^2 + kt + z) \cdot 10^{-9} \left(\frac{\Gamma}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right) \quad (5)$$

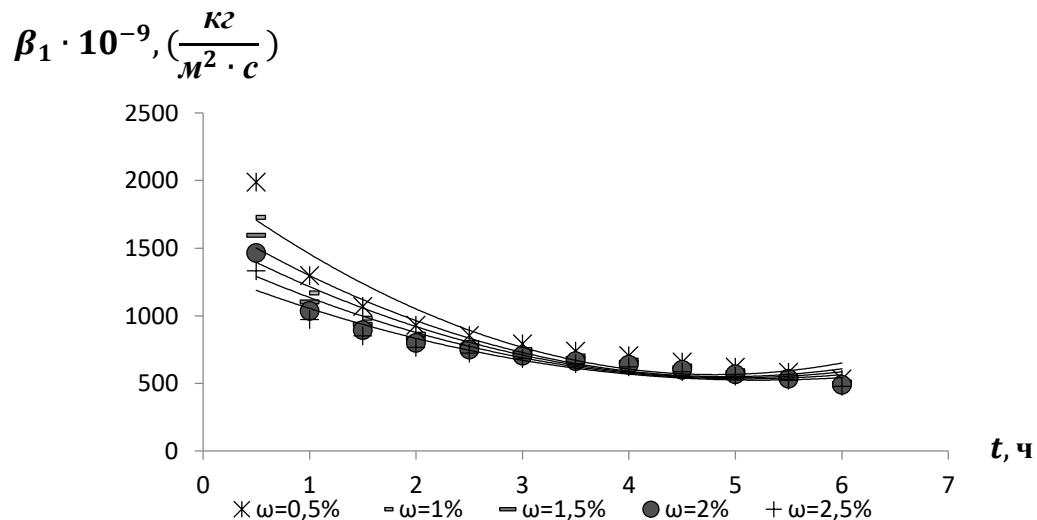


Рис. 3. Зависимость β_1 от t в среде паров NaCl+H₂O ($\omega = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5\%$). для иридиевых катализаторов, имеющих цилиндрическую форму (0,85-1,25 мм).

Из уравнений (4) и (5) получим:

$$C_p = \left(-A\left(\frac{\beta}{jt^2 - kt + z}\right)^2 + B\left(\frac{\beta}{jt^2 - kt + z}\right) - C \right) \cdot C_{p1}, \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}; \quad (6)$$

где t – время, час; C_{p1} – среднее значение теплоемкости катализаторов, $C_{p1} = 779,25$ Дж/(кг·К) – для иридиевых катализаторов.

Выражение (6) позволяет рассчитать теплоемкость исследованного пористого гранулированного оксида алюминия с разным количеством металлических добавок (иридия), который учитывает коэффициент его массопереноса и процентное содержание металлических добавок.

Таблица 4.

Коэффициенты уравнения (6) А, В, С, j, k, z, для расчёта коэффициента массопереноса образцов исследуемых катализаторов с иридиевыми наполнителями в парах системы растворов NaCl+H₂O в условиях р. Кушониён.

Наполнитель иридий																	
			ω%														
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
A	B	C	j	j	j	j	j	k	k	k	k	k	z	z	z	z	z
4,098	9,635	4,523	44,313	33,082	27,21	21,755	16,077	436,95	337,31	285,56	237,01	186,65	1568	1336	1217	1103	986

Уравнение (6) является корреляционной функцией, связывающей теплоемкость и коэффициент массопереноса иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия (цилиндрической форма диаметра равна 0,85-1,25 мм) в среде системы паров соляной воды. Данное уравнение позволит рассчитать коэффициент теплоемкости неисследованных иридиевых катализаторов на основе гранулированной пористой окиси алюминия. Для данного расчета необходимо иметь значение коэффициента массопереноса иридиевых катализаторов в среде паров NaCl + H₂O и время увлажнения.

Литература

1. Кирсанов О.Н., Картавченко А.В. Физическая картина процесса гетеро-генного каталитического разложения жидкого однокомпонентного топлива (на примере гидразина).// Тр.ГИПХ.-1976.-Т.38.С.118-125.
2. Кирсанов О.Н., Картавченко А.В. и др. Исследование способов получения генераторного газа заданного состава при каталитическом разложении гидразина.// Тр ГИПХ.-1978/-Т.52.-С.44-48.
3. Мухленов И.П., Дробкина Е.И., Дерюкина В.И., Солоко В.Е. Технология катализаторов. Л.:Химия, 1979.-325с.

4. Сафаров М.М. Теплофизические свойства гранулированной пористой окиси алюминия, содержащей металлические наполнители в газовых средах. Дисс. к.т.н, Душанбе, 1986, 185с.

5. Сафаров М.М., Мирзомамадов А.Г., Абдуназаров С.С., Зарипова М.А. Адсорбционные свойства катализатора на основе гранулированного пористого окиса алюминия. Сборник тезисов докладов научной конференции «Актуальные проблемы современной науки «МИСиС», Душанбе, 2015.– С.79-80.

Сведения об авторах:

Назриматов Далер Амрохонович – старший преподаватель кафедры «ТОР и Э», Таджикский технический университет имени ак. М.С. Осими. Адрес: 734042, Таджикистан, г. Душанбе, ул. ак. Раджабовых, Тел: (+992) 939969532. daler.nazrimadov@bk.ru.

Сафаров Махмадали Махмадиевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Таджикистана, Таджикский технический университет имени ак. М.С. Осими, Адрес: 734042, Таджикистан, г. Душанбе, ул. ак. Раджабовых Тел: (+992) 931-63-15-85.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КРЕМНИЕВЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

*Раджабова С.С., **Сафаров М.М.

*Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни

** Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

(e-mail: mahmad1@list.ru)

Аннотация. В статье приводятся результаты экспериментального исследования теплоемкости электролитов NaCl в зависимости от температуры, давления и концентрации кремниевых фуллеренов. Результаты исследования показали, что добавки кремниевых фуллеренов повышают теплоемкость электролитов NaCl. Для измерения удельной изобарной теплоемкости растворов электролитов использована экспериментальная установка (калориметр), работающая по методу монотонного разогрева. Общая относительная погрешность измерения теплоемкости составляет 3,2% при доверительной вероятности 0,95. На основе данных по теплоемкости наножидкостей системы электролитов (NaCl+H₂O) и кремниевых нанотрубок получены аппроксимационные зависимости.

Ключевые слова: электролит (NaCl+H₂O), теплоемкость, концентрация, кремниевые нанотрубки (кремниевые фуллерены).

EFFECT OF SILICON FULLERENES CONCENTRATION, TEMPERATURE, AND PRESSURE ON CHANGES IN THE HEAT CAPACITY OF SOME ELECTROLYTES

Abstract. The article presents the results of an experimental study of the heat capacity, of NaCl electrolytes depending on temperature at pressure. The research results showed that silicon nanotube additives increase the heat capacity of NaCl electrolytes. To measure the specific isobaric heat capacity of electrolyte solutions, an experimental setup, a calorimeter, operating according to the method of monotonic heating was used. The overall relative error in measuring the heat capacity is 3.2% with a confidence level of 0,95. Based on data on the heat capacity of nanofluids of the NaCl electrolyte system and silicon nanotubes, empirical equations are obtained.

Key words: electrolyte, heat capacity, concentration, silicon nanotubes (silicon fullerenes).

Наноструктуры на основе кремния и диоксида кремния, нанопорошок, нанотрубки, кремниевые фуллерены и нанонити, нанокомпозиты имеют пер-

спективу широкого применения в нанoeлектронике, оптоэлектронике, солнечной энергетике и нанотеплофизике.

Кремниевые фуллерены. В промышленности и технологиях достаточно часто применяется кремний. Кремний и его производные являются важными материалами для промышленности, например, в полупроводниках, оптоэлектронике и телекоммуникации. Линейные размеры наноалмазов колеблются от 10 нм до 50 нм. Диаметр углеродных нанотрубок колеблется от 4 нм до 20 нм, а их длина от 100 нм до 2 мкм [1-4]. Открытие углеродных фуллеренов привело к интенсивному поиску и изучению фуллереноподобных наночастиц других элементов и неорганических соединений. Первым претендентом в этой гонке стал кремний, элемент, наиболее близкий по свойствам к углероду. Однако было обнаружено, что кремниевые фуллерены не могут поддерживать идеальную каркасную структуру, как углеродные фуллерены. Расчеты теории функционала плотности показали, что даже с инкапсулированными частицами почти все эндоэдральные кремниевые фуллерены демонстрируют сильно сморщенные каркасные структуры по сравнению с их углеродными аналогами [3]. В частности, структуры фуллерена и нанотрубок кремния можно стабилизировать путем инкапсуляции металла или водородного захвата [4]. В рамках приближения MINDO/3 с учетом межатомных взаимодействий методом Монте-Карло были оптимизированы структуры фуллеренов Si_n и Si_nH_n с размерами $20 < n < 60$ и стабильность полых кластеров кремния, состоящих более чем из 36 атомов [2-4].

Электролит NaCl: №1-($H_2O+5\%NaCl$); №2-($H_2O+10\%NaCl$); №3-($H_2O+12,5\% NaCl$); №4-($H_2O+15\%NaCl$); №5-($H_2O+24,26\%NaCl$).

Первые фуллерены выделяли из конденсированных паров графита, получаемых при лазерном облучении твердых графитовых образцов. Фактически, это были следы вещества. Механизм образования фуллеренов в дуге до сих пор остаётся неясным, поскольку процессы, идущие в области горения дуги, термодинамически неустойчивы, что сильно усложняет их теоретическое рассмотрение. Неопровержимо удалось установить только то, что фуллерен собирается из отдельных атомов углерода (или фрагментов C_2). Для доказательства в качестве анодного электрода использовался графит ^{13}C высокой степени очистки, другой электрод был из обычного графита ^{12}C .

Литературные данные по теплоемкости водных растворов NaCl при различных температурах (288-323)К приводятся в работе [5-6] а с добавкой фуллерена в таблицах 1,2.

Таблица 1. Удельная изобарная теплоемкость (C_p , Дж/(кг.К)) водных растворов NaCl ($H_2O+5\%NaCl$) в зависимости от температуры, концентрации фуллерена (Si) и атмосферного давления (0,101 МПа).

Образец Т,К	№1[3]	№2	№3	№4	№5	№6
288,2	3987,7	4032,6	4077,8	4122,3	4167,3	4210,6
293,6	3975,2	4020,5	4064,4	4110,6	4155,3	4201,9
313,2	3925,0	3969,4	4014,5	4055,4	4104,4	4149,3
333,6	3883,2	3928,1	3973,2	4018,3	4063,5	4108,4
353,4	3837,2	3882,8	3927,1	3972,3	4017,7	4062,6
373,4	3791,3	3836,4	3881,2	3926,3	3971,4	4016,2
393,0	-	3790,0	3835,6	3880,2	3925,5	3969,4
413,5	-	3744,3	3789,1	3834,3	3879,4	3923,6
423,4	-	3698,3	3743,3	3788,4	3833,5	3878,3
433,2	-	3652,4	3697,6	3742,6	3787,0	3831,4

Объекты: №1-($H_2O+5\%NaCl+0,5\%Si$ (фуллерен)); №2-($H_2O+5\%NaCl+1,0\%Si$ (фуллерен)); №3-($H_2O+5\%NaCl+1,5\%Si$ (фуллерен)); №4-($H_2O+5\%NaCl+2,0\%Si$ (фуллерен)); №5 -($H_2O+5\%NaCl+2,5\%Si$ (фуллерен)); №6-($H_2O+5\%NaCl+3,0\%Si$ (фуллерен)).

Результаты исследования теплоемкости водных растворов NaCl в зависимости от температуры при атмосферном давлении авторами [5-6] и наши измерения по теплоемкости исследуемых растворов с внедрением в них наноразмерных кремниевых фуллеренов и давлению приведены в таблицах 1,2.

Таблица 2. Удельная изобарная теплоемкость (C_p , Дж/(кг.К)) водных растворов NaCl ($H_2O+12,5\%NaCl$) в зависимости от температуры, концентрации фуллерена (Si) и давлении (4,98 МПа).

Образец Т,К	№1[3]	№2	№3	№4	№5	№6
288,2	3977,7	4022,6	4067,8	4112,3	4157,3	4200,6
293,6	3965,2	4010,5	4054,4	4100,6	4145,3	4190,9
313,2	3915,0	3958,4	4004,5	4045,4	4093,4	4137,3
333,6	3873,2	3918,1	3963,2	4008,3	4053,5	4100,4
353,4	3827,2	3872,8	3917,1	3962,3	4007,7	4052,6
373,4	3780,3	3824,4	3871,2	3916,3	3961,4	4006,2
393,0	-	3780,0	3825,6	3870,2	3913,5	3954,4
413,5	-	3734,3	3777,1	3824,3	3867,4	3913,6
423,4	-	3686,3	3733,3	3778,4	3823,5	3868,3
433,2	-	3642,4	3686,6	3732,6	3777,0	3821,4

Объекты: №1-($H_2O+12,5\%NaCl+0,5\%Si$ (фуллерен)); №2-
($H_2O+12,5\%NaCl+1,0\%Si$ (фуллерен)); №3-
($H_2O+12,5\%NaCl+1,5\%Si$ (фуллерен)); №4-
($H_2O+12,5\%NaCl+2,0\%Si$ (фуллерен)); №5-
($H_2O+12,5\%NaCl+2,5\%Si$ (фуллерен)); №6-(
 $+12,5\%NaCl+3,0\%Si$ (фуллерен). H_2O

Результаты измерения теплоемкости водных растворов и наночастиц кремниевых фуллеренов показали (табл.1 и 2), что теплоемкость исследуемых растворов при атмосферном давлении зависит от концентрации наполнителя, их фракции, температуры и давления. С повышением температуры (288-433)К теплоемкость растворов, в то же время электролита NaCl, уменьшается по линейному закону и с ростом давления также уменьшается. Добавки наночастиц повышают теплоемкость исследуемых растворов.

Для обработки экспериментальных значений теплоемкости водных растворов NaCl и его коллоидных растворов с кремниевыми фуллеренами от температуры при атмосферном давлении использовали следующие выражения:

$$\frac{C_{p,T}}{C_{p,T}^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

где C_p - теплоемкость соответственно исследуемых образцов при различных температурах и давлениях $C_{p,T}^*$ - значения теплоемкости при температурах T и T_1 ; $T_1=353K$. Выполнимость выражения (1) показана на рисунке 1.

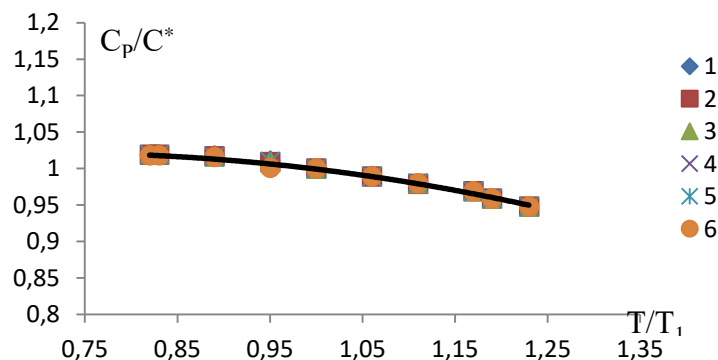


Рис. 1. Зависимость относительной теплоемкости от относительной температуры при атмосферном давлении.

Уравнение кривой линии, приведенной на рисунке 1, имеет вид:

$$C_p/C^* = -0,2671(T/T_1)^2 + 0,3802(T/T_1) + 0,8861 \quad (2)$$

Анализ значения (C^*) показал, что оно является функцией концентрации NaCl и кремниевых фуллеренов, которые описываются выражениями:

$$C^*=(0,548(n_{NaCl})^2 -50,762(n_{NaCl})+4107), \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \quad (3)$$

$$C^* = F (n_{Si}) + D, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \quad (4)$$

Коэффициенты уравнения (4), F и D приведены в табл.1.

Таблица 1. Коэффициенты F и D уравнения (4) для исследуемых электролитов при температуре $T_1=353\text{К}$ и атмосферном давлении.

№№	Образцы	F, Дж/ (кг·К·%)	D, Дж/ (кг·К)
1	($H_2O+5\%NaCl$)+(от 0 до 2,5%Si)	90,063	3837,3
2	($H_2O +10\%NaCl$)+(от 0 до 2,5%Si)	99,166	3699,8
3	($H_2O +12,5\%NaCl$)+(от 0 до 2,5%Si)	110,11	3578,3
4	($H_2O +15\%NaCl$)+(от 0 до 2,5% Si)	100.14	3415,2
5	($H_2O +24,26\%NaCl$)+(от 0 до 2,5%Si)	130.62	3206.2

С помощью уравнения (2), с учетом значений таблицы 1 и выражений (3) и (4), можно численно рассчитать удельную изобарную теплоемкость коллоидных электролитов системы ($NaCl+H_2O$) при различных температурах, концентрации кремниевых фуллеренов и концентрации воды в атмосферном давлении.

Литературы:

1.Калеева, А.А., Тимеркаев Б.А., Шамсутдинов Р.С., Сайфутдинов А.И., Шаки-ров Б.Р.Микродуговой способ синтеза наноструктур кремния./ 1-ая Всероссийская конференция с международным участием. «Газоразрядная плазма и синтез наноструктур», «КНИТУ-КАИ», Казань, 2020.-С.120-122.

2.Kumar, V. Nanosilicon. Elsevier, Oxford, 2007, p.368.

3.Gao, Yi, Zeng X.C. M4@Si28 „M=Al,Ga...: Metal-encapsulated tetrahedral silicon fullerene //The journal of Chemical Physics- 2005-N.123-p.204325-4.

4.Галашев, А.Й. Термическая неустойчивость фуллеренов кремния, стабилизируемых водородом. Компьютерный эксперимент //ФТП – 2008 – Т.42, N.5 - С.611-617.

5.Ковалевская, Н.С. Теплоемкость водных растворов NaCl./Н.С.Ковалевская// Диск ...к.т.н., М.: МЭИ.-1954.-198с.

6. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей /Н.Б. Варгаф-тик, Л.П.Филиппов и др.// Изд-во стандартов, М.,1963.-708с

Сведения об авторах:

Раджабова Саехат Сайфуллоевна – соискатель кафедры “Общая физика” ТГПУ имени С. Айни, г. Душанбе.

Сафаров Махмадали Махмадиевич - д.т.н., профессор кафедры Теплотехники и теплоэнергетики, ТТУ имени акад. М.С. Осими

КОЭФФИЦИЕНТ АДСОРБЦИИ ПОРОШКА ФЛЮОРИТА ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 303-328К

*Зарипов Дж.А., Тиллоева Т.Р., Зикилов Ш.Т.
ГТУ имени академика М.С. Осими*

Аннотация. *Флюорит - это прозрачный или полупрозрачный камень, имеющий стеклянный блеск, разнообразной цветовой окраски: бесцветный, голубой, розовый, желтый, зеленый, фиолетовый (почти черный). Часто отмечается неравномерность и различная интенсивность окраски, встречаются полосчатые и пятнистые разновидности.*

В настоящей работе представлены результаты исследования коэффициента адсорбции порошка флюорита при различных температурах. Согласно выполненным опытам была показана прямая зависимость данного коэффициента от времени увлажнения исследуемых образцов. Опыты проводились с различной массой образца и с различным временем выдержки в установке, т.е. временем увлажнения.

На основе полученных экспериментальных данных был проведен соответствующий анализ и обобщение этих результатов, по итогам чего было выведено эмпирическое выражение, позволяющее рассчитать коэффициент адсорбции образцов с погрешностью до 1%.

Ключевые слова: *адсорция, флюорит, бесцветные материалы, температура, порошок, увлажнение, влага, время.*

DETERMINATION OF THE ADSORPTION COEFFICIENT OF FLUORITE NANOMATERIALS AT TEMPERATURES 303-328K

Annotation. *Fluorite is a transparent or translucent stone with a vitreous luster, of various colors: colorless, blue, pink, yellow, green, purple (almost black). Often there is unevenness and different intensity of color, there are banded and spotted varieties.*

According to the experiments performed, a direct dependence of this coefficient on the time of moistening of the studied samples was shown. The experiments were carried out with different masses of the sample and with different holding times in the setup, i.e. humidification time.

On the basis of the experimental data obtained, an appropriate analysis and generalization of these results was carried out, as a result of which an empirical expression was derived that makes it possible to calculate the swelling coefficient of samples with an error of up to 1%.

Key words: swelling, colorless materials, temperature, powder, moisture, moisture, time.

Введение

Анализ экспериментальных данных по термодинамическим свойствам веществ при различных температурах позволяет в принципе установить основные механизмы переноса и рассеяния тепла не только в чистом флюорите, но и в увлажнённых порошках, а также можно проверить возможность применимости теоретических представлений [1].

Исследование порошкового флюорита и его продуктов месторождения РФ были выполнены при комнатной температуре и от 303К до 328К. [1, 4].

Для определения коэффициента адсорбции наноматериалов используем следующее уравнение:

$$\Gamma = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{m_1 \cdot 10^{-3} \mu \cdot 10^{-3}} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 10^{-3}}{(m_1 \cdot \mu) \cdot 10^{-6}}, \quad \left[\frac{\text{МОЛ}}{\text{КГ}} \right] \quad (1)$$

где m_1 —масса исследуемого образца в сухом виде (гр, кг); m_2 —масса исследуемого объекта во влажном виде; μ —молярная масса воды ($18 \cdot 10^{-3}$) [2, 3].

Результат исследования при температуре воды 25°C, (1г флюорит, влага внутри установки 17%, $m_{\text{яч}} = 2,6\text{г}$, $m_{\text{об}} = 1\text{г}$) приведены в таблице 1.

Таблица 1.

τ, МИН.	Т,(К)					
	303К	308К	313К	318К	323К	328К
1	3,611	3,669	3,711	3,763	3,792	3,833
2	3,625	3,675	3,725	3,767	3,795	3,835
3	3,633	3,682	3,732	3,771	3,799	3,839
4	3,645	3,688	3,739	3,775	3,801	3,842
5	3,651	3,689	3,743	3,779	3,813	3,845
6	3,659	3,692	3,752	3,783	3,823	3,847
7	3,663	3,697	3,756	3,786	3,827	3,848
8	3,664	3,698	3,759	3,788	3,831	3,848
9	3,664	3,698	3,759	3,788	3,831	3,848
10	3,665	3,699	3,76	3,79	3,831	3,848
11	3,666	3,702	3,761	3,79	3,832	3,848

Результат исследования изменения адсорбции изучаемых образцов в зависимости от времени увлажнения при различных температурах представлен на рисунке 1.

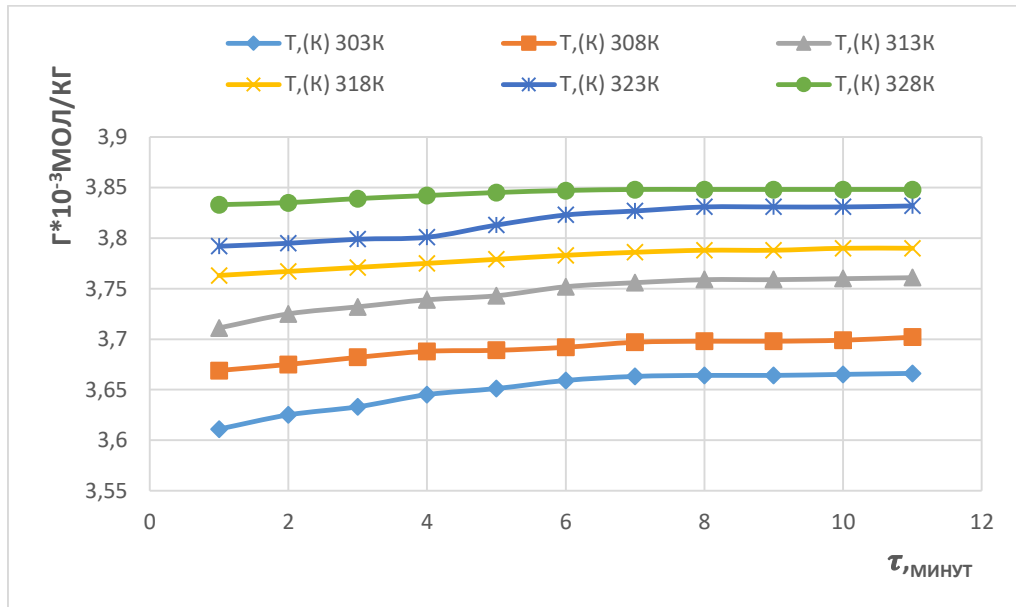


Рис. 1. Зависимость коэффициента адсорбции порошка флюорита от времени увлажнения, τ (мин.)

После соответствующей обработки, на основе графика зависимости относительного коэффициента адсорбции от относительного времени увлажнения, для полученной кривой была выведена следующая функциональная зависимость:

$$\frac{\Gamma}{\Gamma_1} = -0.0047\left(\frac{\tau}{\tau_1}\right)^2 + 0.0153\left(\frac{\tau}{\tau_1}\right) + 0.9896 \quad (2)$$

С помощью уравнения (2) рассчитываем зависимость для каждой массы образца.

При исследовании 1г массы флюоритового порошка было установлено, что при его выдержке на протяжении 6 минут в установке с ростом температуры увеличивается коэффициент адсорбции данного образца.

Соответствующая оценка величины Γ_1 показала, что она представляет собой функцию температуры. Данная зависимость была изображена в виде графика, который представлен на рисунке 2 [3]. Подобная обработка позволила нам связать коэффициент адсорбции с изменением температуры, в результате чего была получена следующая функциональная зависимость (3).

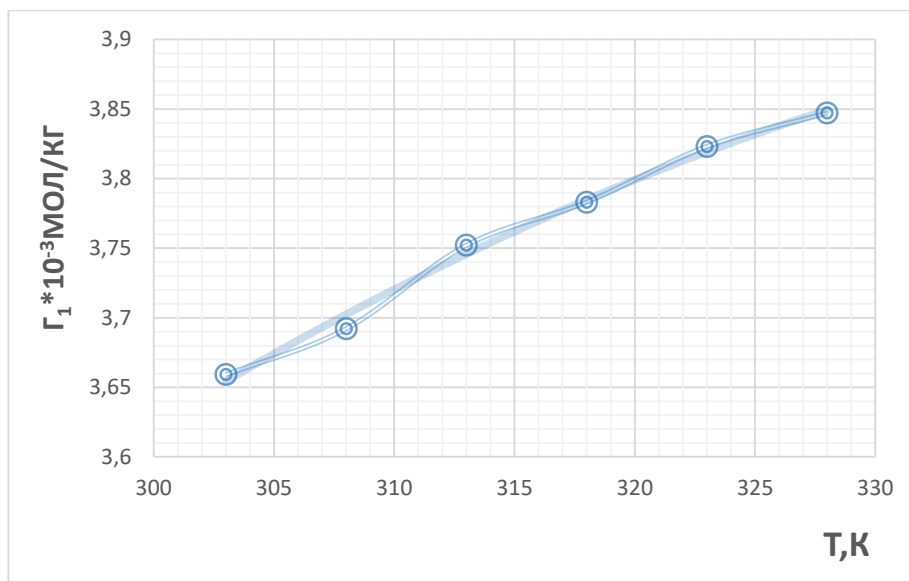


Рис. 2. Зависимость значения (Γ_1) порошка (флюорит) от температуры для 1г порошка флюорита

Представленная кривая на рисунке 2 описывается выражением:

$$\Gamma_1 = -9 \cdot 10^{-5} T^2 + 0,0641 T - 7,5808 \quad (3)$$

В результате уравнение (2) с учетом выражения (3) примет следующий вид:

$$\Gamma = \left[-0,0047 \left(\frac{\tau}{\tau_1} \right)^2 + 0,0153 \left(\frac{\tau}{\tau_1} \right) + 0,9896 \right] \cdot (-9 \cdot 10^{-5} T^2 + 0,0641 T - 7,5808) \quad (4)$$

Проведенные оценки показали, что выражение (4) позволяет с доверительной вероятностью 95 % определить коэффициент абсорбции исследованных образцов при различных температурах и времени увлажнения с погрешностью менее 1%.

Заключение

1. Получены экспериментальные данные по коэффициенту адсорбции в зависимости от времени увлажнения порошка и изменения температуры в пределах (303-328) К.

2. Установлено, что температурные адсорбенты обладают чрезвычайно развитой поверхностью, что достигается за счет образования большого количества пор в твердом теле.

Литература

1. Морозов М.В. О терморфных люминесцентных свойствах флюорита юдкометальных месторождений / Сборник трудов молодых ученых Санкт-

Петербургского государственного горного института (технического университета). Санкт-Петербург, 1996. С. 29-33.

2. Аникин И.Н., Щушканов А.Д. Определение растворимости флюорита в водных растворах электролитов. // Кристаллография, 1963, т. 8, № 1, с. 128-130.

3. Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии: О группе флюорита. // Минер. Сб. Львовск. Гос. ун-та, 1950, № 21, вып. 4, с. 540-552.

4. Василькова Н.Н., Картенко Н.Ф. Кукушкина О.А. Связь свойств флюорита с составом элементов примесей. // Тр. Всесоюз. Научн.-исслед. Ин-та минер, сырья, 1972, вып. 14. 158 с.

Сведения об авторах:

1. Зарипов Джамшед Абдусаломович – к. т. н., и.о. доцента кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика», ТТУ имени академика М.С.Осими. z-1972@mail.ru

2.Тиллоева Тахмина Рустамовна – к.т.н., ассистент кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика» Таджикского технического университета имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе

3. Зикилоев Шухрат Тагойхонович ассистент кафедры «Математика и информатика» Педагогического колледжа им. Хосият Махсумовой Государственного педагогического университета имени С.Айни. zikilloev90@mail.ru ГПУ

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ - НЕГАШЕНОЙ ИЗВЕСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАМАНЗОР ЯВАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Зарипов Дж.А.

Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими

z-1972@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты влияния негашеной извести на удобообрабатываемость и основные свойства переувлажненных связанных грунтов при укреплении их цементом. Для измерения коэффициента адсорбции при различных температурах исследуемых материалов использован метод взвешивания.

Ключевые слова: температура, адсорбция, масса, влага.

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS OF QUICKLIME - CHAMANZOR DEPOSITS OF THE YAVAN DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Annotation. The article presents the results of wet lime binders on convenient workability and basic properties of waterlogged bound soils when they are strengthened with cement. The weighing method was used to measure the sorption at different temperatures of the materials under study.

Key words: temperature, adsorption, mass, moisture.

Введение

Исследование теплофизических и адсорбционных свойств порошковой, гранулированной извести и её продуктов месторождения села Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан, представляет собой большое теоретическое значение, что связано с фундаментальными физико-химическими проблемами. [1].

Так, исследование коэффициента адсорбции порошковой, гранулированной негашеной извести и её продуктов месторождения Чаманзор Яванского района республики Таджикистан нами было выполнено при комнатной температуре, а также от 304К до 339К [2].

Для определения коэффициента адсорбции изучаемых материалов использовано следующее уравнение: [2].

$$\Gamma = \frac{\Delta m * 10^{-3}}{m_1 * 10^{-3} \mu * 10^{-3}}, \left[\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right] \quad (1)$$

где m_1 – масса исследуемого объекта в сухом виде (г, кг); m_2 – масса исследуемого объекта (г) после увлажнения; μ – молярная масса воды ($18 \cdot 10^{-3}$).

Основные результаты: Результат экспериментов по изучению коэффициента адсорбции образцов ($m_{обр.} = 0,4$ г негашеной извести, влага внутри установки 28%, $m_{яч} = 2,6$ г) при различных температурах представлен в таблице 1 [2].

Таблица 1.

Экспериментальные значения коэффициента адсорбции 0,4г негашеной извести при различной температуре и времени увлажнения [3].

t, минут	Т,К					
	304К	309К	314К	319К	324К	329К
1	3,002	3,075	3,169	3,182	3,192	3,197
2	3,005	3,094	3,171	3,183	3,193	3,197
3	3,007	3,1	3,173	3,185	3,195	3,197
4	3,009	3,122	3,175	3,187	3,196	3,197
5	3,021	3,134	3,177	3,188	3,197	3,197
6	3,042	3,157	3,178	3,188	3,197	3,197
7	3,054	3,166	3,179	3,189	3,197	3,197
8	3,06	3,167	3,18	3,189	3,197	3,197
9	3,06	3,167	3,18	3,19	3,197	3,197
10	3,07	3,168	3,181	3,191	3,197	3,197

Характер изменения коэффициента адсорбции исследуемого образца представлен на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, состояние насыщения адсорбента зависит от температуры увлажнения и от количества образовавшегося пара.

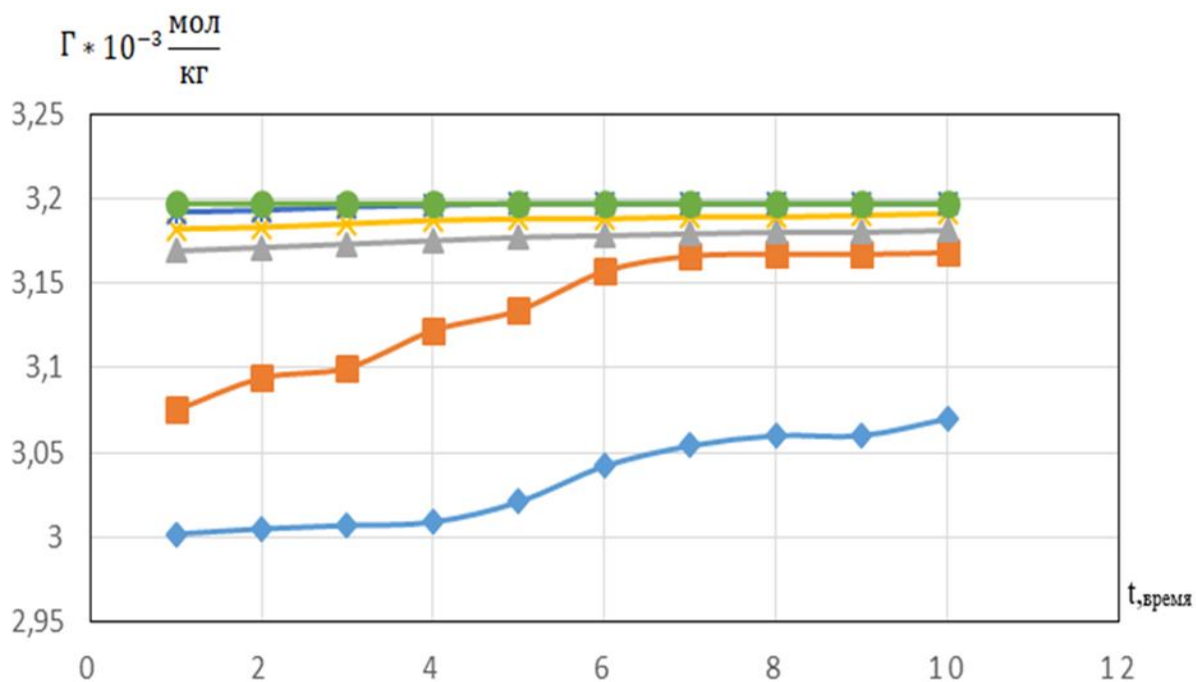


Рис. 1. Зависимость коэффициента адсорбции 0,4г негашёной массы извести от времени увлажнения при различных температурах

♦ – 304 К; ■ – 309К; ▲ – 314К; × – 319К; ⋈ – 324К; ● – 329К;

После соответствующей обработки, на основе графика зависимости относительного коэффициента адсорбции от относительного времени увлажнения (рисунок 2), для полученной кривой была выведена следующая функциональная зависимость

$$\Gamma = [-0,0048(t/t_1)^2 + 0,024(t/t_1) + 0,9815] * \Gamma_1 \quad (2)$$

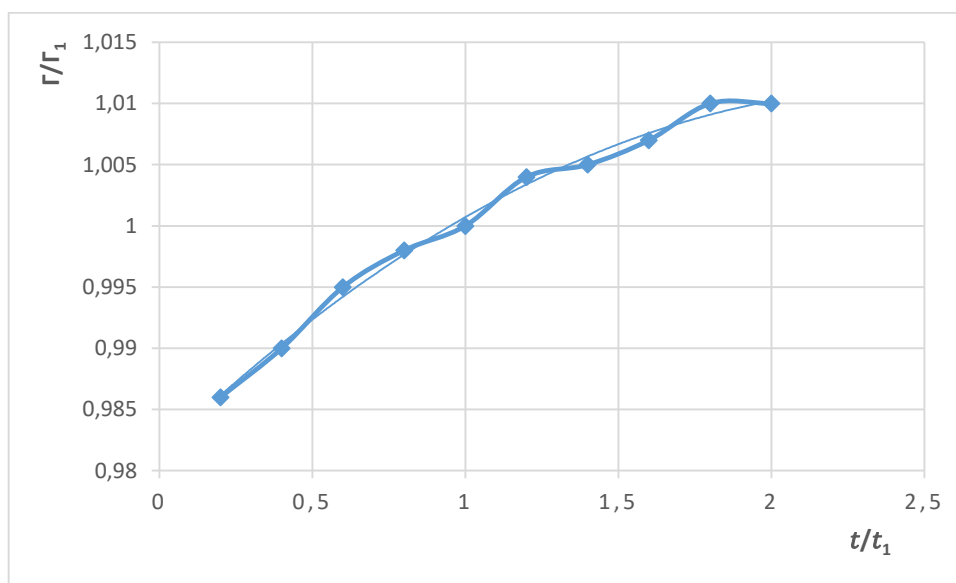


Рис. 2. Зависимость относительного коэффициента адсорбции Γ/Γ_1 0,4г порошка известняка от относительного времени увлажнения .

Дальнейшая обработка и обобщение экспериментальных данных была выполнена с помощью следующей функциональной зависимости.

$$\Gamma_1 = f(T) \quad (3)$$

Оказалось, что Γ_1 представляет собой функцию температуры при среднем значении времени увлажнения, т.е. при $t_1=5$ мин. Применяя значения таблицы 2 и рисунка 1, нами был построен соответствующий график зависимости (рисунок 3).

Таблица 2.

Экспериментальные значения коэффициента адсорбции 0,4г порошка известняка при среднем значении времени увлажнения (5 минут) и различной температуре.

T, K	304	309	314	319	324	329
$\Gamma_1 \cdot 10^{-3}$ мол/кг	3,021	3,134	3,177	3,188	3,197	3,197

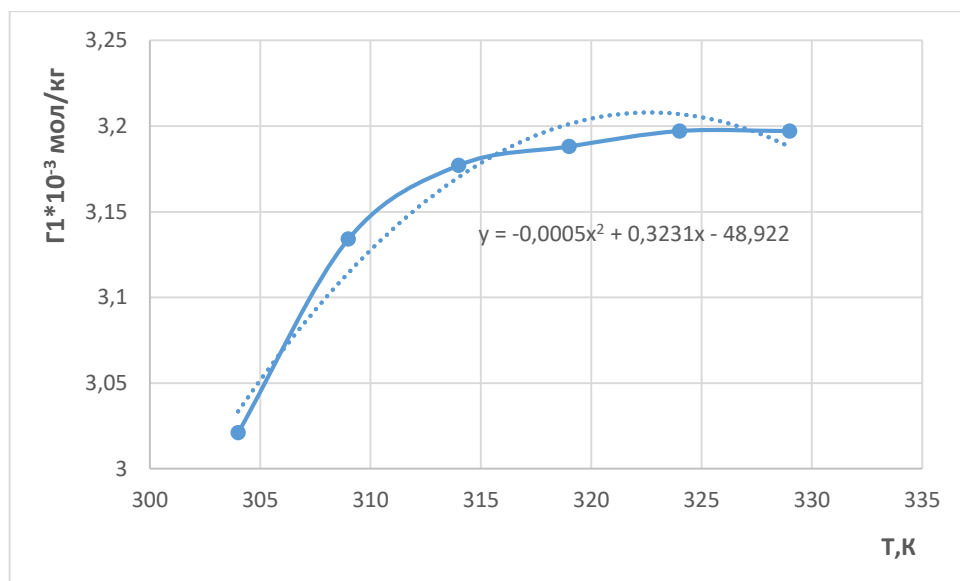


Рис. 3. Зависимость коэффициента адсорбции Γ_1 0,4г порошка известняка от температуры при среднем значении времени увлажнения $t_1=5$ мин.

Уравнение кривой на рисунке 3 получено в виде

$$\Gamma_1 = -0,0005T^2 + 0,3231T - 48,922 \quad (4)$$

Выражение (2) с учетом уравнения (4) преобразуется в виде зависимости (5):

$$\Gamma = [-0,0048(t/t_1)^2 + 0,024(t/t_1) + 0,9815] * (-0,0005T^2 + 0,3231T - 48,922) \quad (5)$$

Проведенные оценки показывают, что выражение (5) позволяет с доверительной вероятностью 95 % определить коэффициент абсорбции исследованных образцов извести при различных температурах и времени увлажнения с погрешностью менее 1%.

Заключение

1. Получены экспериментальные данные по коэффициенту адсорбции в зависимости от массы порошка извести при различных температурах (304-329)К.

2. Установлено, что температурные адсорбенты обладают чрезвычайно развитой поверхностью, что объясняется образованием большого количества пор в твердом теле.

Литература

1. Кузьменков М.И., Куницкая Т.С. // Вяжущие вещества и технология производства изделий на их основе. Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов по специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» высших учебных заведений. Минск-2014.- с.139 -144.

2. Сафаров М.М., Зарипова М.А., Назруллоев А.С.и др. // Влияние наноструктурных частиц на изменение термодинамических и адсорбционных свойств на линии увлажнения. Тезиси докладов 10-го Всероссийского симпозиума с международным участием. ФТИ имени А.Ф.Иоффе,РАН-Санкт Петербург,2015.- с.42.

Сведения об авторах:

Зарипов Джамшед Абдусаломович - кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика», ТТУ имени академика М.С.Осими. z-1972@mail.ru

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Мингазетдинов И.Х., Сергеев Р.С., Зорина Т.В., Трифонова К.А.
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования “Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ”,
г. Казань, Российская Федерация)
E-mail: smaltseva16@yandex.ru

Аннотация. В работе представлена оригинальная разработка очистки сточных вод ТЭС, загрязненных нефтепродуктами.

Ключевые слова: сточные воды ТЭС, масла, нефтепродукты, сорбция, ультразвук, регенерация

PURIFICATION OF WASTEWATER OF HEAT POWER SYSTEMS FROM PETROLEUM PRODUCTS

Annotation. Original development of wastewater treatment of TPP contaminated with petroleum products was provided in this paper.

Keywords: Wastewater of TPP, oils, petroleum products, sorption, ultrasound, regeneration

Основными источниками загрязнения нефтепродуктами сточных вод ТЭС являются маслосистемы турбин, насосов, подшипников вращения, потери трансформаторного масла. Наиболее перспективным подходом является организация оборотного водоснабжения, включающая сбор стоков, очистка, регенерация и возврат воды [1].

Для рационального сбора нефтепродуктов с поверхности водоемов или сборных емкостей разработано устройство [2], позволяющее комплексно очищать загрязненную воду. Устройство оборудовано поплавками, которые позволяют перемещать ее по поверхности водоема. Конструкция устройства представляет собой катамаран, в котором поплавки расположены по длинным сторонам прямоугольного корпуса, а очищаемая вода прокачивается между ними. Внутри корпуса расположена замкнутая бесконечная лента, перемещающаяся по роликам. Лента является поглотителем нефти, масел, нефтепродуктов. Лента выполнена в виде «сэндвича» между двумя слоями перфорированной ткани, а между ними расположены гранулы сорбента из упругого материала, типа пенополиуретана. Поперек слоев имеются сетчатые перегородки исключаящие перемещение гранул вдоль ленты и препятствующие образованию мешков. Одна из боковых верхних стенок корпуса выполнена выпуклой в сторону ленты и ряд роликов обеспечивают прижим ленты к этой стенке. На выпуклой пластине, снаружи, расположен ультразвуковой излучатель. После излучателя, по ходу движения сорбционной ленты находится промывочная форсунка. Сорбционная лента движется по

протяжным роликам, один из которых является ведущим. Два протяжных ролика расположены горизонтально между поплавками и обеспечивают необходимое погружение ленты в зону нахождения нефтепродуктов на поверхности водоема.

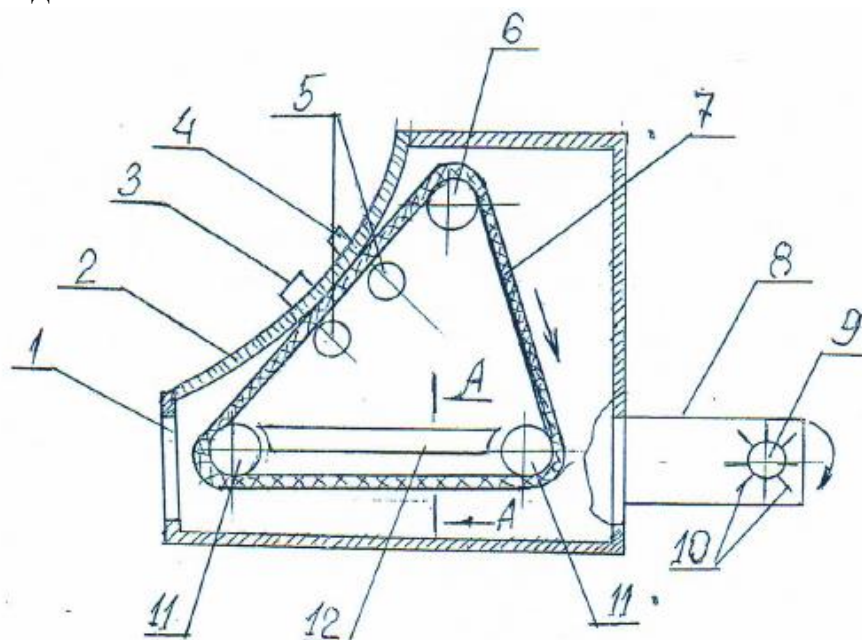


Рис. 1 Устройство для удаления нефти, нефтепродуктов, масел с поверхности воды:

- 1 – корпус, 2 – выпуклая пластина, 3 – ультразвуковой излучатель, 4 – форсунка, 5 – прижимные ролики, 6 – ведущий ролик, 7 – перфорированная лента, 8 – боковые пластины, 9 – вал крыльчатки, 10 – лопасти, 11 – ролики несущие, 12 – поддон сборный.

Под зоной контакта ленты с выпуклой пластиной установлен сборный поддон для сбора и отвода отжатого продукта. Между поплавками с торцевых сторон корпуса имеются окна для прохода жидкости на уровне поверхности воды с нефтепродуктами. В эти окна осуществляется принудительное прокачивание крыльчатой поверхностный слой воды с нефтепродуктами. Направление прокачки совпадает с направлением движения сорбционной ленты. При достижении сорбционной ленты зоны действия ультразвука, за счет действия кавитационных колебаний, связь загрязнителей с сорбентом ослабляется и при механическом отжиме качества очистки и регенерации повышается. После этого слой сорбента промывается под давлением от форсунки. Промывочной средой может быть вода, водяной пар или поверхностно-активные вещества (ПАВ) типа ОП-1.

Заключение

Использование разработанного устройства значительно повысит качество очистки сточных вод ТЭС от нефтепродуктов как в открытых водоемах, так и в специальных резервуарах, и существенно снизит водопотребление, за счет организации замкнутого оборотного водоснабжения.

Литература

- 1.Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т-2 Калуга, изд. Н. Бегкорева 884с. 2003 г.
2. Мингазетдинов И.Х., Сергеев Р.С. Устройство для удаления нефти, масел, нефтепродуктов с поверхности воды. Патент на полезную модель. N213504, Бюл. №26 от 14.09.2022.

Сведения об авторах:

Мингазетдинов И.Х. – к.т.н., доцент каф. общей химии и экологии КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

Сергеев Р.С. – обучающийся лица № 145 г. Казани

Зорина Т.В. – обучающийся 4–го курса КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

Трифорова К.А. – магистрант 1–го курса КНИТУ–КАИ им. А.Н. Туполева

ВЛИЯНИЕ НАНОПОРОШКА ДИМЕТИЛКЕТОНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ ПРИ ВЫСОКИХ ПАРАМЕТРАХ СОСТОЯНИЯ

*Зоиров Х.А., *Сафаров П.М., **Гуломов М.М.

*Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

**Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни
(e-mail: masur@mail.ru)

Аннотация. В статье приводятся результаты экспериментального исследования теплопроводности при различных температурах, давлениях и концентрации нанопорошка диметилкетона. Результаты исследования пока-зали, что добавки нанопорошка диметилкетона (заменитель гидразина) повышают теплопроводность воды. Для измерения теплопроводности растворов электролитов использована экспериментальная установка цилиндрического бикалориметра, работающая по методу регулярного теплового режима первого рода и теоретическая модель Максвелла и профессора Г.Н. Дульнева. Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности 0,95 составляет 4,2%. На основе данных по теплопроводности исследуемых наножидкостей системы электролитов (диметилкетона+H₂O) получены аппроксимационные зависимости.

Ключевые слова: нанопорошок, диметилкетон, теплопроводность, цилиндрический бикалориметр, концентрация, питательная вода, температура и давление.

EFFECT OF DIMETHYLKETONE NANOPOWDER ON CHANGES IN THE THERMAL CONDUCTIVITY OF WATER AT HIGH STATE PARAMETERS

Abstract. The article presents the results of an experimental study of thermal conductivity at various temperatures, pressures and concentrations of dimethyl ketone nanopowder. The results of the study showed that the addition of dimethyl ketone nanopowder increases the thermal conductivity of water.

To measure the thermal conductivity of electrolyte solutions, an experimental setup of a cylindrical bicalorimeter operating according to the method of regular thermal regime of the first kind and the theoretical Maxwell model was used. The total relative error in measuring thermal conductivity at a confidence level of 0.95 is 4.2%. Based on the data on the thermal conductivity of the studied nanofluids of the electrolyte system (dimethylketone + H₂O), approximation dependences were obtained.

Key words: nanopowder, dimethylketone, thermal conductivity, cylindrical bicalorimeter, concentration, water, temperature and pressure.

Введение

Для обработки большого объема воды, а также систем с небольшим возвратом конденсата применяют деаэрационные установки. Обеспечение надежной и экономичной работы паровых котлов возможно при отсутствии внутренних отложений на поверхностях нагрева и снижении до минимума уровня коррозии конструкционных материалов. Подобные задачи возможно решить путем организации рационального водного режима, который включает в себя необходимую водоподготовку питьевой воды и некоторые определенные конструктивные мероприятия по очистке питательной воды от газообразных и твердых примесей. Такие примеси могут находиться в растворенном или взвешенном состоянии. Питательная вода для паровых котлов готовится умягчением, обессоливанием, дегазацией и дозированием введенных реагентов. Подобные процедуры требуют проведения трудоемких и высококвалифицированных ручных измерений. При допущении ошибок в процессе измерений может возникнуть перерасход топлива, реагентов, воды, сбой в работе оборудования, сроки сокращения его эксплуатации. Снижение эксплуатационных затрат и защита дорогостоящей техники обеспечиваются внедрением автоматизированного комплекса, осуществлением анализа качества воды, управлением дозирующими устройствами, информированием обслуживающего персонала о появившихся неполадках [1].

Недостаточно качественная подготовка питьевой воды может стать частой причиной повреждения паровых котлов. Одни примеси могут вызвать коррозионные повреждения оборудования, другие способствуют образованию отложений. Если отложения вовремя не обнаружить и не удалить, они приведут к снижению КПД котла. Их дальнейший рост может стать причиной перегрева теплообменных поверхностей, который приведет к повреждениям. Также при недостаточно качественной водоподготовке паровых котлов может возникнуть и вспенивание питательной воды. Вместе с ухудшением качества пара существенно сокращается срок эксплуатации элементов систем транспортировки и оборудования. Поэтому питательная вода для паровых котлов подлежит строгому регламентированию. В зависимости от производительности и характеристик водного источника используются различные варианты водоподготовки.

Самый популярный способ умягчения воды для паровых котлов – ионный обмен. Он заключается в замене ионов кальция и магния на ионы натрия. Ионный обмен в большинстве случаев используется для небольших

установок или при существенных объемах возвращаемого конденсата. Процесс проходит на поверхности гранул из смолы, которыми заполняется ионообменный аппарат. На поверхности гранул имеются ионы натрия. В процессе работы установки по подготовке питательной воды для паровых котлов они омываются большим количеством воды с большим содержанием ионов кальция и магния. Когда исчерпывается обменная способность смолы, выполняется ее регенерация. При регенерации выполняется новое обогащение смолы ионами натрия, чья высокая концентрация вытесняет жесткие соли [1].

Для паровых котлов с большим расходом питательной воды используется метод более дорогой, который заключается в обратном осмосе воды, основанном на применении полупроницаемых мембран. В зависимости от производительности установок обратного осмоса следует выполнить предварительное умягчение воды. В случае необходимости пропустить значительное количество воды через обратноосмотическую установку осуществляется ввод реагента, который предотвращает зарастание мембран жесткими солями.

После умягчения или обессоливания питательная вода для паровых котлов подлежит термической дегазации, которая уменьшает содержание кислорода и углекислого газа. Основа этой технологии заключается в снижении растворимости газов в жидкости с повышением температуры. Для снижения финансовых затрат для установок небольших мощностей используются системы частичной дегазации. Они действуют в довольно узком температурном диапазоне. При нагреве растворенные газы в виде пара покидают систему. В определенном диапазоне температур процесс полностью не проходит, в воде остается небольшая концентрация кислорода и углекислого газа. Поэтому требуется дополнительная химическая обработка. Для самых крупных установок и систем с небольшим возвратом конденсата используются деаэрационные установки вакуумного или атмосферного типа [1].

Для численных расчетов и составлении физической модели деаэрационные установки необходимо знать теплофизические, термодинамические характеристики питательной воды, в том числе коэффициент эффективной теплопроводности при различных температурах и давлениях [2].

Экспериментальная часть. Для исследования теплопроводности питательной воды системы (нано-порошка диметилкетона + воды) при различных температурах и давлениях использована экспериментальная установка, основанная на методе нагретой нити [2]. Установка в основном состоит из следующих частей: внешний цилиндр, измерительный цилиндр,

компенсационный цилиндр, ниппель, нижний конус, фланец, термопары, конусное уплотнение верхней головки, гайка, электропечь, пережимной сосуд, полиэтиленовый мешочек, глицерин, грузопоршневый манометр типа МП-2500, вентили, стакан.

С помощью этой установки можно измерять теплопроводность жидкостей и растворов с погрешностью 4,2%.

Результаты исследования.

Результаты исследования теплоемкости воды при различных температурах, давлениях и концентрации нанопорошка диметилкетона (замени-теля гидразина) показали, что повышение давления, массовой концентрации диметилкетона приводит к уменьшению теплоемкости воды, а с ростом температуры увеличивается удельная теплоемкости воды во всем интервале дав-ления и массовой концентрации нанопорошка диметилкетона. На основе закона термодинамического подобия и экспериментальных данных по удельной изобарной теплоемкости электролитов (вода+ нанопорошка ди-метилкетона) получен ряд аппроксимационных зависимостей. Полученные аппроксимационные зависимости дают возможность рассчитать удельную изобарную теплоемкость не исследованных электролитов опытным путем в зависимости от температуры, давления и концентрации нанопорошка ди-метилкетона в пределах погрешности опыта [2].

Литература

1. Манькина, Н.Н. Физико-химические процессы в пароводяном цикле электростанций. М., "Энергия", 1977.- 256с.

2. Гуломов, М.М. Влияние углеродных нанотрубок и нанопорошков крем-ниевой кислоты на изменение теплофизических, термодинамических и седи-ментационных свойств некоторых жидких углеводородов и их смесей/ Мас-рур Мирзохонович Гуломов//Дис.....д-ра тех.наук., Душанбе ,2021г. в двух томах (том 1-273стр. и том 2-163стр.).

Сведения об авторах:

Зоиров Хикматулло Абдухоликович – к.т.н.,стр. преп. кафедры “Теплотехника и теплоэнергетика” ТТУ имени академика М.С. Осими

Сафаров Парвиз Махмадалиевич - DPh кафедры Теплотехники и теплоэнер-гетики, ТТУ имени акад. М.С. Осими

Гуломов Масрур Мирзохонович-д.т.н., и.о. доцента кафедры “Общая физика” ТГПУ имени С.Айни

ВЛИЯНИЕ ЖИДКОГО ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОГО УГЛЕРОДА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ БЕНЗОЛА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

*Сафаров Ф.А., **Собиров Дж.Ф.

*Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни,
Душанбе, Таджикистан

**Бохтарский государственный университет имени Носири Хусрава,
Бохтар, Таджикистан
(e-mail: farzona [@mail.ru](mailto:farzona@mail.ru))

Аннотация. В данной статье приводятся результаты расчетно-экспериментального исследования теплопроводности бензола при различных температурах, давлениях и концентрации жидкого четыреххлористого углерода. Результаты исследования показали, что жидкий четыреххлористый углерод повышает теплопроводность смеси бензола. Для измерения теплопроводности растворов электролитов использована экспериментальная установка по методу нагретой нити (установка Л.П.Филиппова) и теоретическая модель Максвелла, и профессора Г.Н. Дульнева. Общая относительная погрешность измерения теплопроводности при доверительной вероятности 0,95 составляет 4,2%. На основе данных по теплопроводности исследуемых растворов системы (жидкого четыреххлористого углерода+ бензола) получены аппроксимационные зависимости, которые дают возможность без проведения опытов численно рассчитать теплопроводность исследуемых смесей при различных температурах и давлениях.

Ключевые слова: жидкий бензол, жидкий четыреххлористой углерод, теплопроводность, установка Л.П.Филиппова, модель, концентрация, температура.

INFLUENCE OF LIQUID CARBON TETROCHLORIDE ON CHANGES IN THERMAL CONDUCTIVITY OF BENZENE AT ATMOSPHERIC PRESSURE

Abstract. This article presents the results of a computational and experimental study of the thermal conductivity of benzene at various temperatures, pressures and concentrations of liquid carbon tetrachloride. system (dimethylketone + H₂O), approximation dependences were obtained. The results of the study showed that liquid carbon tetrachloride increase the thermal conductivity of benzene. To measure the thermal conductivity of electrolyte solutions, an experimental setup

according to the heated filament method (L.P. Filippov's setup) and the theoretical model of Maxwell and Professor G.N. Dulnev. The total relative error in measuring thermal conductivity at a confidence level of 0.95 is 4.2%. Based on the data on the thermal conductivity of the studied solutions of the system (liquid carbon tetrachloride + benzene), approximation dependences were obtained, which make it possible to numerically calculate the thermal conductivity of the studied mixtures at various temperatures and pressures without conducting experiments.

Key words: liquid benzene, liquid carbon tetrachloride, thermal conductivity, L.P. Filippov's installation, model, concentration, temperature.

Введение.

В работе приводится обзор выполненных исследований, опубликованных до 1976г., по теплопроводности бензола [1]. Затем следующими учеными-теплофизиками было проведено экспериментальное измерение теплопроводности газообразного и жидкого бензола на линии насыщения, которое опубликовано в работах [2-4]. В работах [2-4] диапазон изменения параметров состояния был следующим: [2]- $p=100\text{МПа}$, $T=(300-673)\text{К}$; [3]- $p=0,1\text{МПа}$, $T=(298-348)\text{К}$; [4]- $p=(1,6-332)\text{МПа}$, $T=(310-360)\text{К}$. В работе [5] на основе данных по теплопроводности бензола при различных температурах и атмосферных получена следующая формула:

$$\lambda \cdot 10^3 = (256 - 0,421T + 1,61 \cdot 10^{-4}T^2), \text{ Вт/(м.К)} \quad (1)$$

Для численных расчетов и составления физической и математической моделей и технологического процесса необходимо знать коэффициент эффективной теплопроводности растворов в зависимости от температуры и давления [6].

Жидкий четыреххлористый углерод (тетрахлорметан) [5] принадлежит к числу жидкостей с наименьшими значениями теплопроводности и с этой точки зрения удобен для градуировки приборов, особенно когда объектами исследования являются фреоны. С четыреххлористым углеродом (тетрахлорметаном) можно работать в диапазоне температур от 250 до 350К без повышения давления [5]. Подобно толуолу четыреххлористым углеродом (тетрахлорметан) обладает и другими достоинствами: он не токсичен, не агрессивен, может быть сравнительно легко очищен. Теплопроводность жидкого четыреххлористого углерода (тетрахлорметана) изучена достаточно хорошо [5]. Эти экспериментальные

данные [5] получены методом плоского слоя, коаксиальных цилиндров, сферического слоя, двумя вариантами, методом нагретой проволоки.

Теплопроводность жидкого четыреххлористого углерода (тетрахлорметана) описывается следующим выражением:

$$\lambda \cdot 10^3 = (168,7 - 0,2T), \text{ Вт/(м.К)} \quad (2)$$

Теплопроводность жидкого четыреххлористого углерода (тетрахлорметана) в зависимости от температуры и давления [6]. В данной работе также приведены эмпирические уравнения, которые получены автором.

Объекты исследования. Химический чистый бензол и жидкий четыреххлористый углерод (тетрахлорметан).

Экспериментальная часть. Для исследования теплопроводности системы жидких (четырёххлористого углерода + бензола) при различных температурах использована экспериментальная установка, основанная на методе нагретой проволоки [2] (установка Л.П.Филлипова). Установка в основном состоит из следующих частей: внешний цилиндр, измерительный цилиндр, компенсационный цилиндр, ниппель, нижний конус, фланец, термопары, конусное уплотнение верхней головки, гайка, электропечь, пережимной сосуд, полиэтиленовый мешочек, глицерин, грузопоршневый манометр типа МП- 600, вентили, стакан.

С помощью этой установки можно измерять теплопроводность жидкостей и растворов с погрешностью 4,2%.

Результаты исследования. Результаты исследования теплопроводности смесей системы (бензола и четыреххлористого углерода (тетрахлорметана) в зависимости от температуры показали, что повышение массовой концентрации (четырёххлористого углерода) приводит к уменьшению теплопроводности бензола и массовой концентрации (тетрахлорметана), а также приводит к спаду теплопроводности исследуемых растворов. На основе теории подобия и экспериментальных данных по теплопроводности исследуемых растворов получен ряд аппроксимационных зависимостей. Полученные аппроксимационные зависимости дают возможность рассчитать эффективную теплопроводность исследуемых растворов, в данном случае нет необходимости проводить опыты [7].

Литература

1. **Теплопроводность жидкостей и газов.** / Н.Б.Варгафтик, Л.П.Филлипов, А. А. Тарзиманов, Е.Е.Тоцкий. М.: Издательство стандартов. 1978. 723 с.
2. **Габулов, Д.М.** Теплопроводность органических соединений при высоких давлениях. Автореф. дис..... к.т.н., Грозный, 1978.-21с.
3. **Kashiwagi, H.,** Oishi M., Tanaks Y., et. al. // Int. J. Termophysics.- 1982,- vol.3.- №2.-р.101-116.
4. **Li, S.F.Y.,** Maitland G.S., Wakeham W.A. // Int. J. Termophysics.- 1984,- vol.5.- №4.-р.351-365.
5. **Справочник по теплопроводности жидкостей и газов.** / Н.Б.Варгафтик, Л.П.Филлипов, А.А. Тарзиманов, Е.Е.Тоцкий, Энергоатомиздат. М.;-1990. - 352с.
6. **Palavra, A.M.F.,** Wakeham W.A., Zalaf M. // Int. J. Termophysics.- 1985,-vol.4.- №5.-р.427-438.
7. **Гуломов, М.М.** Влияние углеродных нанотрубок и нанопорошков крем-ниевой кислоты на изменение теплофизических, термодинамических и седиментационных свойств некоторых жидких углеводородов и их смесей/ Мас-рур Мирзохонович Гуломов//Дис.....д-ра тех.наук., Душанбе ,2021г. в двух томах (том 1-273стр. и том 2-163стр.).

Сведения об авторах:

Сафарова Фарзона Амруллоевна – соискатель кафедры «Общая физика» ДГПУ имени С. Айни

Собиров Джурабой Файзалиевич - д.т.н., доцент кафедры “Общая физика” БГУ имени Носира Хусрава

ИСТИФОДАИ АМСИЛАСОЗИИ КОМПЮТЕРӢ БАРОИ СОХТАНИ КОРӢОИ ОЗМОИШӢ АЗ ФАНИИ ТЕХНИКАИ ГАРМО

Тагоев С.А. *, Ҳақёров И.З. **

**Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон; **Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, ш. Душанбе, Тоҷикистон*
E-mail: safavidin.tagoev@yandex.ru.

Шарҳи мухтасар: дар кори мазкур истифодаи амсиласозии компютерӣ барои сохтани кори озмоишии виртуалӣ аз фанни техникаи гармо дар мисоли муайянкунии гармиғунҷоиши ҳаво бо усули калориметри равон оварда шудааст.

Вожакалимаҳо: амсиласозии компютерӣ, кори озмоишии виртуалӣ, техникаи гармо, калориметри равон, гармиғунҷоиши ҳаво.

Annotation: in this work, the use of computer modeling to create a virtual experimental work in the field of heat engineering is presented in the example of determining the heat compression of air using the flow calorimeter method.

Keywords: computer simulation, virtual experimental work, thermal engineering, flow calorimeter, heat compression of air.

Кори озмоишии виртуалӣ – ин таъминоти барномавии компютерӣ мебошад, ки имконият медиҳад таҷриба ба алоқаи бевосита бо таҷҳизот ё объекти тадқиқотӣ гузаронида шавад. Мақсади ташкили корҳои озмоишии виртуалӣ аз техникаи гармо – ин кушиши ҳаматарафа ва ба таври аёнӣ нишон додани равандҳои тадқиқшавандаи гармотехникӣ, вазифаи асосӣ – таъмини имконияти тайёр намудани донишҷӯ ба идрок ва фаҳмиши пурратари моҳияти равандҳои гармотехникӣ мебошад.

На дар ҳама таълимгоҳҳо шароити гузаронидани корҳои озмоишӣ мавҷуд аст, ки асосан сабабҳои молиявӣ дорад ва дастрас набудани дастгоҳҳои таҷрибавӣ мебошад. Баъзе таҷрибаҳо таҷҳизоти гаронарзишро талаб менамоянд, баъзеи дигарро умуман дар шароити озмоишгоҳи таълимӣ гузаронидан номумкин аст. Ин камбудиро қисман бо ёрии технологияи ахборотӣ бартараф намудан мумкин аст, ки имконият медиҳад корҳои озмоишии виртуалӣ омода карда, гузаронида шавад.

Кори озмоишии виртуалӣ аз техникаи гармо камбудии калон надошта, дорои як қатор бартариҳо мебошад:

- онҳоро, ба ғайр аз дарсҳои озмоишӣ, дар дарсҳои лексионӣ ё амалӣ ба таври иловагӣ бе мушкилот истифода бурдан мумкин аст;

- имконияти гузаронидани “таҷрибаҳои хатарнок” (масалан, омӯзиши деги буғӣ, ки ҳангоми он сӯзишворӣ истифода шуда, хатари оташангезӣ ва захролуд шудан бо газҳои хоричшаванда мавҷуд аст);

- имконияти гузаронидани таҷрибаҳо дар шароитҳои, ки аз ҷиҳати техникӣ номумкин аст (вобаста ба иқлим, фишор, ҳарорат ва ғайра);

- имконияти гузаронидани таҷриба бо шумораи зиёди таълимгирандагон дар вақт ва ҷои муносиб (озмоишгоҳ, толори лексионӣ, фосилавӣ ва ғайра).

Ин бартарӣҳо имконият медиҳанд, ки корҳои озмоишии виртуалӣ васеъ истифода карда шаванд. Истифодаи васеи корҳои озмоишии виртуалӣ, бо донишҷӯён муҳокима кардани хусусиятҳои гузаронидан ва натиҷаҳои мушоҳидаи он дар раванди таълим ниҳоят самаранок мебошад. Корҳои озмоишии виртуалиро аз тарафи омӯзгор ва донишҷӯён дар компютерҳои фардӣ, тахтаи электронии интерактивӣ ё экрани сенсорӣ гузаронидан мумкин аст.

Дар кафедраи техника ва энергетикаи гармои Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ бо ҳамкорӣ бо кафедраи физика ва фанҳои техникии Донишгоҳи технологии Тоҷикистон бо истифода аз барномаҳои махсус як қатор корҳои виртуалӣ омода мешаванд.

Дар қори мазкур қори озмоишии виртуалии “Муайян намудани гармиғунҷоиши ҳаво ба воситаи калориметри равон” муарифӣ мешавад. Интерфейси ин қори озмоишии виртуалӣ дар расми 1 оварда шудааст.



Расми 1. Интерфейси қори озмоишии виртуалии “Муайян намудани гармиғунҷоиши ҳаво ба воситаи калориметри равон”

Элементҳои кори озмоишии виртуалӣ инҳо мебошанд:

- ҳаводамкунак (вентилятор, компрессор) бо танзимкунии басомади гардиш ва мувофиқан маҳсулноқӣ (сарфи ҳаво);
- калориметри рагон бо гармкунаки барқӣ (спирали нихромӣ);
- манбаи ҷараёни барқ бо имконияти танзимкунии шиддати барқӣ, мувофиқан қувваи ҷараёни барқӣ, тавоноии барқӣ ва гармии дар калориметр ҷудошаванда;
- ҳароратсанҷҳои электронӣ дар даромад ва баромади калориметр;
- сарфченкунаки ҳаво.

Барномаи иҷрои кор дар зер оварда шудааст:

1. Ба кор даровардани кори озмоишии виртуалӣ.
2. Интихоби намудани басомади гардиши ҳаводамкунак, қайд намудани сарфи ҳаҷмии ҳаво аз калориметр ба воситаи сарфченкунаки ҳаво $G_x, \text{м}^3/\text{с}$.
3. Интихоби шиддати барқӣ ба воситаи манбаи ҷараёни барқ, қайд намудани қимати шиддат ва қувваи ҷараён.
4. Қайд намудани ҳароратҳои ҳаво дар даромад ва баромади калориметр ба воситаи ҳароратсанҷҳои нишондиҳанда (электронӣ).
5. Гузаронидани таҷриба бо қиматҳои дигари сарфи ҳаво ва шиддати манбаи ҷараён.
6. Дохил намудани натиҷаҳо ба ҷадвал (ҷадвали 1).

Ҷадвали 1

Натиҷаҳои ҷенкунӣ

№	$G_x, \text{м}^3/\text{с}$	U, В	I, А	$t_1, \text{°C}$	$t_2, \text{°C}$
1	0,410	24	0,4	20	40
2	0,624	36	0,6	20	50
3	0,846	48	0,8	20	60
4	1,075	60	1,0	20	70
5	1,310	72	1,2	20	80

7. Ҳисоб наудани ҳарорати миёна:

$$t_m = 0,5(t_1 + t_2), \text{°C}.$$

8. Мувофиқи ҳарорати миёнаи ҳаво гирифтани қимати зичии ҳаво ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$ аз маълумотнома.

9. Ҳисоб кардани сарфи массавии ҳаво:

$$G_m = \rho G_x, \text{кг}/\text{м}^3.$$

10. Ҳисоб намудани миқдори гармии дар калориметр ҷудошаванда:

$$Q = UI, \text{Вт}.$$

11. Ҳисоб намудани гармиғунҷоиши ҳаво:

АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПКОВОГО МАСЛА

Холов Р.С. *, Тагоев С.А.

*Аграрный университет Таджикистана имени Шириншоха Шохтемура,
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г.

Душанбе, Таджикистан

E-mail: safovidin.tagoev@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены схема экспериментальной установки для измерения термодинамических свойств жидкостей методом разности фаз ультразвуковых волн, а также теоретическая основа метода.

Ключевые слова. Ультразвук, скорость звука, разности фаз, термодинамические свойства, температурная зависимость.

ACOUSTIC PROPERTIES OF COTTON OIL

Annotation. The paper presents a scheme of an experimental setup for measuring thermodynamic properties of liquids by the phase difference method of ultrasonic waves, as well as the theoretical basis of the method.

Keywords. Ultrasound, speed of sound, phase differences, thermodynamic properties, temperature dependence.

Хлопковое масло производится и широко применяется для кулинарных целей в Республике Таджикистан. Хлопковое масло, как источник углеводов, широко применяются также в химической и других отраслях промышленности. Обзор литературы показывает, что акустические свойства хлопкового масла изучены недостаточно. Определение скорости звука хлопкового масла позволяет определению ее плотности с достаточной точностью. Скорость звука прямо пропорционально плотности.

Скорость звука в жидкостях и газах определяется разными способами. Один из эффективных способов определения скорости звука в жидкостях является метод разности фаз. Для этого, ультразвуковой сигнал, генерированный в ультразвуковом генераторе, подается на фазометр напрямую и через исследуемое вещество.

Фаза распространяющей волны [1]:

$$\varphi(x,t) = \omega t - kx + \varphi_0, \text{ рад}, \quad (1)$$

здесь: ω – циклическая частота, рад.; t – время, с.; k – волновое число – пространственный аналог угловой частоты, $k = 2\pi/\lambda = \omega/v$, рад/м; x – координата (расстояние между передатчиком и приёмником ультразвука), м; φ_0 – начальная фаза, рад; λ – длина волны, м; v – скорость звука, м/с.

Сигнал, прошедший через вещество, отстает по фазе от первоначального сигнала, что фиксирует фазометр:

$$\Phi(x,t) = \varphi(0,t) - \varphi(x,t) = kx = 2\pi f x / v, \text{ рад.} \quad (2)$$

здесь: $\varphi(0,t)$ – фаза первоначального сигнала; $\varphi(x,t)$ – фаза сигнала, прошедший через вещество; f – частота, Гц.

Как видно из формулы (2), разность фаз $\Phi(x,t)$ прямо пропорционально f -частоты звуковой волны и x - расстоянию между передатчиком и приёмником звука, обратно пропорционально v - скорости звука. Тогда, скорость звука можно определить двумя способами:

1) построением зависимости разности фаз от расстояния $\Phi = \Phi(x)$, при постоянном частоте ($f = \text{const}$), определение скорости звука по наклонной ($\partial\Phi/\partial x = 2\pi f/v$):

$$v = 2\pi f / (\partial\Phi/\partial x), \text{ м/с;} \quad (3)$$

2) построением зависимости разности фаз от частоты $\Phi = \Phi(f)$, при постоянном расстоянии ($x = \text{const}$), определение скорости звука по наклонной ($\partial\Phi/\partial f = 2\pi x/v$):

$$v = 2\pi x / (\partial\Phi/\partial f), \text{ м/с;} \quad (4)$$

Разность фаз можно измерить осциллографом или фазометром.

Как видно из формул (2)-(4), чтобы определить скорость звука в веществе, необходимо следующие приборы:

- генератор ультразвука с регулируемой частотой;
- осциллограф или фазометр;
- измерительная ячейка с исследуемым веществом, с встроенным передатчиком и приемником ультразвука (а также термостат для регулирования и поддержания температуры).

На рисунке 1 представлена блок-схема установки для измерения скорости звука.

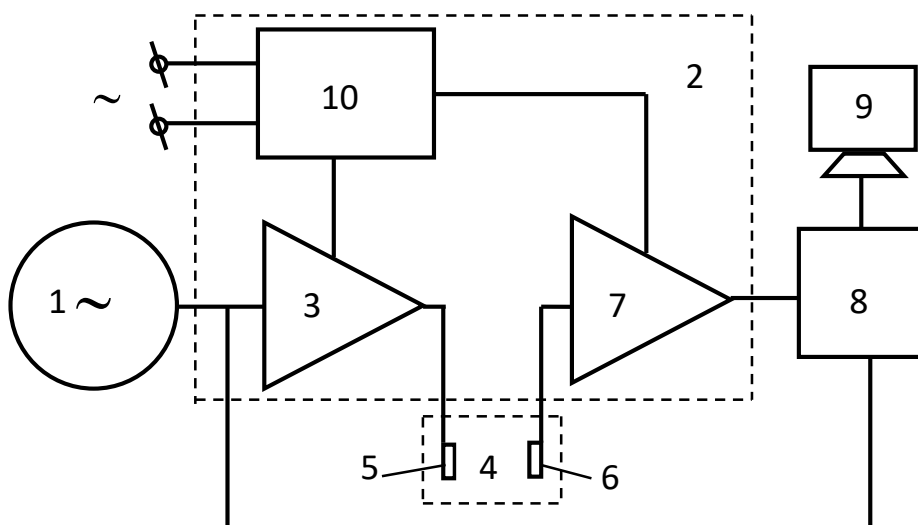


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения скорости звука: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – плата электронной схемы; 3 – усилитель; 4 – измерительная ячейка с исследуемым веществом; 5 – передатчик ультразвука; 6 – приёмник ультразвука; 7 – усилитель; 8 – осциллограф или фазометр; 9 – компьютер; 10 – низковольтный блок питания

Порядок выполнения эксперимента и расчетов на данной установке:

1) определяем зависимость разности фаз от частоты $\Phi=\Phi(f)$, при постоянном расстоянии ($x=\text{const}$);

2) определяем скорость звука по наклонной ($\partial\Phi/\partial f=2\pi x/v$):

$$v=2\pi x/(\partial\Phi/\partial f), \text{ м/с}; \quad ;$$

3) производим расчет плотности хлопкового масла по формуле:

$$\rho = \frac{1}{av^2}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (5)$$

здесь a – постоянная установки;

4) изменяя температуру опыта, определяем скорость звука и плотность при различных температурах.

Таким образом, используя акустические свойства хлопкового масла, можно определить ее плотность в зависимости от температуры. Температура жидкости задается и поддерживается с помощью устройства термостатирования, состоящего из датчика температуры, схемы измерения и регулирования температуры, термостатирующей рубашки и терморегулирующего элемента.

Литература

1. Коробов, А.И. Измерение скорости звука в жидкостях // Методическая разработка специального физического практикума кафедры акустики: учеб. метод. Пособие. - Москва: МГУ, 2010. -37 с.

Сведения об авторах

Холов Рустамали Сафарович – ст. преподаватель кафедры “Физика” Аграрного университета Таджикистана имени Шириншоха Шохтемура.

Тагоев Сафовидин Асоевич – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой “Теплотехника и теплоэнергетика” Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

СЕКЦИЯ – 4

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В
ЭНЕРГЕТИКЕ**

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО АПВ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Абдуллоев Л.Ш., Гадоев А.И., Окилов А.С.

Научный руководитель – Мирзозода Б.М.

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)

E-mail: borbadtjk@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается моделирование и анализ работы однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ) высоковольтной линии электропередач (ВЛЭП) между подстанциями Нурек-500 и Регар 500. Решаемая задача является разработка модели ВЛЭП и ОАПВ с использованием реальных исходных данных.

Ключевые слова: режим работы, трансформаторной подстанции, математическая модель, переходные процессы, PSCAD.

DEVELOPMENT OF SINGLE-PHASE AR OF HIGH VOLTAGE OVERHEAD LINE MODEL

Annotation. The paper discusses the modeling and analysis of the operation of a single-phase automatic reclosing (SAR) of a high-voltage power line (HVTL) between Nurek-500 and Regar 500 substations.

Keywords: operating mode, transformer substation, mathematical model, transient processes, PSCAD.

Обеспечение надежной работы энергосистемы (ЭС) зависит от создания надежной системы и линии электропередачи и аварийное управление ими. ОАПВ считается эффективной мерой повышения надежности энергоснабжения по одноцепным ВЛ сверхвысокого напряжения (СВН) [1]. Кроме того, использование ОАПВ на ВЛ со СВН обусловлено уменьшением объема действий автоматики предотвращения нарушения устойчивости.

В данной работе рассмотрена разработка программной и математической модели линии электропередачи между подстанциями Нурек-500 и Регар 500 и устройство ОАПВ на линии СВН. Программная модель разработана в среде моделирующего комплекса PSCAD [2]. В модели для линии использованы параметры реальной электрической сети высокого напряжения. Время срабатывания устройств РЗ и ОАПВ выбраны в соответствии действующих нормативно технических документаций.

Как сложный объект для изучения современных электроэнергетических систем (ЭЭС) включают в себя огромные количества электростанций, подстанций, высоковольтных линий различного класса напряжения и в

зависимости от поставленных задач и изучаемых проблем она представляет собой достаточно уникальный объект для исследования [3].

В программе на основе имеющихся компонентов и предусмотренных моделей линии электропередачи создана модель линии с логикой управления выключателем, рис. 1.

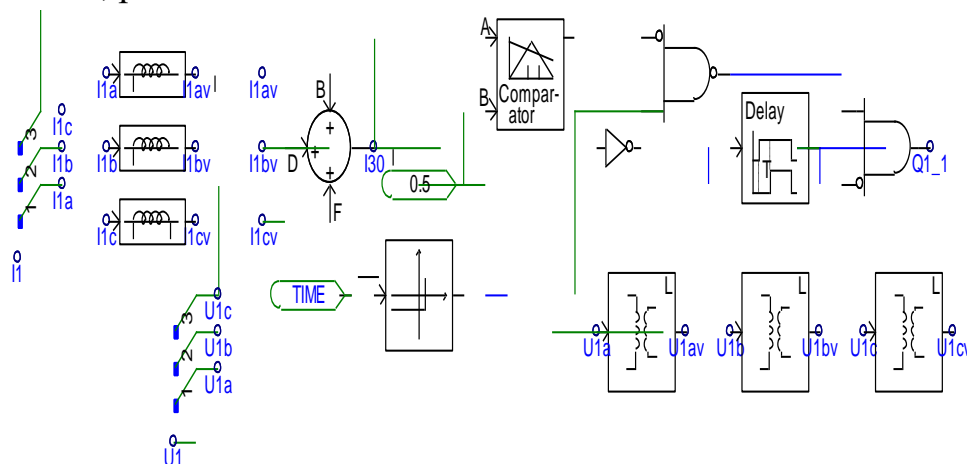


Рис. 1. Собранная в PSCAD модель для имитации работы ОАПВ

При создании модели в ПК PSCAD учитывались функционирующие агрегаты Нурекской ГЭС, ПС и ЛЭП. Следует отметить, что ПК PSCAD обладает возможностью до создания соответствующего возмущения тщательно проанализировать исходное состояние модели и сравнивать текущих значений с реальными данными. Данная особенность позволяет пользователю убедиться о полном запуске агрегатов, оценить внешние характеристики генераторов и остальных вращающихся механизмов нагрузки [2].

К примеру, это объясняется тем, что до возникновения возмущения все параметры энергосистемы соответствуют диапазону допустимых значений, запуск агрегатов и процессы их синхронизации закончены, значения напряжений в узлах схемы, перетоки мощности по ЛЭП соответствуют требуемым значениям.

Возможная сценария моделирования ниже представлена (табл. 1) и является одна из временных диаграмм процесса ликвидации КЗ для ряда нормативных расчетных возмущений.

Таблица 1.

Временная диаграмма работы модели

Время начала возмущения (с)	Событие при моделировании процесса
0	Возникновение однофазного КЗ.
0,04	Срабатывание основной защиты линии со стороны Нурекской ГЭС-7.

0,083	Отключение выключателей 500 кВ ЭГВ-500 на ПС 500 кВ Регар
0,12	Отключение выключателей 500 кВ В-505 и ВП-2.
1,02	Включение выключателей 500 кВ ЭГВ-500 на ПС 500 кВ Регар, В-505 и ВП-2 действием АПВ
1,02	Ликвидация короткого замыкания

Выводы

Благодаря широкой функциональности комплекса PSCAD разработанная модель дает возможность при симуляции оценивать ее работоспособности.

Планируется разработанную модель в дальнейшем использовать для исследования вопросов устойчивости энергосистемы при работе ОАПВ на ЛЭП сверхвысокого напряжения..

Литература

1. Беляков Н.Н., Кадомская К.П. Левинштейн М.Л. Процессы при однофазном автоматическом повторном включений линий высоких напряжений/ - М.: Энергоатомиздат, 1991 - 256 с.
2. EMTDC Transient Analysis for PSCAD Power System Simulation: User's Guide v4.5 . –Winnipeg, Canada, Manitoba-HVDC Research Centre.PSCAD™Power Systems Computer Aided Design. P. 513.
3. Гиеев Б.М., Расулов А.М., Ибрагимов Б.Ф. Анализ возможностей современных вычислительных моделирующих комплексов для решения электротехнических задач / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 4(56). – С. 6-13.

Сведения об авторах:

Абдуллоев Лутфулло Шамсуллоевич – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Гадоев Абдурауф Идимадович – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Салимов Абдучалол Зафарович – 1995 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ЛИНИИ ПО ДАННЫМ ЛИНИИ СВЯЗИ НУРЕК-РЕГАР – Л-505

Гадоев А.И., Абдуллоев Л.Ш., Салимов А.З.

Научный руководитель – к.т.н. Мирзозода Б.М.
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)

E-mail: borbadtjk@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается моделирование и анализ работы токовой отсечки высоковольтной линии электропередачи (ВЛЭП) между подстанциями Нурек-500 и Регар 500 – Л-505. Целью работы является имитации работы токовой отсечки линии электропередачи с использованием реальных исходных данных.

Ключевые слова: релейная защита, линии электропередачи, токовая отсечка, математическая модель, PSCAD.

STUDY OF THE LINE CURRENT CUTOFF BY USING THE DATA OF THE LINE NUREK-REGAR - L-505

Annotation. The paper considers the modeling and analysis of the operation of the current cutoff of a high-voltage power transmission line (HVTL) between Nurek-500 and Regar 500 substations - L-505. The purpose of the work is to simulate the operation of the current cutoff of a power line using real source data.

Keywords: relay protection, power lines, current cutoff, mathematical model, PSCAD.

Принципы построения и алгоритмы релейной защиты силового оборудования электрических станций и подстанций постоянно совершенствуются. Такие средства защиты являются не только более надежными (одно устройство выполняет обычно сразу несколько функций), но и более удобными в обслуживании и эксплуатации. Они позволяют регистрировать все процессы и события и, что очень важно, анализировать повреждения в системе.

Новые возможности цифровой обработки сигналов и обмена информации позволяют осуществить целый ряд защитных функций, которые невозможно было бы реализовать на электромеханической базе. На сегодняшний день существует множество хорошо зарекомендовавших себя фирм, предлагающих микропроцессорную релейную защиту высоковольтной линии электропередачи.

Надежная работа электроэнергетической системы Республики Таджикистан (ЭЭС РТ) в настоящее время во многом зависит от узла

Нурекской гидроэлектростанции (ГЭС), которая соединяется с ЭЭС напряжением 500 и 220 кВ. В ЭЭС РТ 95% выработки электрической энергии приходится на ГЭС, большинство из которых сосредоточены в Южной части республики (Нурекская ГЭС (НГЭС), Сангтудинские ГЭС 1,2, Байпазинская ГЭС и Головная ГЭС).

В данной работе рассмотрена разработка программной и математической модели токовой отсечки линии электропередачи между подстанциями Нурек-500 и Регар 500 – Л-505. Программная модель разработана в среде моделирующего комплекса PSCAD [2]. В модели для линии использованы параметры реальной электрической сети – Л-505.

Время срабатывания РЗ, особенно токовой отсечки линии в соответствии действующих нормативно технических документаций. Алгоритм основной части модели – сравнения тока в месте установки защиты с током уставки приведен на рис. 1.

Для формирования вторичного тока используется трансформатор тока. Для получения тока нулевой последовательности необходимо просуммировать токи фаз. Для этого используется элемент Summing. На его вход подаются токи со вторичных обмоток трансформаторов тока

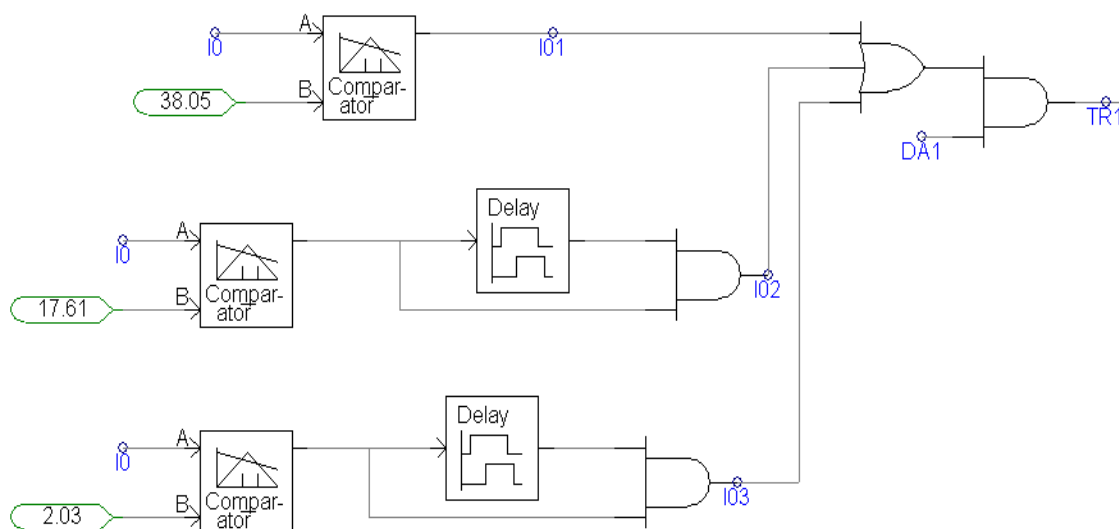


Рис.1. Алгоритм сравнения тока в месте установки защиты с током уставки

Для наглядности моделирования ниже (табл. 1) представлена одна из временных диаграмм процесса ликвидации КЗ для ряда нормативных расчетных возмущений. Возмущение – однофазное короткое замыкание происходит на 40-й секунды моделирования. Токовая отсечка является быстродействующей защитой и действует без выдержки времени.

Таблица 1.

Временная диаграмма работы модели

Время начала возмущения (с)	Событие при моделировании процесса
40,00	Возникновение однофазного КЗ.
40,07	Срабатывание основной защиты линии со стороны Нурекской ГЭС.
40,088	Отключение выключателей 500 кВ В-505 и ВП-2.

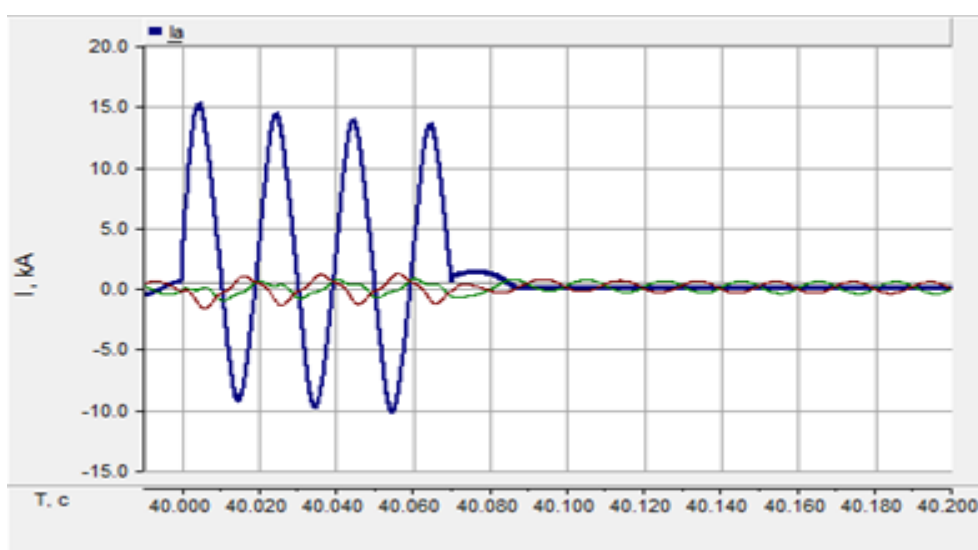


Рис. 2. Иллюстрация результата моделирования однофазного КЗ на ЛЭП Нурек-Регар с последующим отключением ее токовой отсечкой

Выводы

Исследование токовой отсечки при различных видах повреждений является основной видами проверки чувствительности устройств релейной защиты. Виртуальная модель токовой отсечки позволяет детально проанализировать процессы, протекающие в цепях релейной защиты, что имеет огромное значение не только для научного, но и для образовательного процесса. В данной статье была разработана модель токовой отсечки линий 500 кВ. Была проведена проверка совместной работы модели сети и модели ОАПВ при повреждениях (КЗ) в рассматриваемой сети.

Литература

4. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. - М: Энергоатомиздат, 1998 - 800 с.: ил.

5. EMTDC Transient Analysis for PSCAD Power System Simulation: User's Guide v4.5 . –Winnipeg, Canada, Manitoba-HVDC Research Centre.PSCAD™ Power Systems Computer Aided Design. P. 513.

6. А.М. Федосеев. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей: Учеб. пособие для вузов - . М., Энергоатомиздат, 1984 г.- 520.

Сведения об авторах:

Абдуллоев Лутфулло Шамсуллоевич – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Гадоев Абдурауф Идимадович – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Салимов Абдучалол Зафарович – 1995 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

О МОДЕЛЯХ УСТРОЙСТВ АРВ ПО СТАНДАРТАМ IEEE

Окилов А.С., Салимов А.З., Гадоев А.И.

Научный руководитель – к.т.н. Мирзозода Б.М.
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)

E-mail: borbadtjk@mail.ru

Аннотация. В данной работе проводится сравнительный анализ различных типов устройств возбуждения автоматических регуляторов возбуждения синхронных генераторов, используемых на некоторых гидроэлектростанциях энергосистемы и их стандартные модели, принятых во многих вычислительных комплексах моделирования в том числе по стандартам IEEE.

Ключевые слова: система возбуждения, синхронный генератор, математическая модель, переходные процессы.

ABOUT IEEE STANDARDS ARV DEVICE MODELS,

Annotation. This paper provides a comparative analysis of various types of excitation devices of automatic excitation controllers of synchronous generators used at some hydroelectric power plants and their standard models adopted in many computer simulation systems, including IEEE standards.

Keywords: excitation system, synchronous generator, mathematical model, transients.

Среди оборудования, используемого для генерации электрической энергии, является синхронный генератор, который превращает механическую энергию в электрическую. Преобразование энергии возможно только при наличии возбуждения генератора. Возбуждение генератора также определяет выходные значения генератора: напряжение и реактивную мощность. Это означает, что регулирование возбуждения генератора фактически регулирует выходную энергию генератора, а также влияет на стабильность всей электрической системы.

Система возбуждения обычно состоит из автоматического управления возбуждением генератора (АРВ), возбудителя, измерительных элементов, стабилизатора силовой системы (PSS) и блока ограничения и защиты. Для обзора автоматических регуляторов возбуждения, обратимся к стандарту IEEE Std 421.5-2016 [1]. В данном стандарте представлены модели систем возбуждения, подходящих для исследования устойчивости крупномасштабных систем. Также в стандарте представлены математические модели систем возбуждения, которые производитель может использовать,

предложены стандартные, рекомендованные значения коэффициентов. Модели действительны для частоты отклонения $\pm 5\%$ от номинальной частоты и частот колебаний примерно до 3 Гц. Данные модели обычно не действительны при использовании в исследовании под синхронного резонанса или других проблем, связанных с крутильным взаимодействием вала. Защитные и управляющие функции, которые вступают в работу при длительных динамических процессах не учтены.

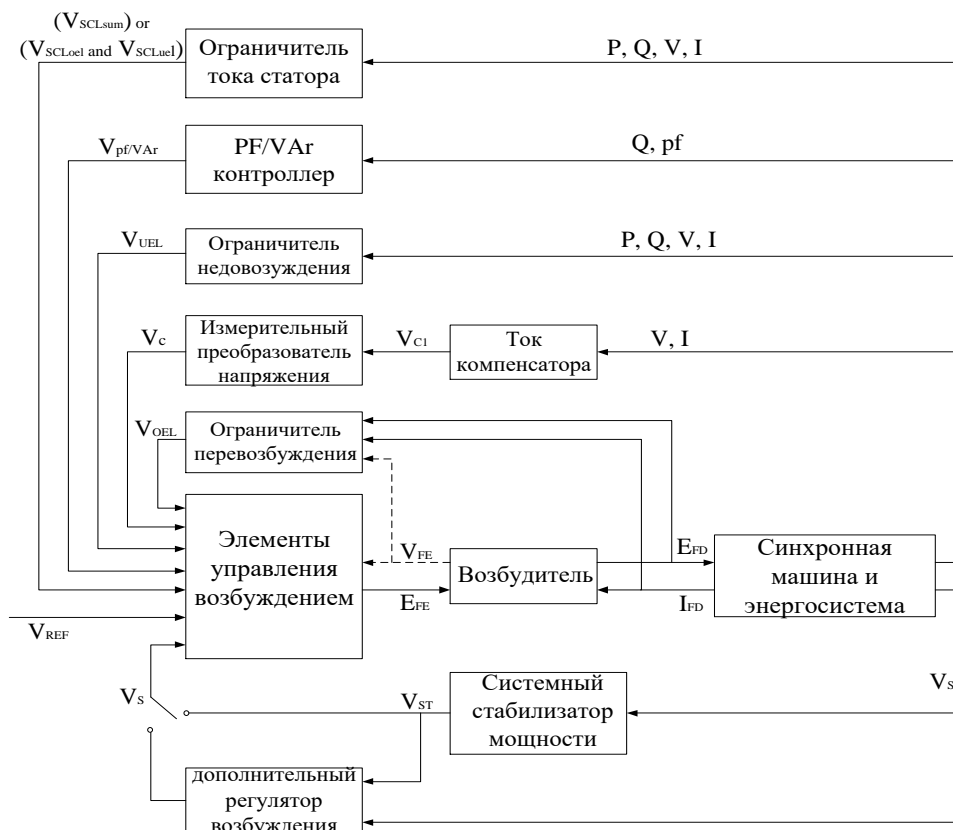


Рис. 1 Общая функциональная блочная схема для синхронной машины управляющая система возбуждения.

В последнее время моделирование полевых ограничителей тока становится все более важным, что приводит к расширению, описывающих ограничители перевозбуждения и недовозбуждения (OELs и UELs), соответственно, описывающего ограничители тока статора (SCLs). Модели систем возбуждения обычно будут подключены как выходные сигналы от таких ограничителей (V_{OEL} , V_{UEL} и V_{SCL}).

Подобно моделям OEL и UEL, модель SCL может представлять собой либо точку суммирования, либо действие захвата, в отличие от моделей OEL и UEL, модель SCL должна определять сигнал V_{SCL} при представлении действия точки суммирования, при представлении действия захвата он должна определять два сигнала, V_{SCLoel} и V_{SCLuel} .

Согласно стандарту, системы возбуждения классифицируются на основе силового источника возбуждения, по типу источника питания следующим образом:

Системы возбуждения типа DC (type DC excitation systems). Который использует генератора постоянного тока с коммутатором как источник системной мощности возбуждения.

Системы возбуждения типа AC (type AC excitation system). Данный тип использует генератор переменного тока, стационарные или вращающиеся выпрямители для питания системы возбуждения.

Системы возбуждения тип ST (type ST excitation system). Ток возбуждения подается через трансформатор или вспомогательные обмотки генератора и выпрямитель.

Следующие ключевые вспомогательные функции, общие для большинства систем возбуждения, идентифицируются и описываются как:

Компенсация напряжения и компенсация нагрузки;

Системный стабилизатор мощности (PSS);

Ограничитель перевозбуждения;

Ограничитель недовозбуждения;

Коэффициент мощности и переменное управление;

Контроль прерывистого возбуждения;

Современные системы возбуждения обычно предлагают несколько различных ограничивающих функций, таких как OELs, UELs, ограничители тока статора (SCL) и ограничители вольт на герц (В/Гц). Ограничители подключаются к моделям системы возбуждения одним из трех возможных способов:

– в качестве дополнительного сигнала, добавляемого к расчету ошибки напряжения (вход суммирования APV).

– в качестве сигнала поглощения, вход в логический элемент с высоким или низким значением в модели системы возбуждения.

– как часть верхнего или нижнего предела в модели системы возбуждения что будущие пересмотры этой рекомендуемой практики могут также потребовать внесения изменений в существующие модели систем возбуждения, чтобы четко указать, как эти модели ограничителей SCL и В/Гц будут связаны.

Типы DC—возбудители постоянного тока

Немногие новые синхронные машины оснащены возбудителями постоянного тока, которые были заменены по типу систем AC и ST, однако многие такие системы все еще находятся в эксплуатации. На рис.2,

представлена модель, используемая для представления постоянного ток, вращающийся возбудитель, который используется во всех моделях систем возбуждения постоянного тока, которые могут быть отдельно возбужденный или самовозбужденный, как обсуждалось в отчете комитета IEEE [B23]. Когда самовозбужденный шунт используется, значение коэффициента усиления обратной связи K_E отражает настройку шунтирующего поля реостата.

В некоторых случаях результирующее значение K_E может быть отрицательным, и следует учитывать, что этих возбудителей используются самовозбуждаемые шунтирующие поля с регулятором напряжения, работающим в режиме обычно называемый *бак-наддув*. Это может быть моделируется выбором значения K_E , чтобы начальные условия удовлетворялись при $E_{FE} = 0$, как описано в отчет комитета IEEE [B23]. В некоторых программах, если K_E вводится как ноль, K_E автоматически рассчитывается программой для представления самовозбуждаемого шунтирующего поля и усеченного реостата в качестве исходного условия.

Возбуждаемый вращающийся возбудитель постоянного тока представлен значением для $K_E = 1$. Термин $S_E(E_{FD})$ представляет собой нелинейную функцию со значениями, определенными для двух или более выбранных значений генератор, напряжение поля E_{FD} . Выход этого блока насыщения V_X является произведением вход E_{FD} и значение нелинейной функции $S_E(E_{FD})$ при этом выходном напряжении возбудителя.

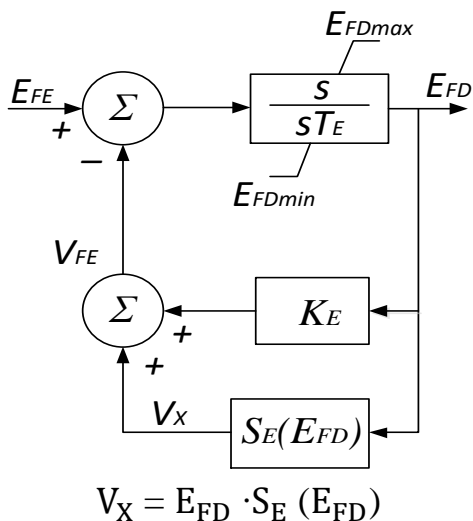


Рис. 2. Модель вращающегося возбудителя коммутатора постоянного тока

Системы возбуждения с вращающимся возбудителем постоянного тока не ограничивается использованием модели тип DC. Цифровые регуляторы напряжения, питающие постоянные вращающиеся главные возбудители, также могут быть представлены моделью системы возбуждения типа AC

(например, AC6C или AC8C), просто установив в модель параметры K_C и K_D ноль. Взаимосвязь между пределами регулятора и полевым напряжением разработана в отчет комитета IEEE [B23].

В стандарте описаны различные подтипы системы возбуждения типа DC, такие как DC1A, DC1C, DC2A, DC2C, DC3A, DC4B, DC4C, однако для примера будет рассмотрена только система DC4C.

Модель системы возбуждения DC4C

Рассматриваемая схема системы возбуждения типа DC4C представлена на рис.3, используется управляемый полем возбудитель постоянного тока с стабилизатором напряжения который питается от генератора или вспомогательных шин. Замена элементов управления в качестве обновления привела к появлению новой модели. Альтернативный контур обратной связи по скорости (K_F, T_F), для стабилизации также показаны в модели, если APB не содержит производного члена, предоставляется элемент управления PSS, подходящей модель является модель типа PSS2B.

Схема которой показанная на рис.3, было заменено по сравнению с предыдущей версией этого рекомендация, путем изменения знака подключения точки суммирования с ограничителем перевозбуждения V_{OEL}

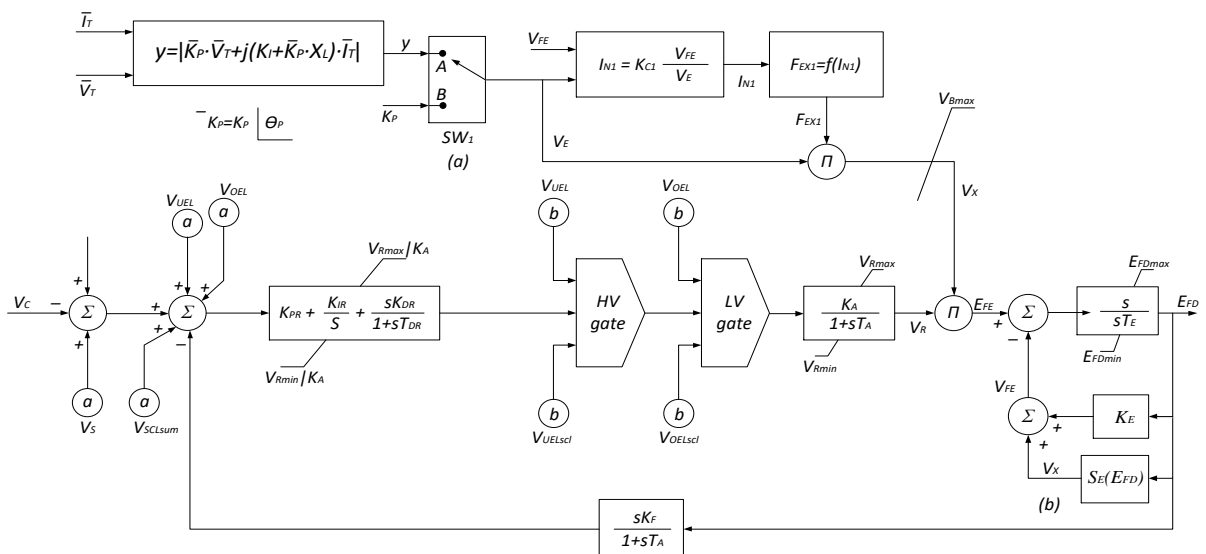


Рис. 3 Модель системы возбуждения типа DC4C с ПИД-регулятором по стандарту IEEE 421.5-2016

Это модель системы возбуждения является расширением модели DC4B для включения источника питания для управляемого выпрямителя, а также нагрузка выпрямителя, и эффекты коммутации. Модель DC4C может использоваться для представления любого оборудования, представленного в настоящее время моделью DC4B. Таким образом, логика SW_1 в модели DC4C

должна быть установлено, как $K_P = 1$, $\theta_P = 0$, $K_I = X_L = K_{C1} = 0$, $V_{Bmax} = 99 pu$

V_{REF} —опорный сигнал эквивалентного стабилизатора напряжения, рассчитывается так, чтобы удовлетворить начальным условиям эксплуатации СМ; V_S —сигнал стабилизации системы; V_{UEL} —выход ограничителя недовозбуждения; V_{OEL} – выход ограничителя перевозбуждения; $V_{IMAX/MIN}$ —ограничение по входному напряжению регулятора; $V_{AMAX/MIN}$ – максимальный и минимальный выходной сигнал регулятора напряжения; T_{DR} , T_A , T_E , T_F —постоянные времени регулятора; K_I , K_P , K_A , K_E – коэффициенты регулятора E_{FD} — выходное напряжение возбудителя.

ПИД-регулятор

Блок пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор В некоторых моделях используются ПИД-регуляторы с неограниченными пределами. Они требуются для определения реализации компьютерных моделей.

Параллельная форма ПИД-регулятора с передаточной функцией (рис.4)

$$K(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + \frac{sK_D}{1 + sT_D}$$

реализуется суммой трех слагаемых: пропорциональным коэффициентом усиления K_P , интегральным коэффициентом усиления K_I , коэффициентом усиления K_D и постоянной времени запаздывания T_D . Если сумма y , достигает пределов, интеграция прекратиться. Возможны другие модели без индуктивного ограничения ПИД-регулятора, но это считается, что он представляет собой простой в реализации принцип цифрового управления и моделирования.

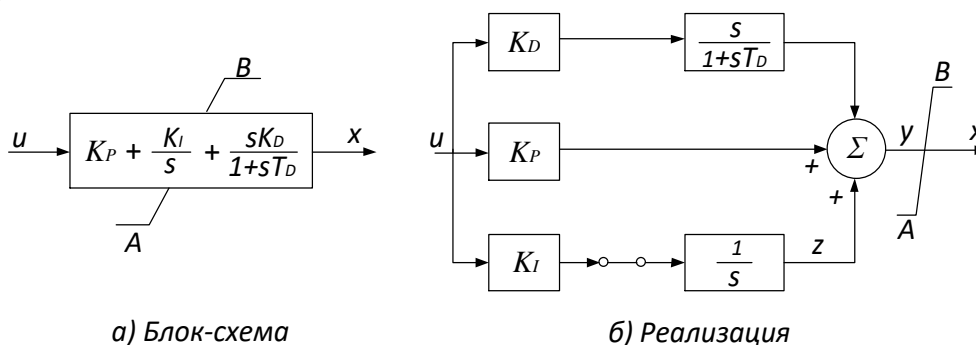


Рис.4. Пропорционально-интегрально-дифференциальный блок.

Модель стабилизатора системы питания типа PSS2B

Модель стабилизатора, показанная на рис.5, предназначена для представления различных стабилизаторов с двумя входами, которые обычно используют комбинации мощности и скорости или частоты для получения стабилизирующего сигнала.

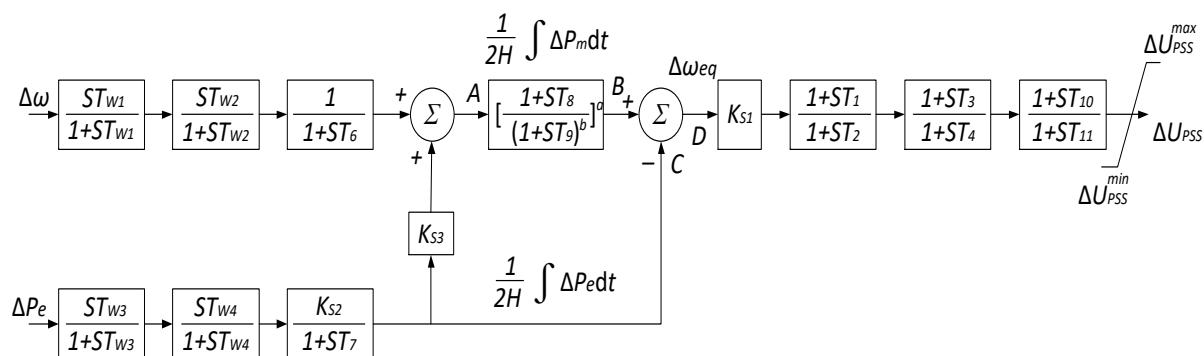


Рис.5. Модель стабилизатора типа PSS2B с двумя входами.

Выводы

В этом исследовании проводится сравнительный анализ различных типов систем возбуждения автоматических регуляторов возбуждения синхронных генераторов, используемых на некоторых гидроэлектростанциях энергосистемы. Рассмотренные типы и стандартные модели позволят пользователям в ходе исследования вопросов регулирования напряжения генератора и его режимов работы выбрать наилучшую модель для изучения. В программных комплексах для моделирования объектов энергосистем содержится готовые компоненты с заранее заданным алгоритмом работы и настройки. При этом от пользователя требуется только ввод нужных для исследования параметров.

Литература

- 1) IEEE 421.5-2005 Recommended practice for excitation system models for power system stability studies. IEEE Power Engineering Society, New York, USA, 2006.
- 2) IEEE Std 421.5-2016 Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies. IEEE Park Avenue New York, USA 15 may 2016.
- 3) СТО 59012820.29.160.20.001-2012/ Стандарт организации Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов, Издание официальное (в редакции изменения, введенного в действие приказом ОАО «СО ЕЭС» от 14.07.2015 №225), Москва 2012.
- 4) Юрганов А. А., Кожевников В. А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов. — СПб.: Ответственный редактор академик РАН И. А. Глебов САНКТ-ПЕТЕРБУРГ „НАУКА“, 1996. — 138 с.
- 5) P. Kundur, J. Paserba, V. Ajjarapu, G. Andersson, A. Bose, C. Canizares, et al., "Definition and classification of power system stability

IEEE/CIGRE joint task force on stability terms and definitions," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 19, pp. 1387-1401, 2004.

Сведения об авторах:

Окилов Амирчон Саидмуродович – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Салимов Абдучалол Зафарович – 1995 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Гадоев Абдурауф Идимадович – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Окилов А.С., Абдуллоев Л.Ш., Салимов А.З., Алиев А.Х.

Научный руководитель – к.т.н. Мирзозода Б.М.

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)

E-mail: borbadtjk@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается вопрос представление электрических устройств в компьютерной модели на примере вычислительного комплекса PSCAD. Представлена общая информация по разработке компьютерной модели электрических устройств в программном комплексе PSCAD.

Ключевые слова: система возбуждения, синхронный генератор, математическая модель, PSCAD.

REPRESENTATION OF ELECTRICAL DEVICES IN A COMPUTER MODEL

Annotation. The paper deals with the issue of representing electrical devices in a computer model using the PSCAD computer system as an example. General information on the development of a computer model of electrical devices in the PSCAD software package is presented.

Keywords: excitation system, synchronous generator, mathematical model, transients, PSCAD.

Современный уровень развития электроэнергетики и вычислительной техники обуславливает появление на рынке программного обеспечения различных программных комплексов для моделирования, расчетов, анализа и оптимизации энергосистем.

Комплекс PSCAD, разработанный канадскими разработчиками, является достаточно удобным инструментом для моделирования работы энергосистем, в частности моделирования процессов в составе энергосистем и силовых электронных преобразователей при их проектировании, анализе, оптимизации и верификации. PSCAD является быстродействующим, точным и удобным инструментом для моделирования работы энергосистем и силовых электронных преобразователей при их проектировании, анализе, оптимизации и верификации. Программа PSCAD с модулем моделирования переходных процессов EMTDC предоставляет широкий выбор инструментов и богатую библиотеку компонентов для глубокого анализа работы энергооборудования [1].

PSCAD удобен в использовании и узконаправлен под решение задач электротехники и электроэнергетики. Комплекс содержит около 300 готовых компонентов: трансформаторы, ЛЭП, генераторы, устройства РЗиА,

логические и математические элементы и т.д. Он позволяет осуществлять исследования полного спектра переходных процессов, могущих происходить при эксплуатации любой энергосистемы, чего не могут себе позволить множество других «режимных» программ [1]. Необходимо отметить, что применение PSCAD не требует от оператора углубленных знаний математических методов и умения программировать. PSCAD ориентирована на специалистов энергетиков, электротехников.

Достоинств программы PSCAD для специалистов РЗ и А заключается в следующем:

- возможность выполнения всесторонних исследований работы реального оборудования в условиях, максимально электрически близких к тем, которые имеют место в реальных энергосистемах;
- возможность разработки и отладки алгоритмов действия устройств управления, регулирования и защиты;
- быстрота создания модели вследствие использования графической оболочки, и быстрота расчетов с максимальным использованием ресурсов ПК;
- Легкость, простота и удобство работы.

В PSCAD используются блоки управления, которые имитируют систему возбуждения вместе с АРВ, турбину и систему А РЧВ, которые, в случае необходимости, могут быть подключены к синхронной машине. Эти системы управления не включены непосредственно в блок машины, они используются как внешние блоки. Необходимо отметить, что можно использовать как стандартные модели указанных регуляторов и блоков, представленные в PSCAD, так и собственные модели, которые легко могут быть собраны в программе с помощью простейших элементов. Параметры систем возбуждения вместе с АРВ могут быть свободно выбраны и отрегулированы пользователем.

IEEE классифицирует системы возбуждения следующим образом [7]:

1) Системы возбуждения, в которых источником энергии является генератор постоянного тока (возбудитель).

2) Системы возбуждения, в которых источником энергии является генератор переменного тока (возбудитель); переменный ток этого генератора преобразуется в постоянный ток с помощью полупроводниковых управляемых или неуправляемых выпрямителей.

3) Системы возбуждения, в которых используется энергия самой возбуждаемой машины (самовозбуждение); эта энергия преобразуется с помощью специальных трансформаторов и полупроводниковых выпрямителей.

В PSCAD представлены модели систем возбуждения, относящиеся к любой из этих трех категорий. Они обозначаются буквами DC, AC и ST соответственно.

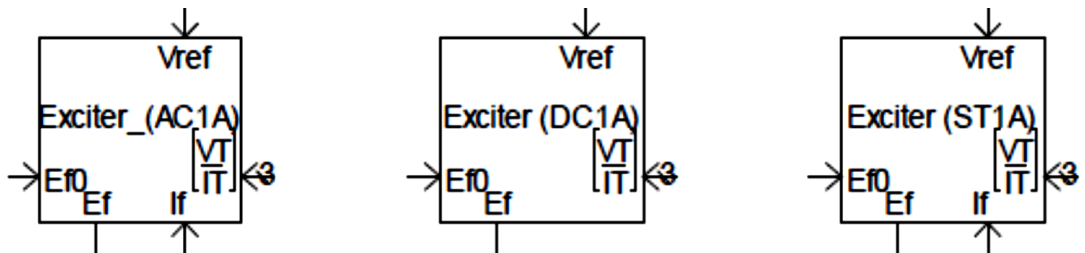


Рис.1. Внешний вид моделей систем возбуждения вместе с АРВ в PSCAD.

Турбины и автоматические регуляторы частоты вращения (АРЧВ) в PSCAD представлены моделями паровых турбин и гидротурбин и моделями соответствующих регуляторов.

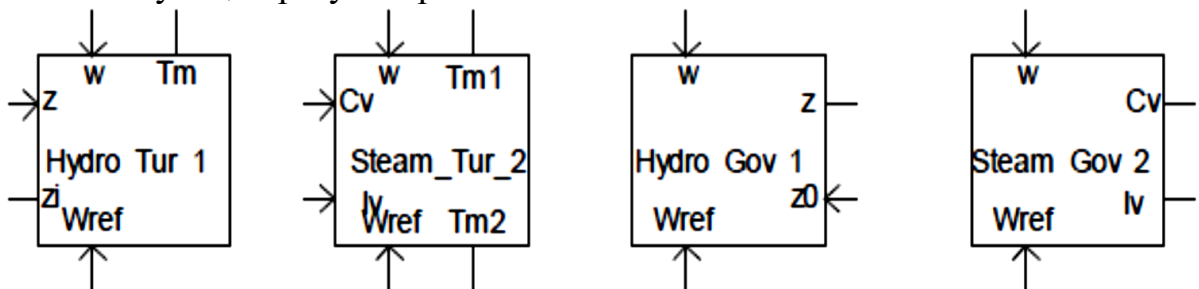
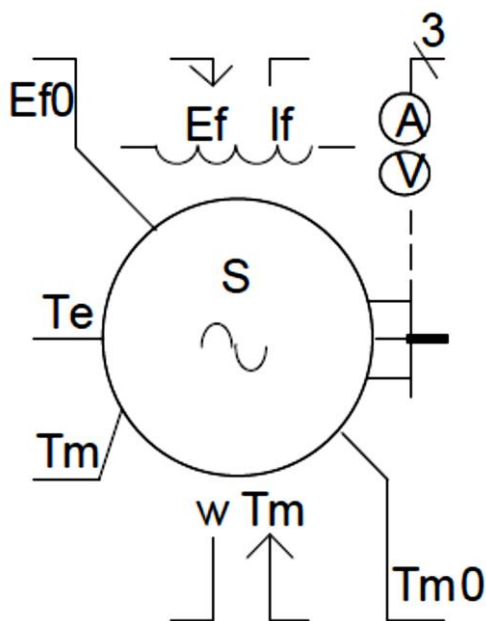


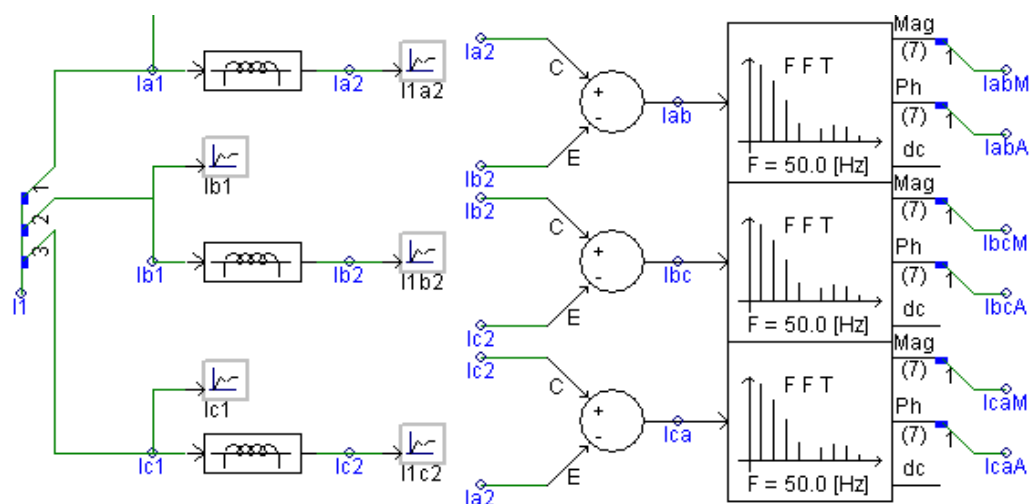
Рис.2. Внешний вид моделей систем возбуждения вместе с АРВ в PSCAD.



Входы
Механический момент турбины (Тм)
напряжение обмотки возбуждения (Ef)
Выходы
механический и электромагнитный моменты (Тм и Те)
ток возбуждения (If)
инициализирующие напряжение возбуждения и механический момент (Ef0 и Тm0)
угловая частота (скорость) вращения (w)

Рис. 3. Компонент синхронной машины в PSCAD

Дополнительные элементы создания моделей устройств защиты и управления представлены на рис 4.

Рис.4. Алгоритм формирования тока I_{AB} , I_{BC} и I_{CA}

Выводы

Можно сделать следующие выводы по результатам работы в данной работе:

– данный программный комплекс удобен в использовании и позволяют инженеру или студенту проводить нужные расчеты, открывают широкие возможности для анализа режимов работы ЭЭС.

– существует потребность в работах, имеющих методическую направленность, которые позволят пользователям сделать выводы о возможностях программы и разобраться с конкретной задачей

Литература

1. EMTDC Transient Analysis for PSCAD Power System Simulation: User's Guide v4.5 . –Winnipeg, Canada, Manitoba-HVDC Research Centre.
2. PSCAD On-line Help System (Встроенная справка PSCAD).

Сведения об авторах:

Абдуллоев Лутфулло Шамсуллоевич – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Окилов Амирчон Саидмуродович – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика.

Чамшедзода Хуршед Чамшед – 1994 г.р., магистрант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем», ТТУ им. акад. М.С. Осими, область научной работы – релейная защита и автоматика систем электроснабжения.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Амирджони С., Рахимов Ф.М., Мирзоев А.И.
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)
E – mail: rm-firdavs@mail.ru

***Аннотация.** В работе представлено общая информация об проблемах управлении ветровых энергетических установок. Отмечены основные виды систем управления ветрогенераторов. Также рассмотрены вопросы математического моделирования угла атаки лопасти для достижения управления момента.*

***Ключевые слова:** ветроэнергетическая установка, система управления, угол атаки, ветрогенератор, модель*

WIND PLANTS CONTROL SYSTEM

***Annotation.** The paper presents general information about the problems of managing wind power plants. The main types of control systems for wind turbines are noted. The issues of mathematical modeling of the angle of attack of the blade to achieve moment control are also considered.*

***Keywords:** wind power plant, control system, angle of attack, wind generator, model*

Введение

В настоящее время используется широкий спектр технологий ветровых турбин. Эти технологии различаются по стоимости, сложности, эффективности извлечения ветровой энергии, а также по оборудованию.

Для повышения эффективности работы ветрогенератора и повышения устойчивости систем необходима разработка системы управления ветрогенераторами. Для этого, систем управления ветрогенератором исследовано. Общей целью данной работы является оптимизация электромеханического преобразования энергии ветротурбин, а также разработка соответствующих стратегий управления.

Ветрогенератор является механическим устройством, специально разработанным для преобразования части кинетической энергии ветра в полезную механическую энергию. За прошедшие времена было разработано несколько конструкций. Большинство из них состоит из ротора, который вращается вокруг своей оси под действием подъемной силы или силы сопротивления, возникающей в результате взаимодействия с ветром. В зависимости от положения вала ротора ветрогенераторы делятся на вертикально-осевые и горизонтально-осевые. Каждый тип имеет свои достоинства и недостатки.

Современные ветрогенераторы производят электроэнергию высокого качества с частотой, соответствующей частоте сети, и могут непрерывно работать без постоянного присутствия персонала и с низким уровнем технического обслуживания в течение 20 лет и более, обеспечивая ресурс в 120000 часов работы.

«Важнейшим элементом ветрогенераторов является система управления мощностью, определяющая конструктивные особенности ветрогенератора и системы автоматизации. Имеется два принципиально разных метода.

Первый - регулирование мощности путем изменения угла между лопастью и потоком встречного воздуха ("угол атаки - т.е. питч (pitch) - регулирование") Эффективность и надежность этой системы зависит от надежности гидравлической и механической систем поворота лопастей.

Второй способ - когда профиль лопастей не одинаков по всей длине. Затем при одной и той же скорости ветра разные части работают с разной эффективностью. При определенной скорости ветра для каждой секции происходит срыв потока. Этот метод называется "стол (stall)-регулирование". Система управления таких ветрогенераторов упрощена, но эффективность использования энергии ветра зависит от тщательного расчета профиля.

Система управления ветрогенератором. Необходимость управления возникла еще на заре создания ветрогенераторов. Основными целями управления были ограничение мощности и скорости до некоторых заданных значений для предотвращения небезопасной работы ветрогенератора в условиях сильного ветра.

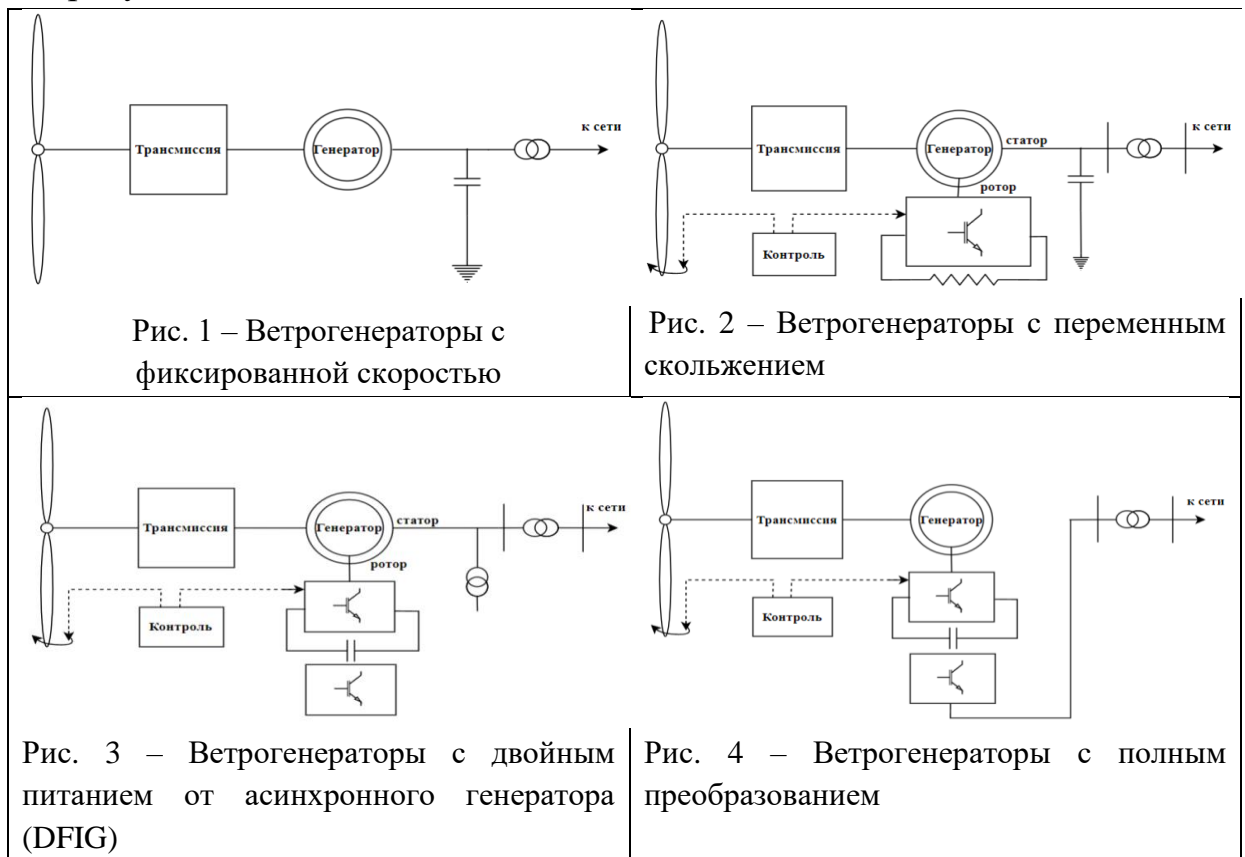
Разработка системы управления ветрогенератором может быть разделена на несколько этапов. Первая задача заключается в четком определении целей управления. Второй задачей является выбор подходящей стратегии управления, определяющей рабочую точку ветрогенератора для каждой скорости ветра. Третья задача решает, как будет реализована стратегия управления. Она включает в себя выбор схем управления, управляемых переменных, опорных сигналов, процедуры переключения между различными контроллерами и т.д.

Классификация системы управления ветрогенераторов. Ветрогенераторы были классифицированы на четыре основных типа [1]:

- Ветрогенераторы с фиксированной скоростью (рисунок 1).
- Ветрогенераторы с переменным скольжением (рисунок 2).
- Ветрогенераторы с двойным питанием от асинхронного генератора (DFIG) (рисунок 3).
- Ветрогенераторы с полным преобразованием (рисунок 4).

Ветрогенератор с фиксированной скоростью и фиксированным углом атаки (FS-FP) является конфигурацией, где улучшить эффективность с помощью активного управления невозможно. В этой конструкции электрогенератор турбины напрямую связан с электросетью, в результате чего частота вращения электрогенератора фиксируется в зависимости от частоты электросети и фиксирует скорость вращения. Эти турбины регулируются с помощью пассивных методов срыва при высоких скоростях ветра. Выбор передаточного числа редуктора становится важным для такого пассивного регулирования, поскольку он гарантирует, что номинальная мощность не будет превышена.

Блок – схема этих типов ветрогенераторов представлена на следующих рисунках:



Ветрогенератор с фиксированной скоростью и переменным углом атаки (FS-VP) работает при фиксированном угле атаки при скорости ветра ниже номинальной и постоянно регулирует угол выше номинальной скорости ветра. Для пояснения, работа с фиксированной скоростью означает максимальную выходную мощность при одной скорости ветра. Для ограничения мощности в этой конфигурации можно использовать оба метода управления «pitch-to-feather» и «pitch-to-stall».

Ветрогенератор с переменной скоростью и фиксированным углом атаки (VS-FP) постоянно регулирует скорость ротора в соответствии с изменением

скорости ветра с помощью силовой электроники, управляющей синхронной скоростью электрогенератора. Этот тип управления предполагает, что электрогенератор находится в сети, так что ротор электрогенератора и приводной механизм могут вращаться независимо от частоты сети.

Ветрогенератор с переменной скоростью и переменным углом атаки (VS-VP) является деривацией VS-FP и FS-VP. При работе ниже номинальной скорости ветра переменная скорость и фиксированный угол атаки используются для максимального получения энергии и повышения качества электроэнергии. При работе выше номинальной скорости ветра фиксированная скорость и переменный угол атаки позволяют эффективно регулировать мощность при номинальной мощности. Кривая мощность по скорости ветра анализирована, характеристики методы показаны, что:

- в районах с низкой скоростью ветра, когда скорость ветра увеличивается, генерирующая мощность увеличивается и всегда ниже рабочей мощности;
- когда скорость ветра достигает рабочей скорости ветра, если скорость ветра увеличивается, генерирующая мощность не изменяется;
- когда скорость ветра превышает рабочий диапазон скоростей ветра, мощность равна 0.

Управление углом атаки обычно предпочтительно в средних и больших ветрогенераторах. Первые контролеры ветрогенераторов полагались на постепенное изменение угла атаки. Привод состоял из противовесов, обеспечивающих вращение лопастей вокруг их продольных осей. По мере увеличения размеров турбины эти рудиментарные механизмы были заменены гидравлическими или электромеханическими устройствами. Более высокая гибкость этих устройств позволила реализовать эффективные и надежные стратегии управления для ограничения мощности или скорости.

Привод угла атаки представляет собой нелинейный сервопривод, который обычно вращает все лопасти - или их часть - в один момент. В закрытой цикле привод угла атаки может быть смоделирован как динамическая система первого порядка с насыщением амплитуды и производной выходного сигнала. На рисунке 5 показана блок-схема модели привода первого порядка. Динамическое движение привода угла атаки, работающего в линейной области, описывается дифференциальным уравнением 1.

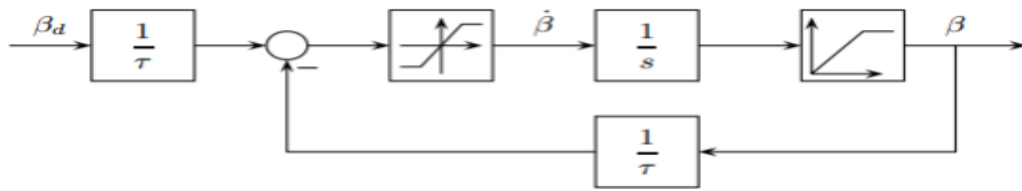


Рис. 5 – Модель привод угла атаки

$$\dot{\beta} = -\frac{1}{\tau} \beta + \frac{1}{\tau} \beta_d \quad (1)$$

где β и β_d – фактический и желаемый угол атаки, соответственно. Обычно β находится в диапазоне от -2° до 30° и изменяется с максимальной скоростью $\pm 10^\circ / \text{с}$.

Регулирование мощности может потребовать быстрой и большой коррекции угла атаки.

Таким образом, ограничения на скорость изменения и амплитуду угла атаки оказывают большое влияние на характеристики регулирования мощности. Для снижения риска усталостных повреждений эти пределы не должны достигаться во время нормальной работы турбины.

Литература

1. Alejandro Rolán, Álvaro Luna, Gerardo Vázquez, Daniel Aguilar, Modeling of Variable Speed Wind Turbine with a Permanent Magnet Synchronous Generator/, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2009. pp. 734-739.
2. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии [Текст]: учеб. пособие / В.В. Елистратов. – СПб.: Изд – во Политехн. ун – та, 2010. – 224 с.
3. Васильев Ю.С. Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирование [Текст]: учебное пособие / Ю.С. Васильев, В.В. Елистратов [и др.]. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 1995.
4. Татевосян, А.А. Экспериментальное исследование низкооборотного магнитоэлектрического генератора [Текст] / А.А. Татевосян, В.С. Мищенко, А.А. Лукачева // Динамика систем, механизмов и машин. – 2017. том.5 №3 – С. 113-117.

Сведения об авторах:

Амирджони С. – студент 4-го курса группы 430105-05А кафедры «ЭС» ТТУ имени академика М.С. Осими.

Рахимов Ф.М. – ассистент кафедры «Электрические станции», ТТУ имени академика М.С. Осими.

Мирзоев А.И. – магистрант 2-го курса группы 430101Б кафедры «ЭС» ТТУ имени академика М.С. Осими.

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ УДАЛЕННАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ЧАСТЕЙ АКТИВНОЙ СЕТИ БЕЗ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

¹Гуломзода А.Х., ² Гуломзода К.Х., ²Гуломов А.Х.

¹Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск, Россия

²Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими,

г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: anvar_4301@mail.ru

Аннотация. В настоящее время широкое использование источников малой генерации постепенно приводит к децентрализованному электроснабжению потребителей в существующих пассивных распределительных сетях. Такой переход становится основой возникновения концепции активных электрических сетей с распределенной малой генерацией, на базе которой создаются Mini- и MicroGrid, являющиеся интеллектуальными автоматизированными системами электроснабжения. В работе рассматриваются теоретические аспекты способа, позволяющий без средств передачи данных синхронизировать части активной сети, в том числе MicroGrid, на параметрах, значительно отличающихся от номинальных.

Ключевые слова: Удаленная активная синхронизация, малая распределенная генерация, MicroGrid, сканирование условий синхронизации, гармонизация режимных параметров, реклоузер.

DECENTRALIZED REMOTE SYNCHRONIZATION OF PARTS OF AN ACTIVE NETWORK WITHOUT DATA TRANSMISSION

Abstract. At present, the widespread use of small-scale generation sources is gradually leading to decentralized power supply to consumers in existing passive distribution networks. Such a transition becomes the basis for the emergence of the concept of active electrical networks with distributed small generation, on the basis of which Mini- and MicroGrid are created, which are intelligent automated power supply systems. The paper discusses the theoretical aspects of a method that allows, without means of data transmission, to synchronize parts of an active network, including MicroGrid, at parameters that differ significantly from the nominal ones.

Keywords: Remote active synchronization, small distributed generation, MicroGrid, scanning of synchronization conditions, harmonization of regime parameters, recloser.

Как известно, интеллектуальные сети, в частности MicroGrid, могут иметь

как автономный, так и параллельный режимы работы с другими сетями. В аварийных режимах MicroGrid может самостоятельно отделяться от внешней сети и переходить в островной режим. После устранения аварии, в определенных условиях MicroGrid может снова автоматически перейти в режим параллельной работы с внешней сетью.

Следует отметить, что вопросу синхронизации MicroGrid посвящено множество научных исследований. Данная тематика очень распространена и глубоко исследуется в кругах ученых как Европейских, так и Азиатских стран [1–3].

Существующие способы относятся к синхронизации MicroGrid с мощной внешней сетью централизованного энергоснабжения, где частота в системе удерживается с высокой точностью [4], однако MicroGrid могут работать и в составе сетей малой мощности, где частота в нормальных режимах на уровне номинальной удерживается значительно хуже (например, с отклонением 2–4%). Следовательно, в таких случаях, осуществление способа пассивной синхронизации частей сети становится невозможной.

Предлагаемый способ управления процессом синхронизации. Для решения рассмотренной задачи предложен специальный способ децентрализованной активной синхронизации аварийно или противоаварийно разделившихся частей сети – способ удаленной синхронизации и восстановления нормального режима аварийно разделенной электрической сети с генераторами [5,6]. Назначением способа является автоматическая синхронизация на параметрах сети со значительными отклонениями, и восстановление нормального режима параллельной работы разделившихся частей электрической сети на удаленных коммутационных аппаратах без использования передачи данных и команд телеуправления ими.

Работу способа рассмотрим на примере схемы электрической сети с двумя MicroGrid, работающими параллельно с внешней электрической сетью, в которой после ее аварийного разделения осуществляется удаленная синхронизация разделившихся частей (рис. 1).

В состав внешней сети входят (часть, выделенная фиолетовым цветом) нагрузки Н1, Н2 питание которых осуществляется со стороны сборной шины 6–10 кВ через головной выключатель В1. MicroGrid-1 (часть, выделенная зеленым цветом) состоит из нагрузки Н3 и станции с двумя генераторами Г1, Г2, и блока управления генерацией БУ1. В MicroGrid-2 (часть, выделенная оранжевым цветом) входят нагрузка Н4 и станция с двумя генераторами Г3, Г4, и блок управления генерацией БУ2.

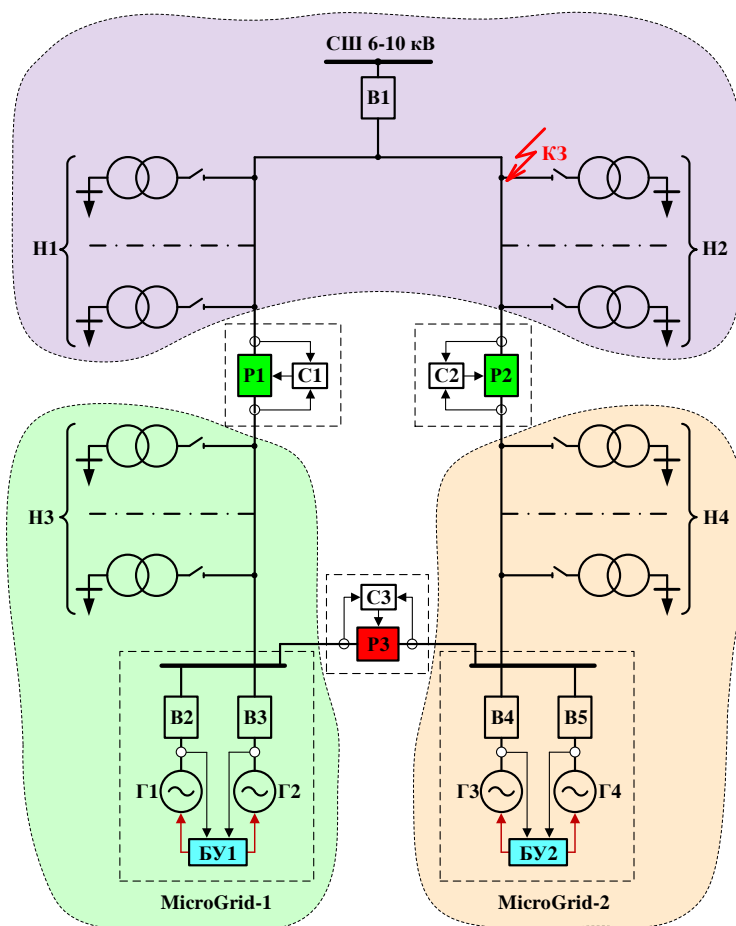


Рис. 1. Пример схемы электрической сети, содержащей две MicroGrid

Реклоузеры P1, P2, P3 с блоками улавливания синхронизма (C1, C2, C3) используются для разделения и синхронизации частей сети.

Допустим, что MicroGrid-1 и MicroGrid-2 изначально работают параллельно с внешней электрической сетью (при отключенном P3). При возникновении аварийного возмущения, например, при КЗ на фидере нагрузки H2, срабатывает быстродействующая защита с отключением реклоузеров P1, P2 и разделением сети, последующим срабатыванием защиты и отключением выключателя В1.

При аварийном разделении сети в послеаварийном режиме одну (MicroGrid-1) из частей представим несбалансированной (по активной мощности) т.к. в ней будет исчерпана возможность регулирования частоты или напряжения, и соответствующие параметры будут иметь значительные, но допустимые для послеаварийного режима отклонения от номинальных.

Для восстановления целостности разделившихся частей сети (объединения на параллельную работу MicroGrid-1 и MicroGrid-2 через P3) запускается режим «сканирования» выполнения условий синхронизации на удаленных коммутационных аппаратах с согласованным управлением частотой и напряжением (гармонизацией), осуществляемым путем вторичного

регулирования частоты и напряжения блоками БУ1 и БУ2.

Гармонизация – это процесс в котором при помощи системы управления частота и напряжение приравниваются между собой в относительных единицах относительно номинального значения (рис. 2).

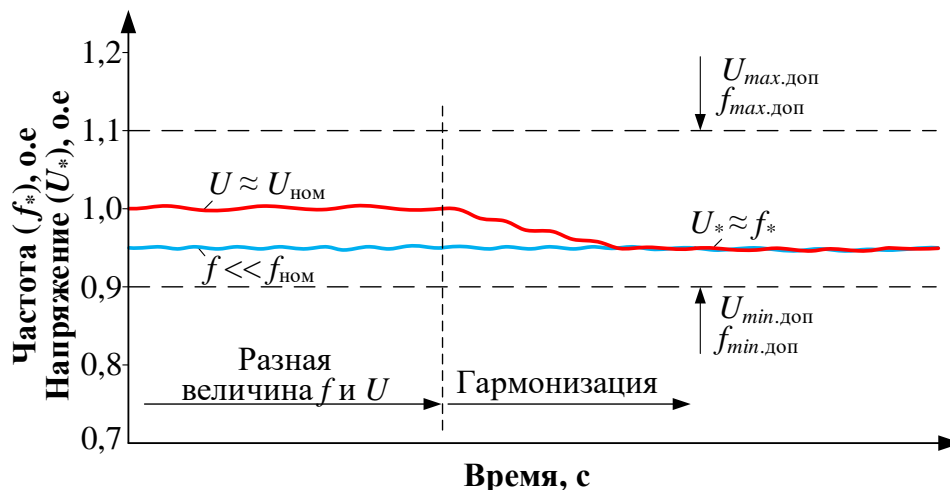


Рис. 2. Характерный график гармонизации напряжения с частотой

Под сканированием понимается осуществление вторичного согласованного низкочастотного изменения гармонизированных частоты и напряжения в пределах допустимых диапазонов их отклонений (рис. 3).

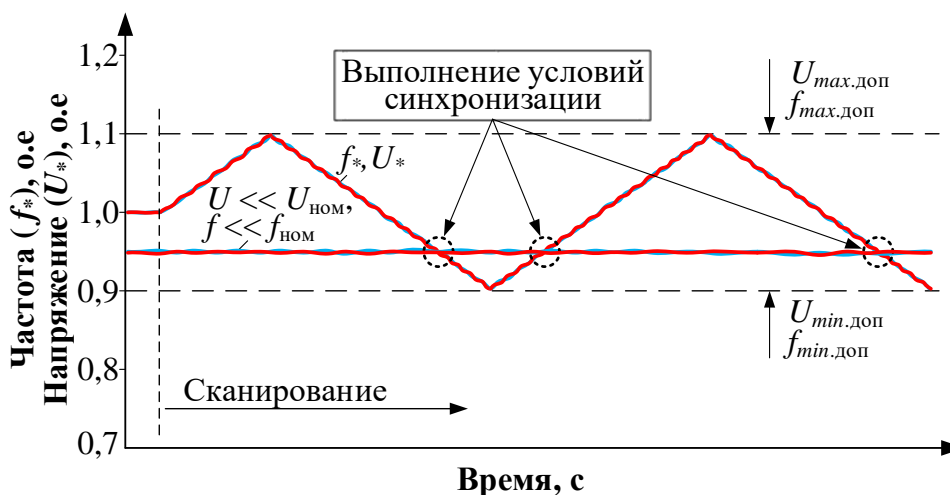


Рис. 3. Характерный график сканирования условий синхронизации

Как было отмечено выше, поскольку MicroGrid-1 не сбалансирована и ее режимные параметры, в частности частота, ввиду невозможности ее регулирования зависла на повышенном уровне, то блоком управления БУ1 осуществляется соответствующее отклонению частоты от номинального значения повышение напряжения.

Гармонизированное сканирующее изменение напряжения и частоты в MicroGrid-2 и гармонизированные постоянная частота и напряжения в

MicroGrid-1 приводят на реклоузере РЗ к выполнению условий для срабатывания его блока улавливания синхронизма (СЗ) с включением на параллельную работу MicroGrid-1 и MicroGrid-2 (рис. 4).

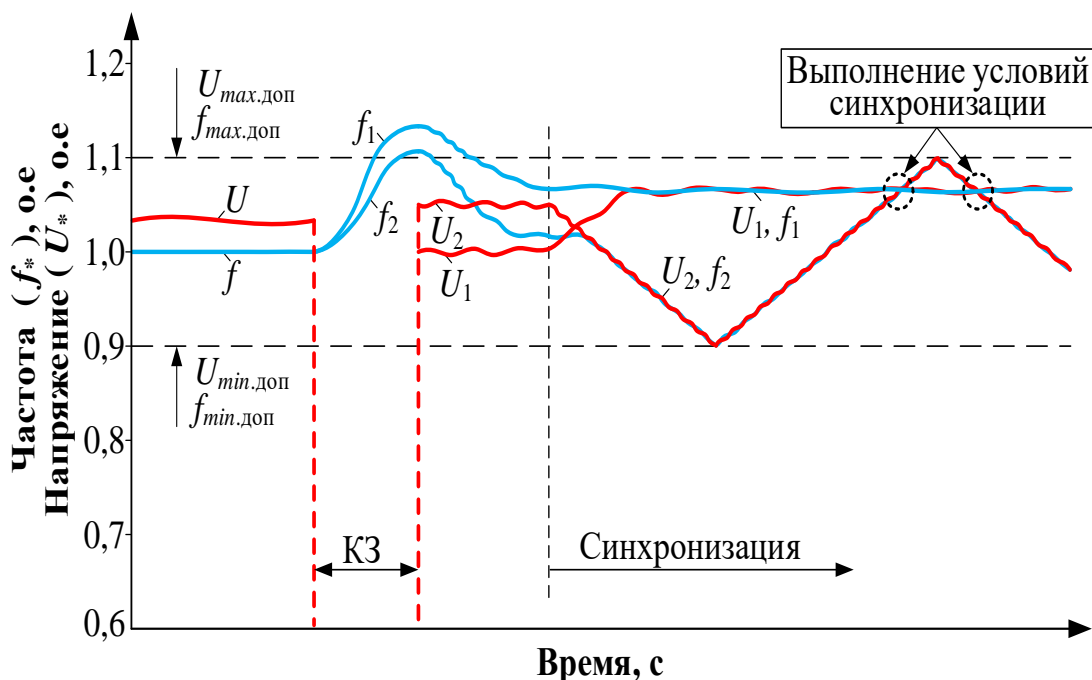


Рис. 4. График процесса активной синхронизации MicroGrid-2 с MicroGrid-1 путем осуществления низкочастотного регулирования частоты и напряжения на генераторах

По факту смены реакции MicroGrid-1 и MicroGrid-2 (изменение режимных параметров) идентифицируется восстановление их параллельной работы, прекращается низкочастотное периодическое вторичное регулирование частоты и напряжения.

Таким образом, в данном способе блоки управления коммутационных аппаратов, регуляторы генераторов частей электрической сети не взаимодействуют между собой, но совместно выполняют децентрализованную активную синхронизацию.

Заключение

Подробно рассмотрен способ децентрализованной синхронизации, обеспечивающий безопасную синхронизацию, и позволяющий успешно синхронизировать разделенные активные части сети с разными режимными параметрами. Способ предполагает синхронизацию и подключение активных частей сети между собой или же с сетью большой мощности на удаленных коммутационных аппаратах без использования передачи данных и команд телеуправления ими.

Список литературы

1. Litwin, M. Gopakumar K. Remote Micro-Grid Synchronization Without Measurements at the Point of Common Coupling / M. Litwin, D. Zielinski // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 212753–212764.
2. VSC-Based Active Synchronizer for Generators / S. Shah, H. Sun, D. Nikovski, J. Zhang // IEEE Trans. Energy Convers. – 2018. – Vol. 33, iss. 1. – P. 116–125.
3. Active Synchronizing Control of a Microgrid / C. Cho, J. Jeon, J. Kim [et al.] // IEEE Trans. Power Electron. – 2011. – Vol. 26, iss. 12. – P. 3707–3719.
4. СТО 59012820.27.100.003-2012. Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС России. Нормы и требования. – Москва: ОАО СО ЕЭС, 2012. – 28 с.
5. Патент RU 2752693. Способ удаленной синхронизации и восстановления нормального режима аварийно разделенной электрической сети с генераторами / А.Г. Фишов, А.Х. Гуломзода. – заявл. 28.09.2020; опубл. 30.07.2021; Бюл. № 22. – 10 с.
6. Гуломзода А.Х. Новые технологии управления синхронизацией и восстановлением нормального режима электрических сетей с распределенной малой генерацией: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Гуломзода Анвари Хикмат. – Новосибирск, 2022. – 186 с.

Сведения об авторах

А.Х. Гуломзода – ассистент кафедры автоматизированных электроэнергетических систем, Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск

К.Х. Гуломзода – к.т.н., старший преподаватель кафедры автоматизированного электропривода и электрических машин Таджикского технического университета имени М. С. Осими, г. Душанбе

А.Х. Гуломов – студент 3 курса группы 430101 Б кафедры электрические станции Таджикского технического университета имени М. С. Осими, г. Душанбе

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПОНЕНТА УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ ПУТЁМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мирзозода Б.М., Ибрагимов Б.Ф.

ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

Email: ibf-95@mail.ru

Аннотация. В статье кратко рассмотрены вопросы математического моделирования, верификация программного компонента АЧР, практические примеры испытаний микропроцессорных защит и их моделей с помощью испытательных установок и компьютерных программных комплексов.

В симуляторе PSCAD был реализован модель энергосистемы и разработан компонент автоматической частотной разгрузки (АЧР). В результате использования упомянутой модели формируются цифровые сигналы, необходимые для проверки устройств АЧР. Эти сигналы записываются в формате COMTRADE-файла. В качестве преобразующего устройство использован современный прибор типа RETOM-61 и микропроцессорный терминал типа MiCOM P139.

Ключевые слова: Микропроцессорный терминал, моделирование, RETOM-61, COMTRADE-файл, автоматическое ограничение снижения частоты, PSCAD

VERIFICATION OF THE SOFTWARE COMPONENT UNDER FREQUENCY LOAD SHEDDING DEVICE BY EXPERIMENTAL SIMULATION

Annotation. The article briefly discusses the issues of mathematical modeling, verification of the software component of the UFLS, practical test methods for microprocessor protections and their models using test facilities and computer software systems.

In the PSCAD simulator, a power system model was implemented and an underfrequency load shedding (UFLS) component was developed. As a result of using the above model, digital signals are generated that are necessary for testing UFLS devices. These signals are recorded in the COMTRADE file format. A modern device of the RETOM-61 type and a microprocessor terminal of the MiCOM P139 type were used as a converting device.

Keywords: Microprocessor terminal, simulation, RETOM-61, COMTRADE-file, automatic frequency reduction limitation, PSCAD

Введение

Для исследования динамических режимов функционирования устройств релейной защиты (УРЗ) обычно применяется математическое или физическое имитационное моделирование.

Возможности применения математического моделирования во многих случаях ограничены из-за трудностей или невозможности создания достаточно точных математических моделей исследуемых устройств защиты. Поэтому при исследовании динамических режимов функционирования УРЗ на различной элементной базе, на наш взгляд, более эффективен метод физического моделирования, при котором на входы реального исполнения исследуемого устройства защиты подаются токи и напряжения, сформированные на физической модели исследуемого электроэнергетических объектах.

Таким образом, для исследования динамических режимов функционирования системы АЧР электрических сетей, на наш взгляд, наиболее эффективно применение метода имитационного физико-математического моделирования с применением программно-аппаратного комплекса типа РЕТОМ. На базе симулятора PSCAD могут быть созданы стенды для изучения устройств РЗА, принцип работы которых поясняется на рис. 1. [1; 2].

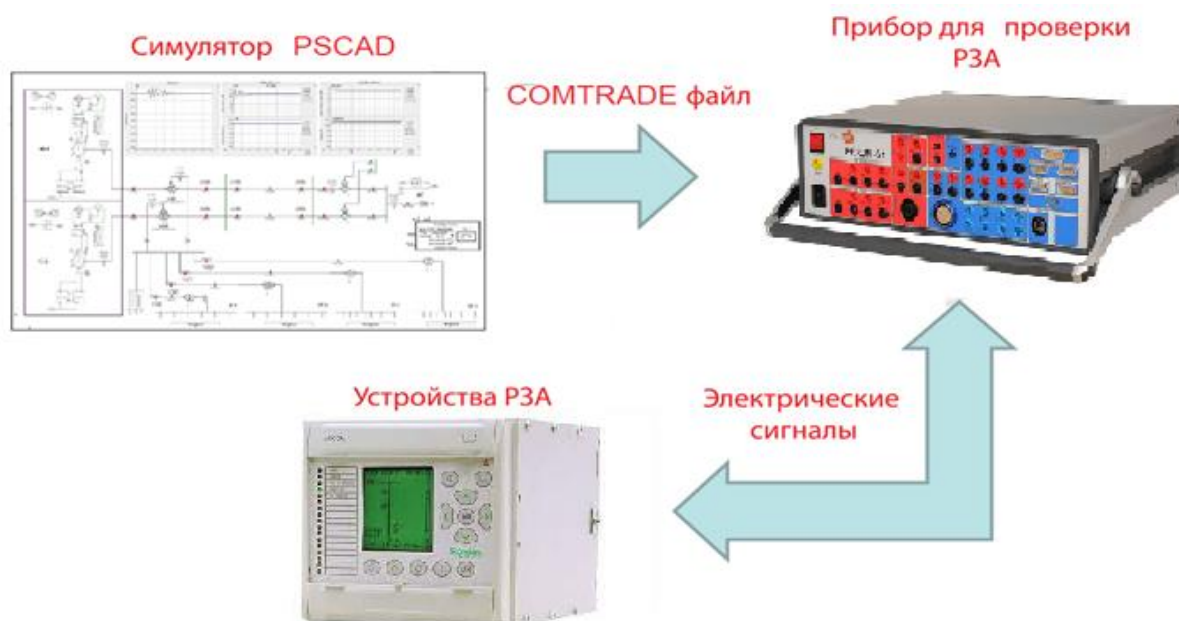


Рис. 1. Упрощенная функциональная схема установки для изучения устройств РЗА

Верификация программного компонента устройство АЧР путем экспериментального моделирования

Используемая программная модель [3] состоит из системы, в состав которой входят две электростанции (ЭС1 и ЭС2), нагрузки, получает недостающую мощность от энергосистемы ЭЭС. Для получения более достоверных результатов в модели также предусмотрена двигательная нагрузка.

Для разработки компонента АЧР были учтены принципы управления энергосистемы при аварийном снижении частоты. В статье [4] был рассмотрен

более подробно создание нового компонента (рис.2), который состоит из АЧР-1, АЧР-2 и частотного АПВ в симуляторе PSCAD.

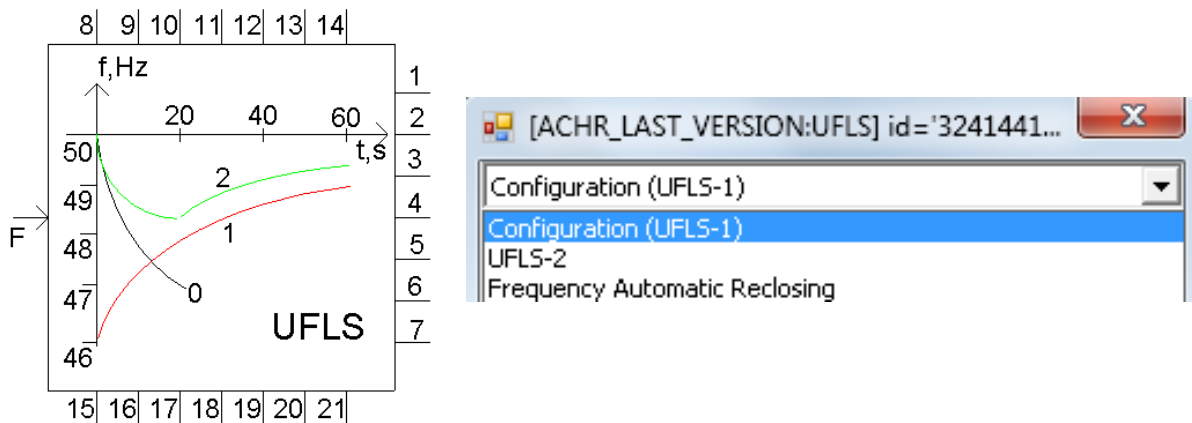


Рис. 2. Компонент АЧР и его выходные параметры

В данной работе были сняты осциллограммы напряжения и частоты при заданных режимах работы сети рис.3 [5].

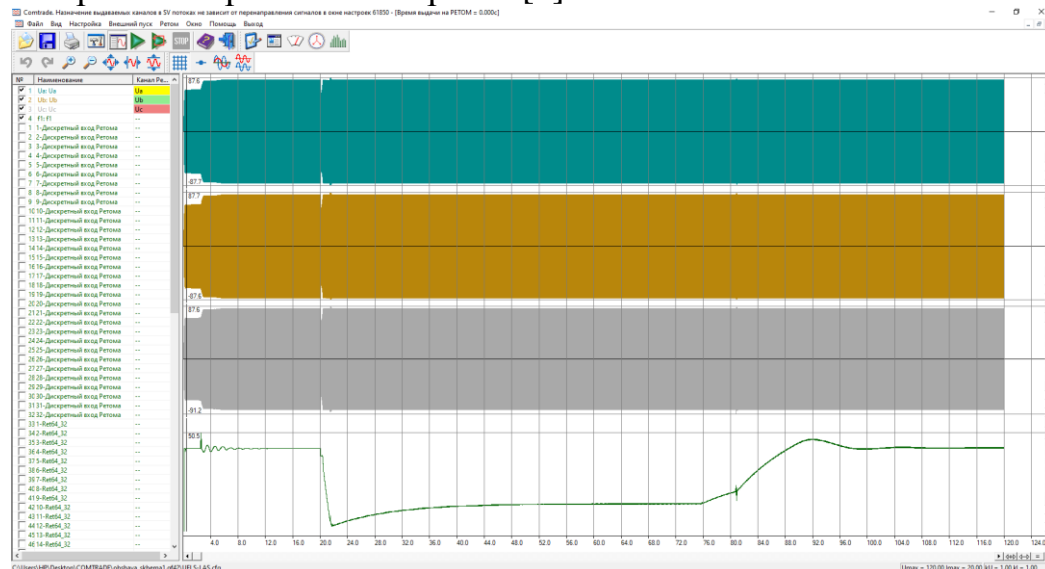
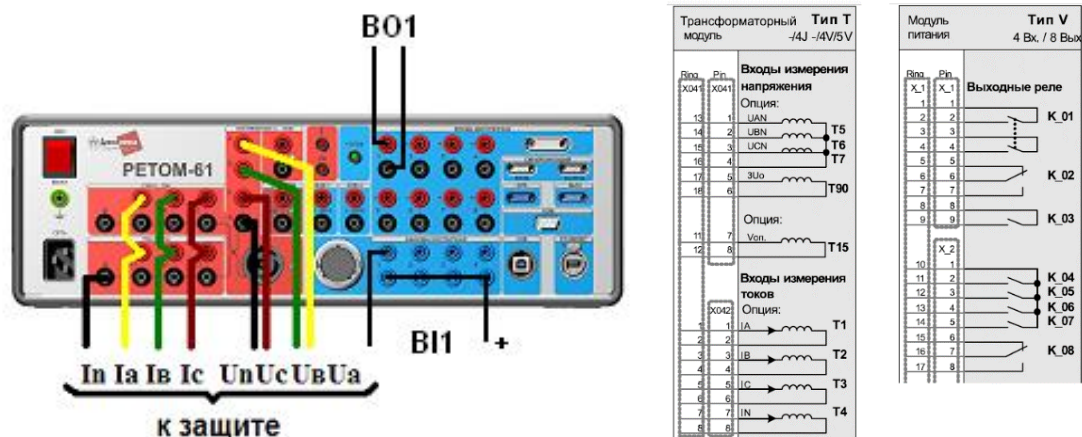


Рис. 3. Запуск Comtrade-файла текущего проекта, где показаны вторичные напряжения всех трех фаз и частота сети

После снятия осциллограммы напряжения и частоты подключили РЕТОМ-61 к микропроцессорному терминалу MiCOM P139 (рис. 4).



испытательной установки РЕТОМ-61, что позволяет в несколько раз сократить трудоёмкость испытаний и количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Литература

1. Применение ЭВМ для автоматизации технологических процессов в энергетике / М. А. Беркович, Г. А. Дорошенко, У. К. Курбангалиев и др.; Под ред. В. А. Семенова,— М.: Энергоатомиздат, 1983.

2. Hans-Kristian Ringkjøb, Peter M. Naugan, Ida Marie Solbrekke. “A review of modeling tools for energy and electricity systems with large shares of variable renewables” Renewable and Sustainable Energy Reviews. 96 (2018) 440–459.

3. Арцишевский Я.Л., Гиёев Б.М. Эффективность автоматической частотной разгрузки с передачей команд на отключение электроприемников 0,4 кВ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 6. С. 37-44.

4. Разработка программного компонента АЧР среды вычислительного комплекса PSCAD / Б. М. Гиёев, Б. Ф. Ибрагимов., Научно-практическое издание релейная защита и автоматизация. УДК:621.316

5. PSCAD User’s Guide Ver.4.6, Manitoba HVDC Research Centre, 2017. URL: <https://hvdc.ca/>.

Сведения об авторах:

Мирзозода Б.М. – к.т.н., доцент кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

Ибрагимов Б.Ф. – PhD-докторант кафедры «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ОАПВ В СХЕМАХ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ШУНТИРУЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ НА ВЛ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПОЛУФАЗАМИ

¹Махмудов К.А., ²Шофайзов М.Ф.

¹НГТУ, г. Новосибирск, Россия

²ТТУ имени академика М.С. Осими,
г. Душанбе

E-mail: mahmudovkaromat@gmail.com

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы расчета вторичных токов дуги при осуществлении ОАПВ в схемах с управляемыми шунтирующими реакторами для ликвидации неустойчивых однофазных повреждений в линиях сверхвысокого напряжения 500 кВ с параллельными полуфазами. Приводятся зависимости времени гашения дуги подпитки и рекомендуемой в литературе бестоковой паузы ОАПВ от амплитуды вынужденной составляющей вторичного тока дуги.

Ключевые слова: Однофазное автоматическое повторное включение, параллельные полуфазы, управляемый шунтирующий реактор, вторичный ток дуги, восстанавливающиеся напряжений, бестоковая пауза.

IMPLEMENTATION OF THE SPhAR IN CIRCUITS WITH CONTROLLED SHUNTING REACTORS ON OHL WITH PARALLEL HALF-PHASES

Abstract. The paper considers the issues of calculating the secondary arc currents in the implementation of SPhAR in circuits with controlled shunt reactors to eliminate unstable single-phase faults in 500 kV extra-high voltage lines with parallel half-phases. Dependences of the quenching time of the make-up arc and the currentless pause of the ARCA recommended in the literature on the amplitude of the forced component of the secondary arc current are given.

Keywords: Single-phase automatic reclosing, parallel half-phases, controlled shunt reactor, secondary arc current, transient recovery voltage, dead time.

Введение

Однофазное автоматическое повторное включение (ОАПВ) линий электропередачи является эффективной мерой повышения надёжности энергоснабжения по одноцепным ВЛ сверхвысокого напряжения (СВН). Поскольку по данным эксплуатационной статистики доля однофазных дуговых замыканий от общего числа КЗ, т.е. замыканий, в которых ОАПВ потенциально может быть успешным, составляет для ВЛ 330 – 750 кВ 65 - 80%, применение ОАПВ способно предотвратить перерыв электроснабжения по ВЛ СВН в большинстве случаев КЗ, особенно по ВЛ высших напряжений [1].

Однофазное автоматическое повторное включение (ОАПВ) разработано

для отключения и повторного включения единственной аварийной фазы [2], [3]. Следовательно, ОАПВ повышает устойчивость и надежность энергосистемы при переходных процессах [4], [5], поскольку здоровые фазы все еще могут использоваться для передачи электроэнергии, а также коммутационные перенапряжения при повторном включении воздействует на изоляцию только одной из трех фаз.

Успешность ликвидации дугowych коротких замыканий в цикле ОАПВ определяются эффективностью применяемых на линии способов снижения вторичных токов дуги и восстанавливаемых напряжений (ВН) в месте горения дуги после её погасания.

Осуществление ОАПВ в электропередачах переменного тока затрудняется наличием подпитки места короткого замыкания со стороны неотключенных фаз. Режимными параметрами, определяющими условия гашения вторичной дуги, являются: вторичный ток дуги (ВТД), протекающей в дуге до её гашения, I_{∂} ; восстанавливаемое напряжение (ВН) в месте ОКЗ после погасания вторичной дуги, $U_{вн}$; скорость восстановления этого напряжения при гашении дуги.

Среднее время горения вторичной дуги в основном зависит от величины установившегося ВТД. Эта зависимость показана на рис.1. Бестоковая пауза ОАПВ должна превышать время гашения дуги на 0,2 сек для обеспечения восстановления электрической прочности канала дуги. Кроме того, пауза не должна быть менее 0,5 сек, так как такое время надо для полной деионизации первоначального мощного канала дуги ОКЗ.

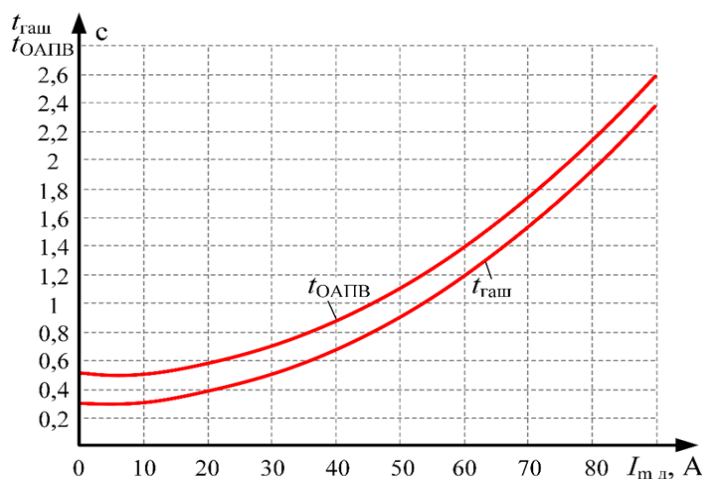


Рис. 1. Зависимость времени гашения дуги подпитки и рекомендуемой бестоковой паузы ОАПВ от амплитуды вынужденной составляющей вторичного тока дуги.

Наибольший эффект дает применение ОАПВ, если длительность паузы не превышает 1,0 сек, для чего требуется ограничение вторичного тока дуги до 45 А (амплитудное значение). При токах дуги более 90 А гашение вторичной дуги становится проблематичным.

Расчетная схема для анализа ВТД и ВН

Режиму ОАПВ в общем случае соответствует расчётная схема на рис.2.1а, которая включает в свой состав участки линии, шунтирующие реакторы (ШР) по концам линии, устройства продольной компенсации (УПК) в средней части рабочих фаз, линейные выключатели и элемент, характеризующий дуговое замыкание. Аварийная ситуация рассматривается по концам линии (на рис.2.1 показана в начале линии), поскольку в этих случаях имеют место наибольшие ВТД. Для согласования трехфазных примыкающих систем с четырехфазной линией используется приведённая схема, показанная на рис.2.1б.

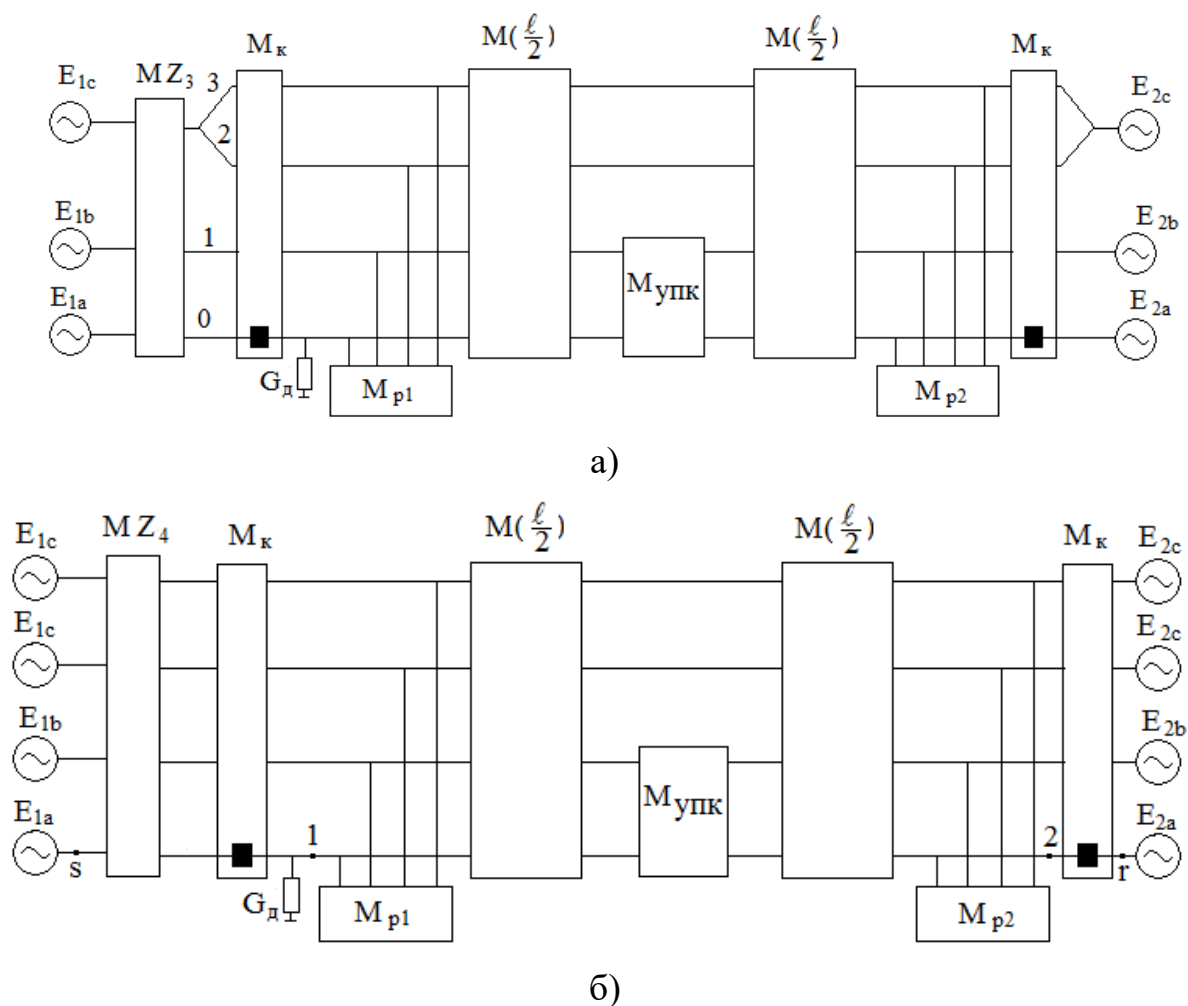


Рис. 2. Расчетная схема для анализа ВТД и ВН: а – исходная схема, моделирующая дугу на фазе “а”; б – приведённая схема.

Алгоритм для определения ВТД строится следующим образом. Сначала определяется полная фазная матрица всей схемы согласно (1), а затем полная фазная матрица участка 1-г (2).

$$\mathbf{M}_{SR} = \mathbf{MZ}_4 \cdot \mathbf{M}_\kappa \cdot \mathbf{M}_\partial \cdot \mathbf{M}_{p1} \cdot \mathbf{M}(\frac{\ell}{2}) \cdot \mathbf{M}_{упк} \cdot \mathbf{M}(\frac{\ell}{2}) \cdot \mathbf{M}_{p2} \cdot \mathbf{M}_\kappa, \quad (1)$$

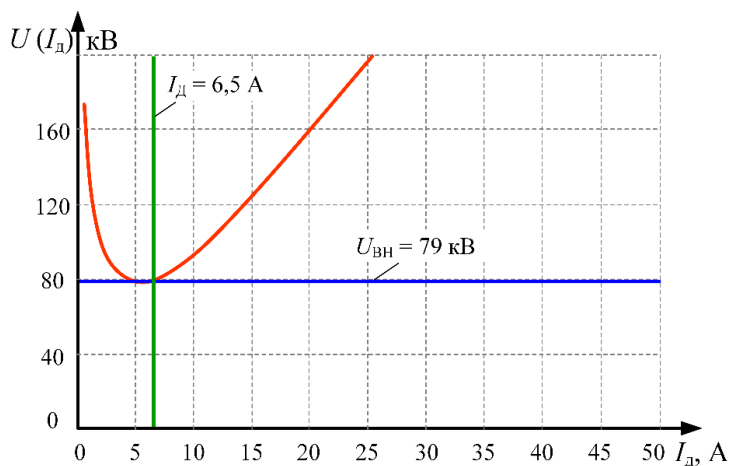
$$\mathbf{M}_{1r} = \mathbf{M}(\frac{\ell}{2}) \cdot \mathbf{M}_{упк} \cdot \mathbf{M}(\frac{\ell}{2}) \cdot \mathbf{M}_{p2} \cdot \mathbf{M}_\kappa. \quad (2)$$

Для расчета вторичных токов дуги в линиях сверхвысокого напряжения

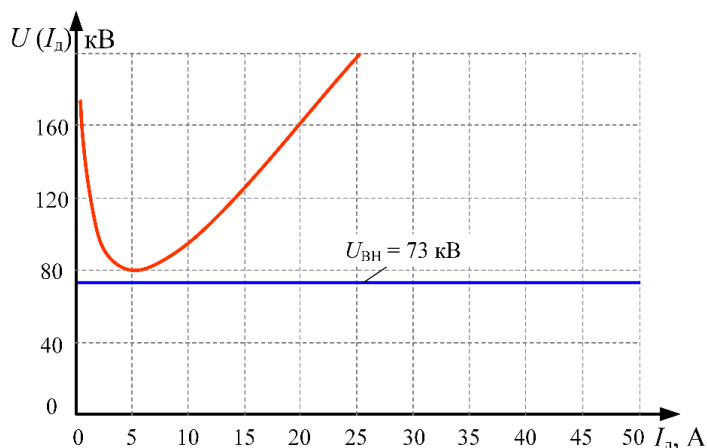
в режиме бестоковой паузы ОАПВ можно воспользоваться следующим нелинейным уравнением (3) и используем графический метод.

$$U_{ВН} = I_{\partial} \sqrt{X_{ВХ}^2 + \left(\frac{A}{I_{\partial}}\right)^2} \quad (3)$$

На рис.3. показано графическое решение нелинейного уравнения, связывающего величины ВН, ВТД, а также параметры схемы. ВТД определяется в точке пересечения правой ветви кривой с величиной ВН. Если ВН не пересекает кривую, то это означает, что ВН недостаточно для поддержания устойчивого горения вторичной дуги.



а)



б)

Рис. 3. Графическое определение ВТД: а-в начале линии; б-в конце линии

После определения амплитудного значения ВТД вычисляем время бестоковой паузы ОАПВ с помощью формулы (4).

$$t_{ОАПВ}(I_{\partial}) = 0,5 - 1,67 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\partial} + 2,78 \cdot 10^{-4} \cdot I_{\partial}^2, \quad (4)$$

Заключение

Как показали расчеты, использование неуправляемых шунтирующих

реакторов, снабженных нейтральным реактором, неэффективно для гашения дуги в паузу ОАПВ длительностью менее 1,0 сек. А применение управляемых шунтирующих реакторов, позволяющих иметь пофазно различные проводимости, обеспечивает успешное гашение дуги в паузу ОАПВ длительностью порядка 0,5 сек в инновационных линиях с параллельными полуфазами.

Список литературы

1. Процессы при однофазном автоматическом повторном включении линий высоких напряжений / под ред. М.Л. Левинштейна. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.
2. An alternative approach to adaptive single pole auto-reclosing in high voltage transmission systems based on variable dead time control / Ahn S, Kim C, Aggarwal RK, Johns AT // IEEE Trans Power Deliver. – 2001. – Vol. 16(4). – P. 676–686.
3. Khodadadi M. Noncommunication adaptive single-pole autoreclosure scheme based on the acusum algorithm. / Khodadadi M, Noori MR, Shahrtash SM. // IEEE Trans Power Deliver. – 2013. – Vol. 28(4). – P. 2526–2533.
4. Zhalefar F. A high-speed adaptive single-phase reclosing technique based on local voltage phasors / Zhalefar F, Dadash Zadeh MR, Sidhu TS // IEEE Trans Power Deliver. – 2015. – Vol. 99.
5. Keyvani B. Stability enhancement of multi-machine systems using adaptive reclosing of transmission lines. / Keyvani B, Karbalaye Zadeh M, Lesani H. // Electr Power Energy Syst. – 2014. – Vol. 62. – P. 391–397.

Сведения об авторах:

Махмудов К.А. – аспирант кафедры автоматизированных электроэнергетических систем Новосибирского государственного технического университета. Основные направления научных исследований: транспорт электроэнергии на дальние расстояния, нетрадиционные способы передачи электроэнергии. E-mail: mahmudovkaromat@gmail.com

Шофайзов М.Ф. – магистрант 1-го курса группы 430101Б, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЧР И САОН ПРИ БОЛЬШИХ ДЕФИЦИТАХ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В МИКРОЭНЕРГОСИСТЕМАХ С МИНИ-ГЭС

Холов Н.Б., Волошин А.А.

Национальный исследовательский университет "МЭИ" Москва, Россия.

E-mail: nozim_kholov@mail.ru

Аннотация. *Исследуется возникновение аварийных дефицитов мощности в микроэнергосистемах с мини-ГЭС при переходе от параллельной работы с электроэнергетической системой (ЭЭС) к автономному режиму. Для качественной оценки и анализа свойств микроэнергосистемы с мини-ГЭС при разных дефицитах мощности в программном комплексе (ПК) PSCAD (Power Systems Computer Aided Design) разработана расчетная модель синхронного генератора (СГ) мини-ГЭС, электрической сети, а также устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР) и специальной автоматики отключения нагрузки (САОН). Результаты моделирования показывают, что в микроэнергосистемах с мини-ГЭС при большом аварийном дефиците мощности снижается эффективность АЧР, так как АЧР не обеспечивает отключение необходимого и достаточного объема электрической нагрузки во время переходного процесса. Поэтому предлагается совместная работы АЧР и САОН для обеспечения устойчивости работы микроэнергосистем с мини-ГЭС в аварийных режимах и для обеспечения надежности электроснабжения потребителей. Выполнена оценка технико-экономического эффекта применения устройств АЧР и САОН в анализируемой микроэнергосистеме с мини-ГЭС. Выявлена необходимость разработки новой системы противоаварийной автоматики, сочетающих функции АЧР и САОН с учетом особенностей района энергоснабжения, с целью получения экономически целесообразного решения.*
Ключевые слова: *Ключевые слова: баланс мощности; противоаварийная автоматика; сброс нагрузки; микроэнергосистема; мини-ГЭС; экономическая эффективность.*

STUDY OF THE EFFICIENCY OF ACHR AND SAON AT A LARGE DEFICIENCY OF ACTIVE POWER IN MICROPOWER SYSTEMS WITH MINI-HPP

Annotation: *The occurrence of emergency power shortages in micro-power systems with mini- HPPs during the transition from parallel operation with an electric power system to an autonomous mode is investigated. For a qualitative assessment and analysis of the properties of a micro-power system with a mini-HPPs at different power shortages in the «Power Systems Computer Aided Design» a calculation model of a synchronous generator of a mini-HPPs, electric power system, as well as of under-frequency load shedding and special automatics switching-off of loading. The simulation results show that in micropower systems with mini-HPPs, with a large emergency power shortage, the efficiency of the under-*

frequency load shedding decreases, since the under-frequency load shedding does not provide the necessary and sufficient amount of electrical load to be turned off during the transient process. Therefore, it is proposed to jointly work with of under-frequency load shedding and special automatics switching-off of loading to ensure the stability of the operation of micro-power systems with mini-HPPs in emergency modes and to ensure the continuity of power supply to consumers of the first category. However, after carrying out an economic calculation, it was found that the introduction of the existing system of under-frequency load shedding and special automatics switching-off of loading in the analyzed micro-energy system does not provide the required technical and economic efficiency. Therefore, it is necessary to refine this type of device, which combines the functions of under-frequency load shedding and special automatics switching-off of loading, taking into account the characteristics of the power supply area in order to obtain an economically viable option for implementation.

Keywords: *power balance; emergency automatics; load shedding; micro-energy system; mini-HPPs; economic efficiency.*

Введение

В крупных энергообъединениях возникновение значительного дефицита мощности и, как следствие, быстрое снижение частоты маловероятно. Однако такие аварийные ситуации в основном характерны для отдельных районов или энергосистем, получающих значительную мощность от энергообъединения по межсистемным линиям связи [1–3]. При отключении этих связей энергосистема становится остродефицитной, и первыми признаками являются падение напряжения и частоты. Учитывая, что падение напряжения также может быть вызвано неисправностями системы, общепризнано, что падение частоты является более надежным признаком потери генерации. Внезапная потеря балансирующей генерации в микроэнергосистемах с собственными генерирующими установками (ГУ), приведет к снижению частоты со скоростью изменения, которая зависит от размера дефицита мощности и постоянной инерции ГУ. Важно отметить, что в микроэнергосистемах возможно возникновение больших дефицитов мощности в отличие от больших энергосистем, так как количество СГ мало, а их мощность сопоставима с суммарной мощностью нагрузки. Также необходимо учитывать, что маломощные СГ имеют малые значения механических постоянных инерции $TJ=3-5с$, по сравнению с СГ средней и большой мощности $TJ=6-11с$ [4], поэтому при небалансах мощности быстрее тормозятся или ускоряются.

Когда возникновение дефицита мощности носит временный характер, сброс нагрузки является одной из недорогих альтернатив строительству новых линий электропередач или новых электростанций, что обеспечивает устойчивость работы как микроэнергосистем с мини-ГЭС, так и непрерывность электроснабжения потребителей. Учитывая вышеперечисленные характеристики, важно отметить, что в

микроэнергосистемах с мини-ГЭС устройства АЧР могут быть неэффективными при аварийном дефиците мощности по нескольким причинам:

- АЧР начинает действовать только после снижения частоты до 48,5 Гц.
- В АЧР существует очереди с выдержкой времени $t = 0,3 - 0,5$ с.
- При большом дефиците активной мощности возникает «лавина частоты» и может повлечь за собой «лавину напряжения», вследствие этого АЧР могут функционировать неэффективно [5–9].

В связи с вышеуказанными причинами неэффективной работы устройства АЧР, появляется необходимость применения АЧР совместно с САОН, что обеспечивает успешное выделение на автономную работу при различных соотношениях генерируемой мощности и мощности нагрузки, с сохранением питания социально значимой нагрузки и потребителей первой категории.

Целью данной работы являлось исследование алгоритма совместной работы устройств АЧР и САОН в микроэнергосистемах с мини-ГЭС при аварийном дефиците активной мощности, а также оценка показателей экономической эффективности внедрения устройств АЧР и САОН в микроэнергосистемах с мини-ГЭС.

Описание расчетной модели мини-ГЭС с ЭЭС в ПК PSCAD

Для достижения поставленной цели была разработана расчетная модель микроэнергосистемы с мини-ГЭС на основе элементов в том числе макромоделей ПК PSCAD [9,10]. Исследуемая модель микроэнергосистемы с мини-ГЭС (рис. 1) содержит в себе мини-ГЭС с маломощным синхронным генератором СГ1 – СГ2, трансформаторы Т1 – Т6, линии электропередачи TLine_1 – TLine_2, коммутационные аппараты и эквивалентный источник питания. Мини-ГЭС подключается к шинам распределительного устройства 35кВ через повышающие силовые трансформаторы Т1 и Т2. По воздушной линии электропередач TLine_1 обеспечивается параллельная синхронная работа с ЭЭС, а также TLine_1 служит для резервирования и поддержания баланса мощности в часы максимума нагрузки. TLine_2 подключена к местным нагрузкам. Локальная нагрузка распределена на четыре подстанции и каждая из них имеет по 6 фидер, в которых имеется один не отключаемый потребитель при действиях АЧР и САОН т.е. этим сохраняется питание потребителей первой категории. Высоковольтные выключатели ВРК в данной схеме предназначены для осуществления подключения мини-ГЭС к ЭЭС, а также для коммутации при плановых или оперативных включениях и отключениях отдельных частей систем при работах АЧР и САОН в нормальных или аварийных режимах.,

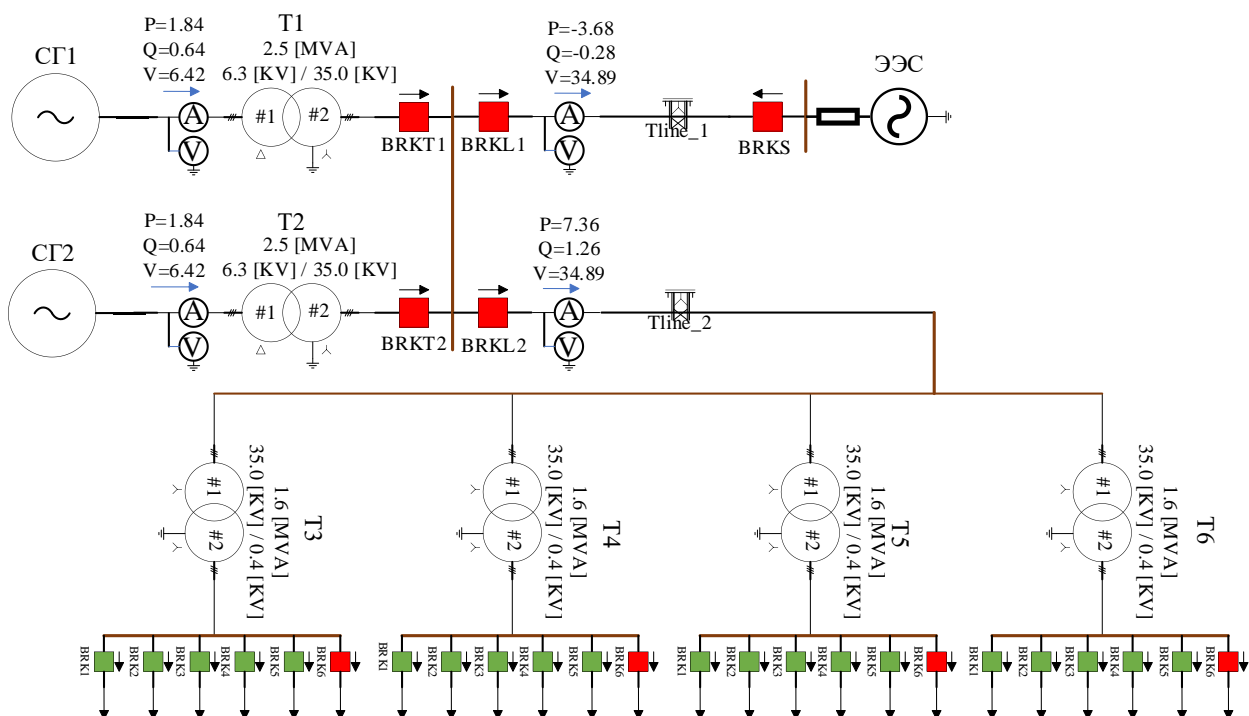


Рис. 1. Исследуемая схема микроэнергосистемы с мини-ГЭС, подключаемая к ЭЭС в ПК PSCAD

Таблица 1.

Параметры электрооборудования, используемого в расчетной модели

Параметры синхронного гидрогенератора типа ВГС – 325/29 – 24
$S_{ном} = 2,3 \text{ МВА}; U_{ном} = 6,3 \text{ кВ}; \cos\varphi = 0,8; f_{ном} = 50 \text{ Гц}; p = 12 \text{ полюс}; R_a = 0,0176 \text{ о.е.}; X_p = 0,163 \text{ о.е.}; X_d = 1,32 \text{ о.е.}; X_q = 0,844 \text{ о.е.}; X_d' = 0,368 \text{ о.е.}; X_d'' = 0,248 \text{ о.е.}; X_q'' = 0,252 \text{ о.е.}; T_{do}' = 1,55 \text{ с}; T_{do}'' = 0,038 \text{ с}; T_{qo}'' = 0,105 \text{ с}; T_J = 3 \div 5 \text{ с.}$
Параметры силового трансформатора типа ТМ – 2500/35
$S_{ном} = 2,5 \text{ МВА}; f_{ном} = 50 \text{ Гц}; U_{1n} = 6,3 \text{ кВ}; U_{2n} = 35 \text{ кВ}; P_x = 3,5 \text{ кВт}; P_k = 22 \text{ кВт}; U_k = 6,5 \%; R_T = 0,0022 \text{ о.е.}; X_T = 0,032 \text{ о.е.}; D/Y-11;$
Параметры линии электропередачи типа АС – 70/11
$R_l = 0,42 \text{ Ом/км}; X_l = 0,43 \text{ Ом/км}; L_1 = 25 \text{ км}, L_2 = 17 \text{ км};$
Параметры ЭЭС
$S_{ном} = 40 \text{ МВА}; U_{ном} = 35 \text{ кВ}; f_{ном} = 50 \text{ Гц};$

Результаты моделирования с учетом АЧР и САОН

В схеме (рис.1) рассматриваются возможные варианты возникновения переходных прососов, связанных с внезапным выделением микроэнергосистем с мини-ГЭС на автономную работу от ЭЭС, вследствие чего возникает аварийный дефицит активной мощности. Общее время симуляции составляет 20 сек. На 10 секунде микроэнергосистема с мини-ГЭС

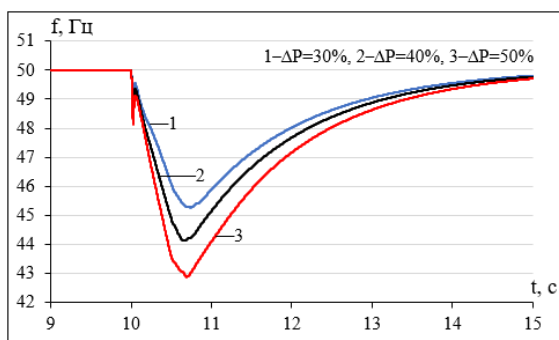
под воздействием высоковольтного выключателя BRKL1 отключается от ЭЭС. Важно отметить, что в микроэнергосистемах возможно более частое возникновение больших дефицитов мощности в отличие от больших энергосистем, так как количество СГ мало, а их мощность сопоставима с суммарной мощностью нагрузки. Исследование изменения частоты при отключении линии электропередачи от ЭЭС проводилось в трех случаях для разных дефицитов мощности $\Delta P_{\text{деф}}$ при $P_H > P_G$ на 30%, 40%, 50%.

В настоящей работе рассматриваются следующие варианты:

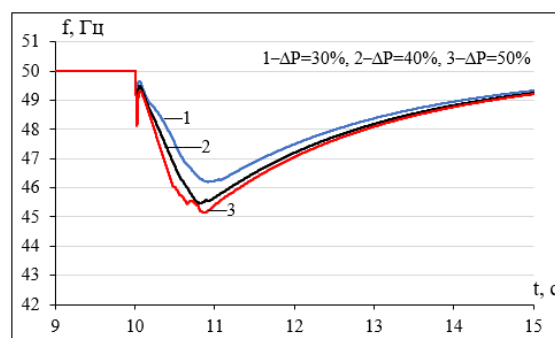
- Совмещённая работа АЧР-1,2 при переходе микроэнергосистем с мини-ГЭС от параллельной работы с ЭЭС к автономному режиму;
- Совмещённая работа АЧР-1,2 и САОН при переходе микроэнергосистем с мини-ГЭС от параллельной работы с ЭЭС к автономному режиму.

В первом варианте управления частотой при ее снижении воздействует только АЧР-1,2. Во втором варианте частота управляется работой АЧР и САОН. В зависимости от этих вариантов определяются максимальные расчетные дефициты мощности и характер развития аварии. Далее определяется объем АЧР, САОН и производится размещение разгрузки по территориям микроэнергосистем с мини-ГЭС и ЭЭС.

Расчет и выбор объема АЧР начинается с анализа возможных аварийных режимов сети в нормальном режиме, в аварийной и ремонтной схеме работы энергосистемы. В соответствии [5] разработан совмещенный алгоритм работы АЧР-1 и АЧР-2 в ПК PSCAD. Уставка по частоте принята для совмещенного АЧР от 48,8 до 46,9 Гц с равномерным шагом по частоте 0,1 Гц и равномерном распределением отключаемой нагрузки в 20 очередей, выдержки времени – 0,3 с, время на исполнение команд АЧР – 0,1 с. Каждая очередь отключает нагрузку в объеме $\Delta P_{\text{АЧР}i} = \Delta P_{\text{АЧР}}/20$, %.



а)



б)

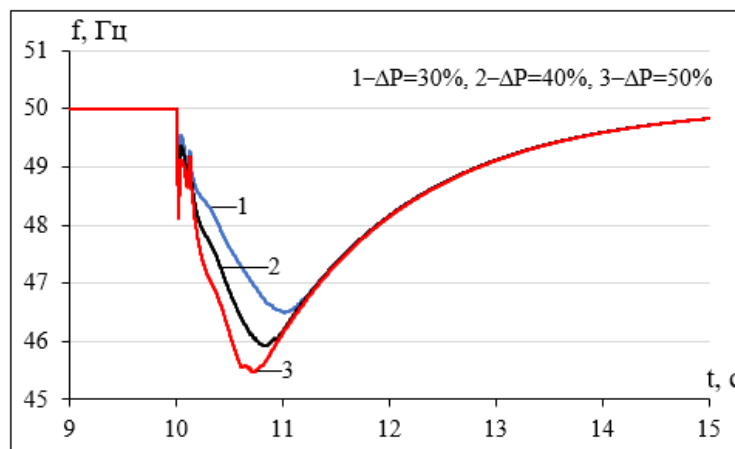
Рис. 2 (а, б). Осциллограммы изменения частоты во времени в микроэнергосистеме с мини – ГЭС при работе АЧР

На рисунках 2а,б приведены осциллограммы изменения частоты во времени в микроэнергосистеме с мини – ГЭС при работе АЧР с варьированием момента инерции гидроагрегата и разными вариантами возникновения

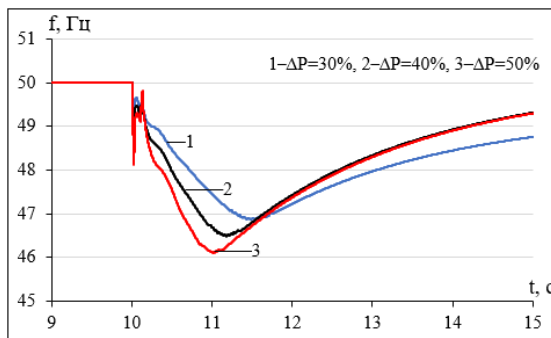
дефицита активной мощности. В графиках снижение частоты представлено тремя кривыми: 1-при дефиците $\Delta P_{\text{деф}}$ равной 30%, 2- при $\Delta P_{\text{деф}}$ равной 40% и 3- при $\Delta P_{\text{деф}}$ равной 50%.

На рис. 2а показаны процессы снижения частоты при следующих параметрах $\Delta P_{\text{деф}} = 30\%, 40\%, 50\%$; $T_j = 3$; $K_H = 1,5$; $\Delta t_{\text{АЧР}} = 0,3$ с. Когда момент инерции гидроагрегата маломощного СГ мал, т.е. равный $T_j = 3$ с, при отключении от ЭЭС и возникновении большого дефицита мощности, частота снижается очень быстро, в этом случае АЧР не успеет ликвидировать дефицит мощности и устранить нарушение стабильной работы микроэнергетических систем с мини-ГЭС. Как видно из графика, в случае резкого возникновения дефицита $\Delta P_{\text{деф}}$, равного 30%, 40% и 50%, срабатывает вся очередь быстродействующей разгрузки АЧР-1. Таким образом отключается нагрузка в объеме на 5% больше дефицита. Однако, как видно из графика, при таком большом дефиците частота очень быстро снижается, работа АЧР неэффективна.

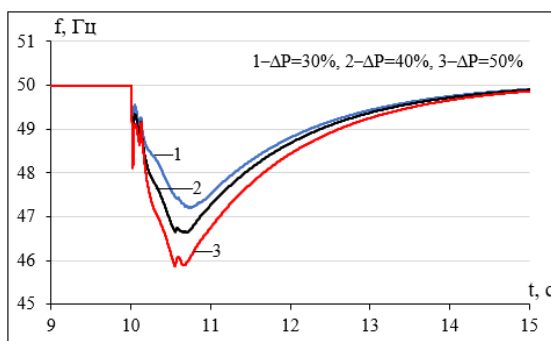
На рис. 2б приведены процессы снижения частоты с теми же параметрами, что и на рис. 3а, но при максимальном значении момента инерции гидроагрегата. Для маломощных синхронных генераторов, с $T_j = 5$ с. Известно, что при большом значении момента инерции гидроагрегата, частота снижается более медленно и это оказывает положительное влияние при отключении нагрузки во время действия устройств АЧР. Но, все же, как видно из рис.2б, кривые 2 и 3, частота снижается ниже 46 Гц. Таким образом, не выполняется одно из основных требований, предъявляемых к АЧР, и возникает опасность нарушения работы как электростанций, так и потребителей, поскольку нарушается допустимая продолжительность нахождения частоты в [5] и составляет: с частотой ниже 49,0 Гц – не более 40 с; с частотой ниже 47,0 Гц – не более 10 с; с частотой ниже 46,0 Гц – не допускается



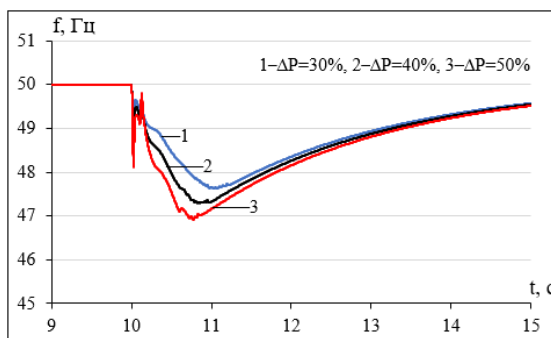
а) При включении САОН к верхней очереди АЧР с $T_j = 3$



б) При включении САОН к верхней очереди АЧР с $T_j=5$



в) При включении САОН к нижней очереди АЧР с $T_j=3$



г) При включении САОН к нижней очереди АЧР с $T_j=5$

Рис. 3 (а,б,в,г) Осциллограммы изменения частоты во времени в микроэнергосистеме с мини – ГЭС при работе АЧР и САОН.

На рис. 3а,б, в, г, показаны изменения частоты во времени в микроэнергосистеме с мини – ГЭС при работе АЧР и САОН. При исходных данных: $P_{АЧР} \geq \Delta P_{def} + 0,05 \cdot P_{номр}$; $f_{уст}^{АЧР} = 48,8 \div 46,9 Гц$; $\Delta t_{АЧР} = 0,3с$; $K_H = 1,5$; $T_j = 3 \div 5$; $n=20$ очереди при разных дефицитах $\Delta P_{def} = 1-30\%, 2-40\%, 3-50\%$. При включении САОН к $n=10$ верхней очереди АЧР, $f_{уст}^{САОН} = 48,8 \div 47,8 Гц$; $\Delta t_{САОН} = 0,1с$.

Также на рис. 4вг, представлен переходный процесс при снижении частоты во времени в микроэнергосистеме с мини – ГЭС при работе АЧР и

САОН со следующими исходными данными: $P_{АЧР} \geq \Delta P_{деф} + 0,05 \cdot P_{номр}$;
 $T_j = 3 \div 5$; $K_n = 1,5$; $f_{уст}^{АЧР} = 48,8 \div 46,9 \text{Гц}$; $\Delta t_{АЧР} = 0,3 \text{с}$; $n = 20$ очереди и разных дефицитах мощностях $\Delta P_{деф} = 1-30\%, 2-40\%, 3-50\%$. При включении САОН к $n = 10$ нижней очереди АЧР, $f_{уст}^{САОН} = 47,9 \div 46,9 \text{Гц}$; $\Delta t_{САОН} = 0,1 \text{с}$.

При внезапных отключениях линии электропередачи, связывающих микроэнергосистему с мини-ГЭС и ЭЭС, вследствие чего, возникает аварийный дефицит мощности, при котором разгрузка по АЧР (рис. 2а) является не достаточной для устранения от глубокого снижения частоты. После подключения САОН (рис. 3а,б,в,г) к частям очереди АЧР удалось устранить глубокое снижение частоты. Также, проводя серию опытов по подключению САОН к верхней и нижней очереди АЧР, убедились в том, что при подключении к нижней очереди, получим больше эффекта от снижения частоты. Внедрение устройства САОН позволяет решить проблему при большом дефиците мощности. Однако САОН имеет следующие недостатки:

- Требуется отдельный персонал;
- При изменении схемы микроэнергосистемы в течение эксплуатации САОН нужно перепроектировать;
- Высокая стоимость для небольших объектов.

Исходя из этого, предъявляются новые требования к системе автоматического управления нагрузкой при дефицитах мощности в микроэнергосистемах с мини-ГЭС:

- экономичность — это означает, что функция САОН должна выполняться внутри уже существующих контроллеров в сети без необходимости в дополнительном шкафу САОН;
- свойство самонастройки, самоорганизации и адаптивности, чтобы при изменении схемы в сети не требовалось перепроектирования и повторной наладки.

Заключение

1. Предложенный способ управления, работающий по факту отключения линии связи микроэнергосистем с мини-ГЭС при потере связи с ЭЭС, подтвердили работоспособность устройства при дефицитах мощностях $\Delta P_{деф} = 1-30\%, 2-40\%, 3-50\%$.

2. Необходима разработка новой системы автоматической разгрузки с учетом особенностей района энергоснабжения с целью получения экономически целесообразного к реализации варианта. Т.к. создание системы АЧР и САОН требует достаточно больших капитальных затрат и затрат на проектирование и обслуживание в течение эксплуатации.

Литература

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1985, — 536 с.
2. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.
3. Павлов Г.М. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем. Второе издание. – РАО «ЕЭС России» Центр подготовки кадров энергетики. (СЗФ АО «ГВЦ Энергетики», 2002. 82 с.
4. Андерсон П. и Фуад А. Управление энергосистемами и устойчивость/ Пер. с англ. под ред. Я. Н. Лугинского. — М.: Энергия, 1980. — 568с.
5. СТО 59012820.29.240.001-2010. Технические правила организации в ЕЭС России автоматического ограничения снижения частоты при аварийном дефиците активной мощности (автоматическая частотная разгрузка). Стандарт организации ОАО «СО ЕЭС».
6. Интеллектуальная технология управления в системе энергоснабжения с источником распределённой когенерации для новой Москвы / Я. Л. Арцишевский, С. А. Вострокнутов, А. А. Земцов, В. С. Мухин // Энергетик. – 2013. – № 6. – С. 050-054.
7. Арцишевский, Я. Л. Эффективность автоматической частотной разгрузки с передачей команд на отключение электроприемников 0,4 кВ / Я. Л. Арцишевский, Б. М. Гиеев // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2017. – Т. 60. – № 6. – С. 37-44. – DOI 10.17213/0136-3360-2017-6-37-44.
8. Илюшин, П. В. Особенности функционирования устройств автоматической частотной разгрузки в энергорайонах с объектами распределенной генерации / П. В. Илюшин // Релейная защита и автоматизация. – 2018. – № 3(32). – С. 20-27.
9. Волошин, А. А. Исследование динамических характеристик микроэнергосистем с мини-ГЭС для создания автоматической системы управления в нормальных и аварийных режимах / А. А. Волошин, Н. Б. Холов // Релейная защита и автоматизация. – 2021. – № 2(43). – С. 28-31. – EDN RPIBFW.
10. EMTDC Transient Analysis for PSCAD Power System Simulation: User's Guide v4.5. – Winnipeg, Canada, Manitoba-HVDC Research Centre.

Сведения об авторах:

Волошин А. А. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Релейная защита и автоматизация энергосистем НИУ «МЭИ», e-mail: voloshin.aa@yandex.ru, тел: +7 (926) 596-78-22.

Холов Н.Б. – аспирант кафедры релейная защита и автоматизация энергосистема НИУ «МЭИ», e-mail: nozim_kholov@mail.ru, тел: +7 (916) 537-88-93.

УСТРОЙСТВА РЕЖИМНОЙ АВТОМАТИКИ ГЭС С АВТОМАТИКОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ОБЪЕДИНЁННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Шаринов М.М., Гулмамадов М.С.
г. Душанбе, ТТУ имени академика М.С.Осими.
E- mail: shm100195@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены вопросы взаимодействия устройств режимной автоматики ГЭС с автоматикой регулирования частоты и потоков активной мощности объединённой энергосистемы.

Сформулированы требования к системам группового регулирования частоты и активной мощности ГЭС для обеспечения их совместной работы с автоматикой регулирования частоты и активной мощности объединённой энергосистемы.

Ключевые слова: режим работы энергосистемы, график нагрузки, частота, групповые регуляторы частоты и активной мощности

DEVICES OF MODE AUTOMATICS OF HPP S AUTOMATIC FREQUENCY CONTROL UNITED POWER SYSTEM

Annotation. The issues of interaction between the devices of regime automation of HPPs with automatic control of frequency and active power flows of the united power system are considered.

The requirements for group control systems of frequency and active power of HPPs are formulated to ensure their joint operation with automatic control of frequency and active power of the integrated power system.

Keywords: power system operation mode, load schedule, frequency, group frequency and active power controllers

Потребители электрической энергии – промышленные, сельскохозяйственные, коммунальное - бытовые предприятия, освещение, электрифицированный транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство и др. – в силу специфики своей работы и соответственно электропотребления обуславливают неравномерную электрическую нагрузку в энергосистемах, изменение которой во времени представляется в виде графиков нагрузки.

Такие графики характеризуют изменение нагрузки в течение суток, недели, месяца, года. В различных странах в зависимости от климатических и социально-экономических условий графики нагрузок имеют особенности [1].

Основной характеристикой, определяющей режим работы энергосистемы, является суточный график нагрузки энергосистемы, в том

числе график максимального рабочего дня, который характеризуется наибольшей суточной нагрузкой энергосистемы, график среднего рабочего дня и график минимального (обычно воскресного) дня, характеризуемый наименьшей нагрузкой. Форма суточного графика нагрузки энергосистемы определяется характером и продолжительностью работы потребителей электроэнергии [1,4].

В объединенных энергосистемах (ОЭС) график нагрузки обычно является более плотным и что обуславливает относительное снижение максимума нагрузки, особенно если ОЭС располагается в нескольких часовых поясах.

Работа ГЭС в энергосистеме имеет определенные особенности, вызванные зависимостью от речного стока и от режимов работы водохранилищ комплексного назначения, а также ограничениями по условиям нижнего бьефа и охраны окружающей среды.

Водохранилища ГЭС в зависимости от полезной емкости могут обеспечивать суточное, недельное, сезонное и многолетнее регулирование. При этом, однако, в неблагоприятный по водности год (обычно в качестве расчетного принимается маловодный год с 90–95% обеспеченности) ГЭС должны обеспечить расчетную гарантированную энергоподачу для покрытия своей части графика нагрузок энергосистемы [1,5].

Водохранилище суточного регулирования позволяет перераспределить естественный суточный сток для обеспечения покрытия пиковой части графика нагрузок, используя неравномерный режим работы ГЭС.

Водохранилище недельного регулирования позволяет уменьшить мощность и выработку электроэнергии на ГЭС в выходные дни, а неиспользованный сток запасать в водохранилище и использовать в рабочие дни недели, обеспечивая повышение энергоподачи ГЭС.

Водохранилища сезонного и многолетнего регулирования обеспечивают в маловодный период покрытие ГЭС пиковой части суточного графика нагрузок за счет естественного притока воды в водохранилище в течение суток и с работы части полезного объема, ранее накопленного в водохранилище.

На ГЭС с водохранилищем, имеющим значительную полезную емкость, целесообразно размещать аварийный резерв системы с длительным временем работы. На ГЭС также размещают нагрузочный резерв системы для поддержания частоты в энергосистемах [6].

Работа ОЭС с большим удельным весом ГЭС зависит от регулирования стока водохранилищами, а также от регулирования энергоподачи при

совместной работе в энергосистеме каскадов ГЭС вследствие естественной асинхронности стока рек.

Одним из основных параметров режима работы энергосистемы является частота. Для поддержания частоты в допустимых пределах необходимо соблюдение баланса генерируемой и потребляемой мощностей [2]. Для поддержания баланса мощностей в системе используется автоматика регулирования частоты и перетоков активной мощности (АРЧМ).

Этот вид автоматики должен обеспечивать поддержание среднего отклонения номинального значения частоты с допустимым отклонением, не превышающим $\pm 0,05$ Гц. Основными задачами АРЧМ при распределении заданий на выработку активной мощности между ГЭС являются следующие [2,3]:

- автоматическое астатическое регулирование частоты в объединённой энергосистеме;
- автоматическое ограничение перетоков мощности по системообразующим связям (исключение перегрузок по току);
- автоматическое управление перетоком мощности в заданном сечении с коррекцией по частоте (режим АРПЧ).

АРЧМ энергосистемы обеспечивает автоматическое поддержание заданной мощности электростанций со статизмом по частоте, что необходимо для их участия в первичном регулировании частоты. Эта система позволяет автоматически корректировать задания активной мощности, выдаваемые на электростанции.

ГЭС, по сравнению с другими видами электростанций, позволяют наиболее оперативно осуществлять регулирование активной мощности, в том числе и для поддержания частоты в энергосистеме. Для реализации управляющих воздействий от АРЧМ энергосистемы на ГЭС используются групповые регуляторы частоты и активной мощности (ГРАМ) [2].

Основными требованиями к системе ГРАМ на ГЭС являются:

- обеспечение участия ГЭС в регулировании режима работы энергосистемы по частоте и перетокам активной мощности, при выполнении которого не должен препятствовать работе первичных регуляторов, выполняющих функцию первичного регулирования частоты (общего и нормированного), и реализовывать управляющие воздействия вторичного регулирования, получаемые от АРЧМ;
- регулирование активной мощности при выполнении заданий по вторичному регулированию должно выполняться в автоматическом режиме без участия оперативного персонала станции в пределах заданных значений резервов для вторичного регулирования;

-переходный процесс изменения активной мощности, обусловленного вторичным регулированием должен иметь аperiodических характер без перерегулирования;

-при реализации изменения активной мощности в рамках вторичного регулирования отклонение от задания не должно превышать 1 % номинальной мощности станции.

Заключение

Рассмотрены вопросы взаимодействия устройств режимной автоматики ГЭС с автоматикой регулирования частоты и перетоков активной мощности объединённой энергосистемы.

Сформулированы требования к системам группового регулирования частоты и активной мощности ГЭС для обеспечения их совместной работы с автоматикой регулирования частоты и активной мощности объединённой энергосистемы.

Литература

1. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики [Электронный ресурс].– URL: <http://energetika.in.ua/>
2. Дроздов А.Д., Засыпкин А.С., Аллилуев А.А., Савин М.М. Автоматизация энергетических систем. М.: Энергия, 1977. 440 с.
3. СТО 59012820.27.100.003-2012. Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС России. Нормы и требования. Утвержден и введен в действие Приказом открытого акционерного общества «Системный оператор Единой энергетической системы» от 05.12.2012г. № 475. 27 с.
4. Методика поиска компромиссных решений при формировании режимов функционирования каскада ГЭС [Электронный ресурс].– URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40872727>
5. Комплексная оценка устойчивости гидрогенераторов каскада Виллойских ГЭС [Электронный ресурс].– URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41152692>.

Сведения об авторах:

Шарипов Мухаммади Миралиевич. – ассистент кафедры “Релейная защита и автоматика” ТТУ им. Акад. М. С. Осими. Тел (+992) 988828763; E-mail: shm100195@gmail.com

Гулмамадов Махмадиёр Синавбарович. – аспирант кафедры “Электрической станций”- Новосибирский государственный технический университет; E-mail: muhammadsti95@gmail.com

КОРКАРДИ АЛГОРИТМИ ТАФТИШИ ТЕРМИНАЛИ БМРЗ-100 ДАР БАЗАИ РЕТОМ-61

Шарипов У.Т., Охонов Р.Ф., Аминов Ф.Ф., Шокиров А.М.
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон
E-mail: ush-98@mail.ru

Аннотатсия. Терминалҳои микропроцессорӣ новобаста ба онҳо, ки аз тарафи ширкатҳои гуногун истеҳсол карда мешаванд, нақшаҳои структуравии ҳамаи онҳо қариб ки якхелаанд. Қисмати марказии ин гуна таҷҳизоти рақамӣ микропроцессор буда, бо истифодаи аз қисмҳои ёрирасон маълумотро қабул, коркард ва ба дигар системаҳои электронӣ интиқол ва мубодила менамояд.

Ин мақола, ки оиди терминали БМРЗ- 100 дар базаи РЕТОМ- 61 мавриди омузиши ва коркард қарор дорад, нишон дода мешавад, ки чи гуна пайвасти карда мешавад терминалҳои истифодашаванда, аз он ҷумла, терминали БМРЗ- 100 ба дастгоҳи санҷишии РЕТОМ-61.

Муаллифон умедворанд, ки маълумоти дар ин мақола овардашуда оид ба тафтиши терминалҳо ва хусусан терминали БМРЗ-100 барои тадқиқотчиёни илмию техникӣ, коргарони дар тарҳрезӣ иштирокдошта муфиданд ва инчунин ба нафароне, ки дар истеҳсолот қору фаолият намуда истодаанд.

Калимаҳои калидӣ: Терминал, микропроцессор, РЕТОМ-61, дастгоҳи санҷишӣ.

PERFORMANCE OF THE BMRZ-100 TERMINAL CHECK ALGORITHM ON THE RETOM-61 DATABASE

Annotation. Although microprocessor terminals are manufactured by different companies, the structural plans of all of them are almost the same. The central part of such digital equipment is a microprocessor, which receives, processes, transmits and shares data with other electronic systems with the help of auxiliary parts.

This article, which is about the BMRZ-100 terminal in the RETOM-61 database, is studied and processed, it shows how to connect used terminals, including the BMRZ-100 terminal to the RETOM-61 test device.

The authors hope that the information presented in this article on the examination of terminals, especially the BMRZ-100 terminal, is useful for scientific and technical researchers, workers engaged in design, as well as for those who work in production.

Key words: Terminal, microprocessor, RETOM-61, testing device

Терминалҳои микропротсессорӣ новобаста ба онҳо, ки аз тарафи ширкатҳои гуногун истеҳсол карда мешаванд, нақшаҳои структуравии ҳамаи онҳо қариб ки якхелаанд. Қисмати марказии ин гуна таҷҳизоти рақамӣ микропротсессор буда, бо истифодаи аз қисмҳои ёрирасон маълумотро қабул, коркард ва ба дигар системаҳои электронӣ интиқол ва мубодила менамояд.

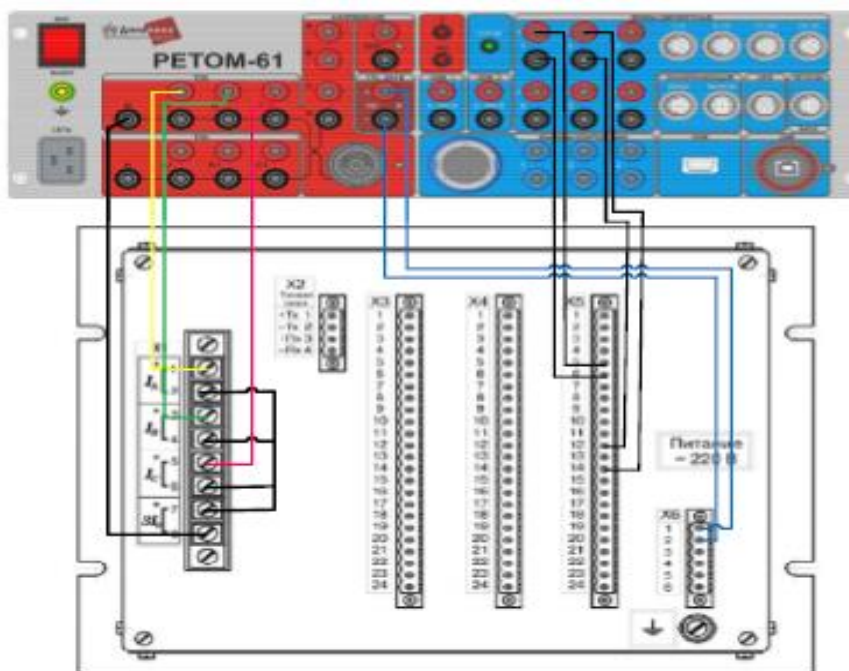


Расми 1. Терминали BMR3-100 (қисми баданаи пеш)

Намунаи санҷиш. Тавсифоти терминали микропротсессории Таҳқиқшаванда

Бояд қайд кард, ки санҷиши алгоритмии терминали BMR3-100 дар базаи РЕТОМ—61 бо ду роҳ санҷида мешавад:

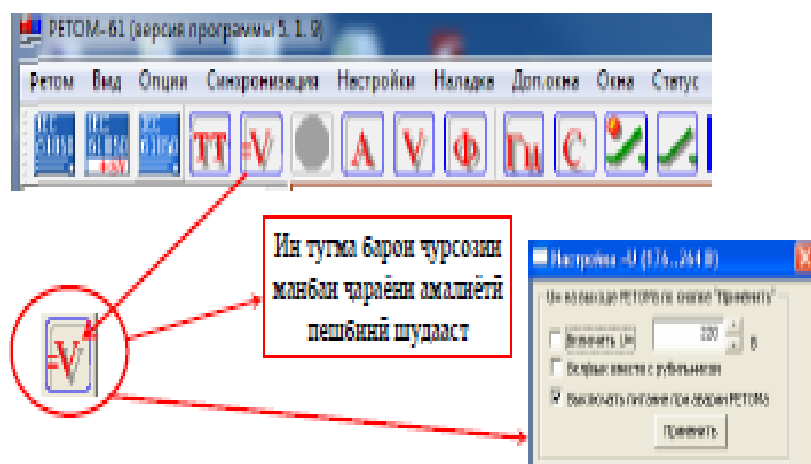
- дастӣ
- автоматӣ



Расми 2. Нақшаи пайвасти терминали BMR3-100 дар базаи РЕТОМ—61

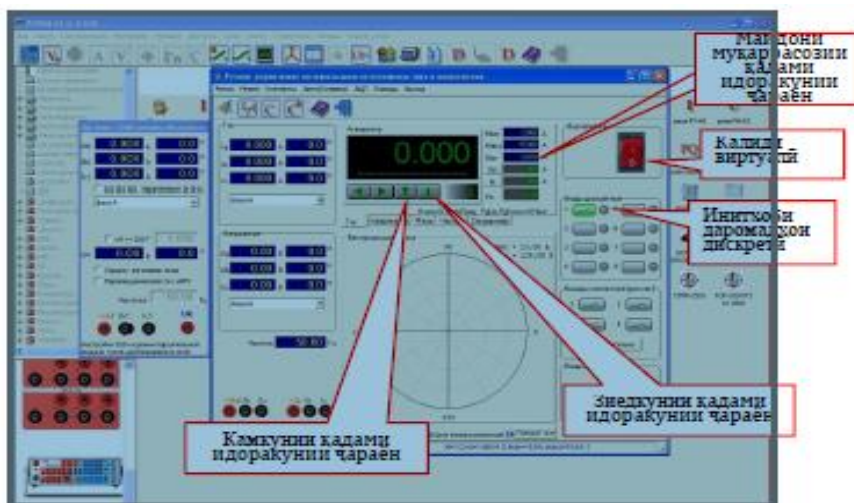
Санчиш бо усули идораи дастӣ

Баъд аз пайваст намудани КБТ (комплекси барномавӣ-техникии) РЕТОМ – 61 бо ТМ (терминал) онро бо компютер пайваст намоед. Барномаи РЕТОМ-61-ро кушода, аввалан манбаи чараёни амалиётро, ки барои мабаъ додани ТМ лозим аст, чурсозӣ намоед. Барои ин аз равзанаи асосии барномаи РЕТОМ – 61 (расми 3) тугмаи мувофиқро пахш карда, шиддати манбаи амалиётро баробари 220 В интихоб намоед. Бо пахш кардани тугмаи **“Применить”** дар баромади РЕТОМ – 61 аллакай шиддати манбаи амалиёт пайдо шуда, ТМ фаъол мегардад



Расми 3. Чурсозии манбаи чараёни амалиётӣ

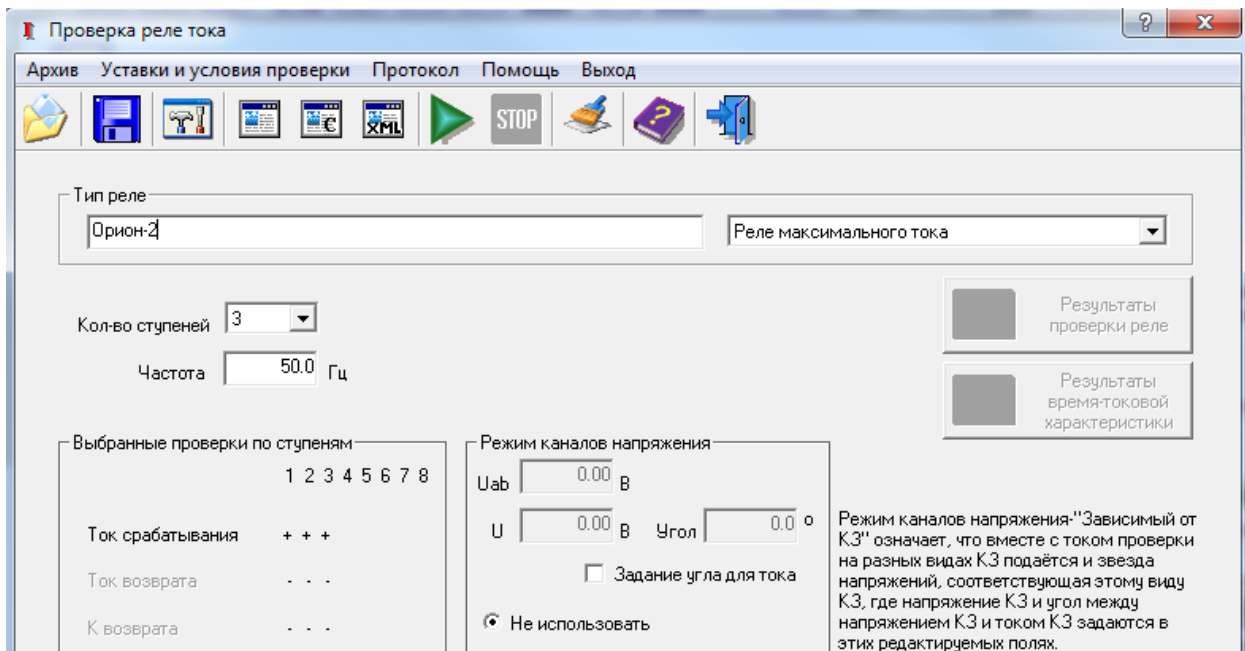
Сипас функцияи идораи дастӣ – **Ручное управление** (расми 4) – ро интихоб намоед. Акнун равзанаи идораи дастиро барои ба таври дастӣ идора намудани раванди санчиш чурсозӣ бояд кард. Аз равзанаи кушодашуда (расми 4) речаи идораи чараёнҳои сефазароинтихоб бояд кард (расми 4).



Расми 4. Равзанаи идоракунии дастӣ – **Ручное управление**

Санчиш бо усули идораи автоматӣ

Барои санҷиши автомати реле дар равзанаи асосии барномаи РЕТОМ – 61 тугмаи «*Проверка реле тока*» пешбинӣ шудааст. Бо кушодани равзанаи он дар майдони «*Тип реле*» навъи релеро «БМР3-100» ё дигар терминал ба монанди «Ориён-2» нишон диҳед (расми 5).



Расми 5. Равзанаи «*Проверка реле тока*»

Баъд аз санҷиши терминалҳо новобаста аз дасти ё автоматӣ истифода бурдан базаи РЕТОМ-61 дар хотираи худ сабт карда ва онро ба намуди протокол пешниҳод менамояд.

Ступень	Вид КЗ	Параметр	Уставка	Замер	Погрешность, %	Результат
1	AN	I _{ср,А} ; N=1	3.000	~4.0500 1.25%	1.25...1.25	Ok
1	AN	I _{в,А} ; N=1	2.800	~3.7900 -0.26%	-0.26...-0.26	Ok
1	AN	I _в ; N=1	0.950	~0.9358 -1.49%	-1.49...-1.49	Ok
1	AN	T _{ср,с} ; N=1	0.050	~0.0540 8.00%	8.00...8.00	Ok
1	AN	T _{в,с} ; N=1	0.033	~0.0321 -2.73%	-2.73...-2.73	Ok

Расми 6. Равзанаи натиҷаҳои санҷиш (*Результаты, протокол*)

Хулоса: РЕТОМ-61 яке аз комплексҳои ҳозиразамони санҷишӣ мебошад, ки дар он сатҳи баланди автоматонидашуда барои гузаронидани санҷишу таҳқиқ пешбинӣ шудааст. Истифодаи комплекси ченкунандаи барномавӣ-техникии РЕТОМ-61 дар якҷоягӣ бо системаи оператсионии Windows эътимодияти кори онро баланд бардошта, имконияти хуби дар озмоишгоҳҳои таълимӣ ба роҳ мондани омӯзиши онро пеш меорад. Дар истеҳсолот айни замон комплексҳои санҷишӣ – таҳқиқии Megger FREJA 300, У-5053, Ретом 51 –(71), OMICRON ва ғайра истифода мешаванд.

Дар ин мақола, ки санҷиши алгоритмии терминали БМРЗ- 100 дар базаи РЕТОМ-61 нишон дода шуд, нисбат ба дигар таҷҳизотҳо, сода, фаҳмо ва бехатар иҷро кардани санҷишҳо дар ин дастгоҳ амалӣ карда мешавад.

Адабиёт

1. РЕТОМ – 61. Руководство по эксплуатации. *БРГА.441323.017 РЭ*
2. Микропроцессорное устройство защиты “Орион – 2”.
Руководство по эксплуатации, паспорт. *БПВА.656122.003 РЭ.*
3. Мирзозода Б.М. Санҷиш ва таҳқиқи дастгоҳҳои ҳимояи релей ва автоматика: *Воситаи таълимӣ – Душанбе – 2022. 113 саҳ*

Маълумот дар бораи муаллифон:

Шарипов У.Т. – магистранти курси 2-юми гуруҳи 530104-03Б,
Донишгоҳи техникии Тоҷикстон ба номи академик М.С.Осимӣ, ш. Душанбе

Аминов Ф.Ф. – магистранти курси 2-юми гуруҳи 530104-03Б,
Донишгоҳи техникии Тоҷикстон ба номи академик М.С.Осимӣ, ш. Душанбе

Охонов Р.Ф. – магистранти курси 2-юми гуруҳи 530104-03Б,
Донишгоҳи техникии Тоҷикстон ба номи академик М.С.Осимӣ, ш. Душанбе

Шокиров А.М. – магистранти курси 2-юми гуруҳи 530104-03Б,
Донишгоҳи техникии Тоҷикстон ба номи академик М.С.Осимӣ, ш. Душанбе

ИСТИФОДАИ КОНТРОЛКУНАНДАҶОИ SIEMENS БАРОИ ИҶРОИ ФУНКСИЯҶОИ ПАЙВАСТИ АВТОМАТИИ МАНБАИ ЗАХИРАВӢ ВА ҶИМОЯИ МУҶАРРИКҶОИ ЭЛЕКТРИКӢ

Усмонов Ф.М., Исмоилов И.М., Савзалиев З.Қ., Розиков А. Қ.
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон
E-mail: sabzaliev_Z1998@mail.ru

Аннотатсия. Мақолаи мазкур маъумотҳои контролқунандаҳои ширкати Siemens-ро инъикос карда, имконпазирии истифодаи онҳоро дар таҷҳизоти пайвасти автоматики манбаи захиравӣ ва ҷимояи муҷарриқи электрикӣ нишон додааст.

Калидҳои калидӣ: контролқунанда; пайвасти автоматики манбаи захиравӣ; ҷимояи муҷарриқи электрикӣ

Abstract: The article provides general information about Siemens controllers as well as the possibility of their use in the automatic transfer device and protection of electric motors.

Keywords: controller; automatic input reserve; electric motor protection

Яке аз роҳҳои баланд бардоштани эътимодияти электротаминкунӣ истифодаи манбаи захиравӣ мебошад. Мувофиқи ҳуҷҷатҳои меъёрӣ истифодаи параллелии манбаи захиравӣ иҷозат дода намешавад, зеро агар расиши кӯтоҳ дар ин ҳолат рух диҳад, дараҷаи он баланд шуда, зарари вайроншавиаш калон мешавад. Яъне агар истифодаи параллелии манбаҳои захиравӣ ба роҳ монда шавад, эътимодияти электротаминкунӣ баланд бардошта мешавад, вале эътимодият дар вақти расиши кӯтоҳ паст мешавад. Аз ин лиҳоз манбаҳои захиравиро дар ҳолати ғайри корӣ нигоҳ дошта, ҳамавақт ҳолати омодабоши онҳо таъмин карда мешавад.

Дар вақти нест шудани шиддати манбаи асосӣ таҷҳизоти пайвасти автоматики манбаи захиравӣ ба таври автоматӣ иҷро карда мешавад.

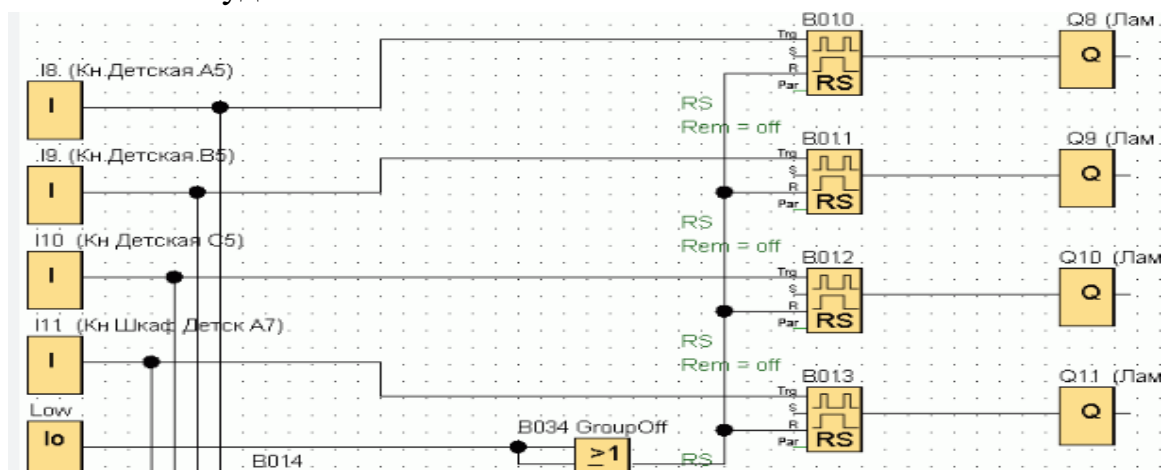
Барои пайвасти автоматики манбаи захиравӣ истифодаи таҷҳизоти контролқунандаи SIEMENS мувофиқи мақсад мебошад. Ин контролқунандаҳо барои иҷрои функцияҳои автоматикаи раванди технологӣ ва ҷимояи релеи муҷарриқи электрикӣ низ қобили қабул мебошад.



Рас.1 – Намуди зоҳирии контролқунандаи SIEMENS

Дар доираи “Библиотека”-и барномаи LOSO Soft Comfort шумораи зиёди элементҳои мантиқӣ мавҷуд аст, ки бо истифодаи онҳо схемаи пайвасти автоматики манбаи захира ва ҳимояи релеи муҳаррики электрикиро сохтан мумкин аст.

Дар рас.2 намунаи схемаи мантиқӣ бо истифодаи барномаи LOSO Soft Comfort сохта шудааст.



Рас. 2 – Намунаи схемаи мантиқӣ дар барномаи LOSO Soft Comfort

Хулоса

Хусусият ва имкониятҳои контролкунандаҳои SIEMENS-ро ба назар гирифта, истифодаи онро барои иҷрои функцияҳои пайвасти автоматики захиравӣ ва ҳимояи релеи муҳаррики электрикиро сохтан мумкин аст.

Адабиёт

1. Бродин, В.Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс / В.Б. Бродин, М.И. Шагурин. - М.: ЭКОМ, 1999. - 400 с.
2. Водовозов, А.М. Микроконтроллеры для систем автоматизации: учебное пособие / А.М. Водовозов. - Вологда: ВоГТУ, 2002. - 123 с.
3. Рюмик, С.М. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Книга 1 / С.М. Рюмик. - М.: Додэка-XXI, 2012. - 356 с.

Маълумот дар бораи муаллифон

1. **Усмонов Фарход Муродович**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҳимояи релеи ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10
2. **Исмоилов Исмоил Мирзоевич**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҳимояи релеи ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10
3. **Савзалиев Зиёвиддин Қосимович**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҳимояи релеи ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10
4. **Розиков Абдурахмон Чамшедович**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҳимояи релеи ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10.

МИКОНТРОЛКУНАНДАҶОИ CANNY

Савзалиев З.Қ., Исмоилов И.М., Усмонов Ф.М., Розиков А. Қ.
 ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон
 E-mail: farhodusmov1998@bk.ru

Аннотатсия. Дар мақола маълумот дар бораи имкониятҳои микроконтролкунандаҳои CANNY оварда шуда, имконияти истифодаи онҳо дар раванди технологӣ баҳо дода шудааст.

Вожаҳои калидӣ: контролкунанда; CANNY; алгоритмҳои микроконтроллерҳо

Abstract. The article provides information about the possibility of CANNY microcontrollers and the possibility of their application in the technological process of ovard shuda, imkoniyati istifodai onho dar ravandi technologie baho doda shudaast.

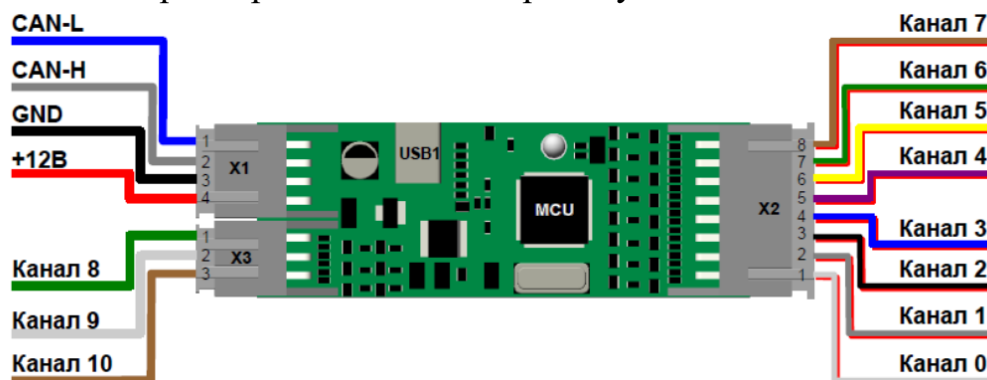
Keywords: controllers; CANNY; microcontroller algorithms

Контроллеркунандаи мантиқии барномарезишавандаи CANNY 7 барои иҷрои функсияҳои ҳимояи релей ва автоматикаи таҷҳизоти электроэнергетикӣ мувофиқи мақсад мебошад. Ҳамчунин имконияти “Библиотека”-и он барои иҷрои функсияи автоматикаи раванди технологиро мувофиқ мебошад.

CANNY7 — асбоби универсалие, мебошад, ки дар асоси он гузаронидани тадқиқотҳои илмӣ низ имконпазир мебошад. Иҷрои амалиётҳои мураккаби рақамӣ ба воситаи контролкунандаҳои CANNY вақти камро дар бар мегирад.

Истифодаи контролкунандаи овардашуда барои иҷрои мураккабтарин функсияҳои ҳимояи релей ва автоматика мувофиқ аст: - ҳимояи релей ва автоматикаи муҳаррикҳои электрикӣ, трансформаторҳои қуввагӣ, хатҳои интиқол ва дигар таҷҳизоти электрикӣ.

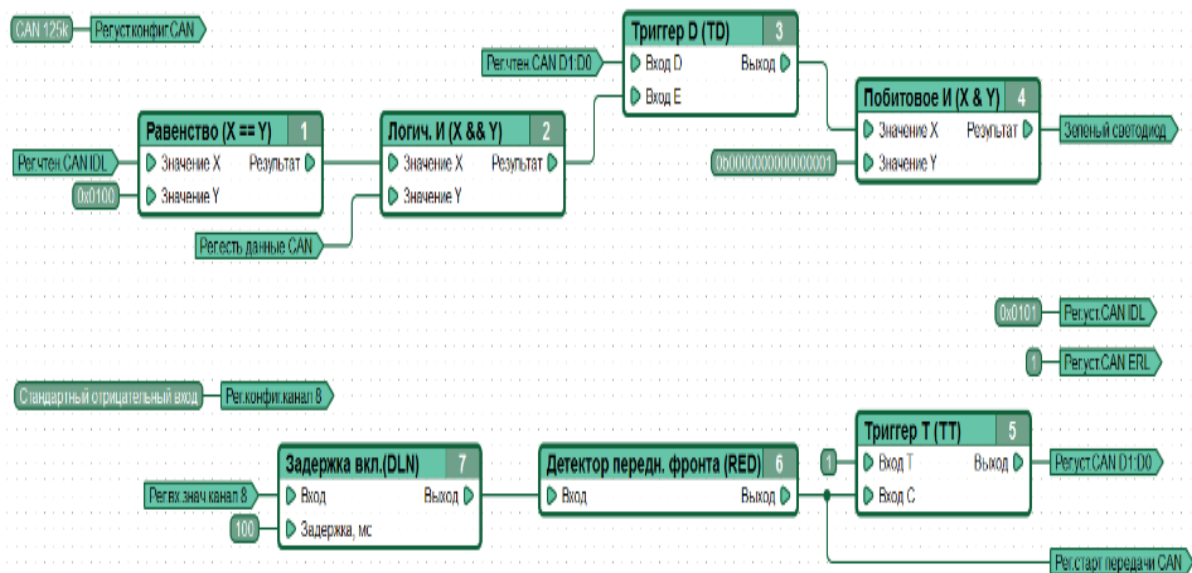
Дар рас.1. намуди берунӣ, “каналҳо”-и баромад-даромад ва дигар элементҳои контроллерҳои CANNY7 оварда шудааст.



Рас.1 – Намуди зоҳирии контролкунандаи CANNY7

Дар доираи “Библиотека”-и барномаи CANNY7 шумораи зиёди элементҳои мантиқӣ мавҷуд аст, ки бо истифодаи онҳо схемаи пайвасти автоматики манбаи захира ва ҷимояи релеи муҳаррики электрӣ сохтан мумкин аст.

Дар рас. 2 намунаи схемаи мантиқӣ бо истифодаи барномаи CANNY7 сохта шудааст.



Рас. 2 – Намунаи схемаи мантиқӣ дар барномаи CANNY7

Хулоса

Имкониятҳои контролкунандаҳои CANNY7-ро ба назар гирифта, истифодаи онро барои иҷрои функцияҳои пайвасти автоматики захиравӣ ва ҷимояи релеи муҳаррики электрӣ, ҷимояи релеи трансформаторҳои куввагӣ, хатҳои интиқол ва принсипи дигар ҷимояҳоро сохтан мумкин аст.

Адабиёт

1. Бродин, В.Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс / В.Б. Бродин, М.И. Шагурин. - М.: ЭКОМ, 1999. - 400 с.
2. Водовозов, А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А.М. Водовозов. - Вологда: ВоГТУ, 2002. - 123 с.
3. Рюмик, С.М. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Книга 1 / С.М. Рюмик. - М.: Додэка-XXI, 2012. - 356 с.

Маълумот дар бораи муаллифон

1. **Усмонов Фарҳод Муродович**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҷимояи релеи ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10

2. **Исмоилов Исмоил Мирзоевич**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҳимояи релей ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10

3. **Савзалиев Зиёвиддин Қосимович**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҳимояи релей ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10

4. **Розиқов Абдурахмон Ҷамшедович**, магистранти курси 2-ми кафедраи «Ҳимояи релей ва автоматика системаҳои энергетикӣ», ДТТ ба номи ақд. М.С. Осимӣ, 734042, ш. Душанбе, куч. акад. Раҷабовҳо 10

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕТОМ-61

*Шарипов У.Т., Охонов Р.Ф., Аминов Ф.Ф., Шокиров А.М.
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан)
E-mail: ush-98@mail.ru*

Аннотация. Надежность работы устройств релейной защиты во многом определяется качеством проверки их характеристик как в условиях эксплуатации на энергообъектах, так и при наладочных работах. Такие проверки проводятся регулярно с использованием специальных приборов, генерирующих токи и напряжения, необходимые для функционирования устройств релейной защиты и автоматики (РЗА).

Проверка релейных устройств в энергосистемах требует значительных затрат и высокой квалификации персонала. Комплекс позволяет автоматизировать проведение проверок устройств РЗА, что повышает надежность работы этого оборудования.

Ключевые слова: РЕТОМ-61, комплекс, релейная защита и автоматика, проверка, анализ.

ON THE CAPABILITIES OF THE RETOM-61 TEST COMPLEX

Annotation. Reliability of operation of relay protection devices is largely determined by the quality of checking their characteristics both under operating conditions at power facilities and during commissioning. Such checks are carried out regularly using special devices that generate currents and voltages necessary for the operation of relay protection and automation devices (RPA).

Checking relay devices in power systems requires significant costs and highly qualified personnel. The complex allows you to automate the testing of relay protection devices, which increases the reliability of this equipment.

Key words: RETOM-61, complex, relay protection and automation, verification, analysis.

Комплекс программно-технический измерительный РЕТОМ-61 предназначен для измерения напряжения постоянного и переменного тока, интервалов времени, а также воспроизведения напряжения и силы переменного и постоянного тока, частоты и времени.

Комплекс применяется в качестве калибраторов напряжения и силы переменного тока, для проверки характеристик параметров настройки электромеханических, полупроводниковых, микропроцессорных реле и

панелей РЗА при эксплуатации энергетических объектов в различных отраслях промышленности.

Комплекс состоит из устройства РЕТОМ-61, программного обеспечения и имеет следующие функциональные возможности:

➤ генерирует две трехфазные системы тока, трехфазное напряжение и с 3Уо, которые управляются независимо друг от друга по модулю, фазе и частоте. Это позволяет в ручном и автоматическом режиме проверять характеристики устройств РЗА при имитации различного вида

аварий и других аномальных режимах энергосистем (качаниях, асинхронном ходе и т.д.);

➤ выполняет поиск как статических параметров срабатывания защиты при плавном изменении входных параметров, так и динамических, - при подаче сигналов толчком;

➤ с помощью дискретных сигналов имитирует различные режимы работы внешних элементов схемы защиты, создавая корректные условия проверки различных ее функций;

➤ принимает и обрабатывает поступающие дискретную и аналоговую информацию, контролируя реакцию защиты на текущее воздействие;

➤ измеряет временные характеристики защиты и регистрирует работу его дискретных выходов;

➤ выполняет проверки защиты при различных уровнях питающего напряжения;

➤ осциллографирует как выдаваемые, так и внешние аналоговые сигналы, позволяя сопоставить их с данными регистратора дискретных сигналов, что позволяет легко проанализировать работу защиты;

➤ выполняет измерения величины постоянного и переменного напряжения, постоянного и переменного тока (с помощью клещей), основную частоту и спектральный состав сигнала, фазовый угол между двумя сигналами и т.д;

➤ большой набор программных модулей позволяет автоматически оценивать правильность защитных функций и точность параметров и уставок практически всех видов устройств РЗА и создавать протоколы их испытаний. При этом предоставлена возможность наблюдать на экране компьютера весь ход проверки, анализировать промежуточные результаты и, в необходимых случаях, корректировать условия проверки;

Область применения испытательного устройства РЕТОМ-61

РЕТОМ-61 предназначен для проверки и наладки как в ручном, так и в автоматическом режиме устройств РЗА всех поколений, таких как:

- современные микропроцессорные реле и сложные системы защиты отечественных и зарубежных фирм;
- цифровые устройства с поддержкой МЭК 61850;
- всей номенклатуры электромеханических панелей и комплектов защиты и автоматики;
- полупроводниковые устройства релейной защиты и автоматики, например, серий ШДЭ, ПДЭ, ШП, ШЭ, ЯРЭ и др.;
- приборы определения места повреждения;
- панели противоаварийной автоматики и цепей телеизмерения;
- устройства синхронизации;
- системы возбуждения генераторов;

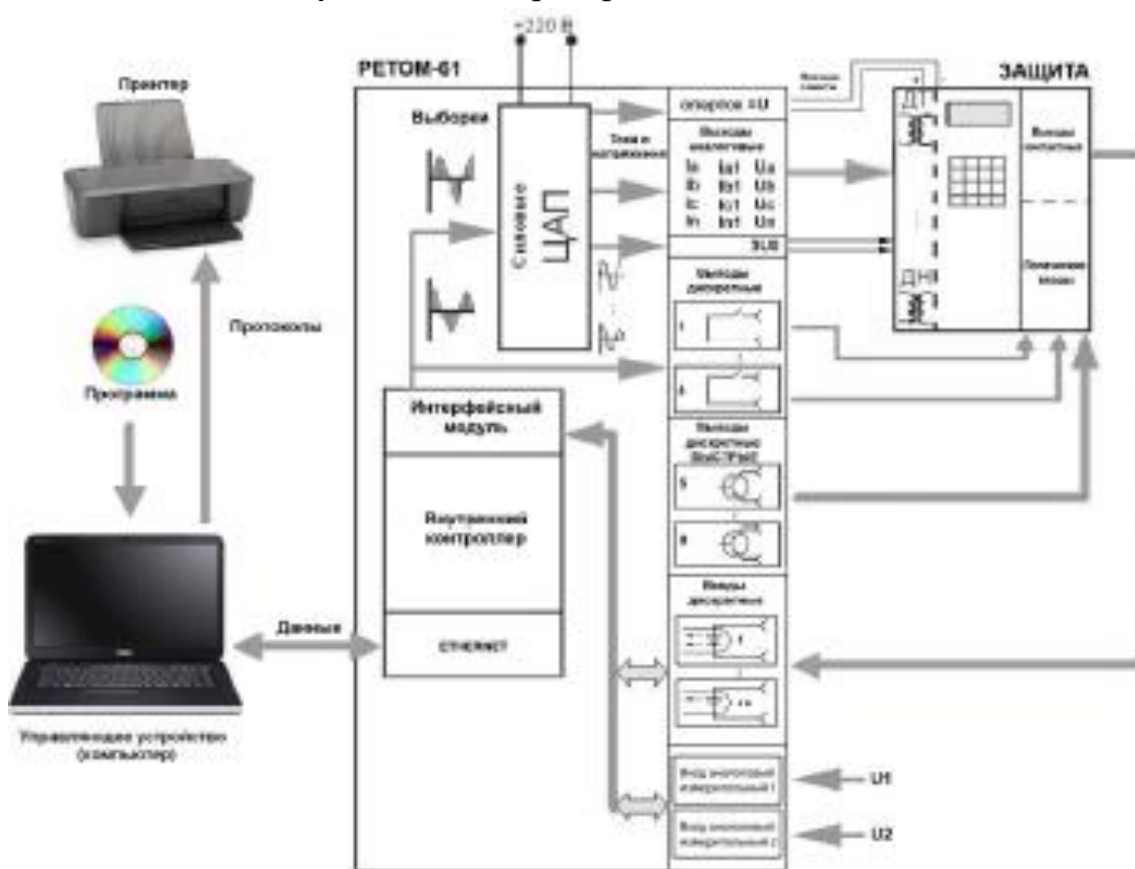


Рис.1. Структура комплекса РЕТОМ-61

Пользователь с помощью программы управления комплексом задает режим его работы. Компьютер в соответствии с заданным алгоритмом делает необходимые вычисления и передает данные на внутренний контроллер устройства РЕТОМ-61 (рис.1). По полученной информации внутренний контроллер рассчитывает массив цифровых выборок тока и напряжения. Интерфейсный модуль передает эти выборки на цифро-аналоговые преобразователи, которые формируют аналоговый сигнал

для соответствующих усилителей. На выходе усилителей появляются аналоговые сигналы тока IA, IB, IC, IA1, IB1, IC1 и напряжения UA, UB, UC, 3UO заданных величин, которые подаются на измерительные входы проверяемой защиты.

Состояние дискретных выходов проверяемого устройства защиты и входы АЦП опрашиваются внутренним контроллером, который синхронизирует это все с реальным временем, обрабатывает и передает данные в компьютер. Полученная информация анализируется в соответствии с алгоритмом работы, и регистрируются в виде параметров срабатывания для протокола испытаний.

Для создания определенных условий работы проверяемой защиты контроллер управляет своими дискретными выходами, имитируя работу различных сигналов, таких как ускорение, РПО, РПВ, блокировка и т.п. В устройстве имеются два типа дискретного выхода: реле и транзистор. Последние предназначены для подачи сигнала с минимальными временными задержками, но они могут коммутировать только небольшой ток.

Функциональные особенности испытательного устройства РЕТОМ-61

- две трехфазные системы тока с выдачей до 36 А, максимальной мощностью 700 ВА на каждый канал позволяют просто и быстро проверить сложные устройства РЗА, в том числе дифференциальные защиты трансформаторов;
- параллельное подключение токовых каналов позволяет получить ток до 72 А на канал с суммарной мощностью более 2000 ВА в трехфазном режиме, а также ток до 200 А с мощностью 1400 ВА в однофазном режиме;
- четыре канала напряжения с выдачей 135 В и мощностью 80 ВА на канал позволяют проверять сложные микропроцессорные защиты;
- возможность выдачи однофазного напряжения до 405 В позволяет осуществлять проверку защит в цепях 0,4 кВ;
- высокая типовая точность воспроизведения сигналов, соответствующая уровню 0,1%, позволяет применять прибор как калибратор;
- встроенный источник напряжения постоянного тока (264 В) позволяет проверять МП и ЭМ панели в автономном режиме при различных уровнях питающего напряжения;
- 16 дискретных входов с высоким разрешением (0,1 мс) дают возможность максимально полно анализировать реакцию проверяемой защиты;



Рис.2.Передняя часть прибора РЕТОМ-61

Выводы:

РЕТОМ-61 имеет множество преимуществ перед другими приборами для тестирования защиты, а процесс тестирования предельно прост и удобен. В настоящее время, когда производственный процесс прогрессирует, мы также должны использовать этот процесс.

Литература

1. РЕТОМ – 61. Руководство по эксплуатации. БРГА.441323.017 РЭ
2. Микропроцессорное устройство защиты “Орион – 2”. Руководство по эксплуатации, паспорт. БПВА.656122.003 РЭ.
3. Мирзозода Б.М. Санчиш ва ташхиси дастгоҳҳои ҳимояи релей ва автоматика: *Воситаи таълимӣ – Душанбе – 2022. 113 саҳ*

Сведения об авторах:

Шарипов У.Т. – магистрант 2-го курса группы 530104-03, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе

Аминов Ф.Ф. – магистрант 2-го курса группы 530104-03, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе

Охонов Р.Ф. – магистрант 2-го курса группы 530104-03, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе

Шокиров А.М. – магистрант 2-го курса группы 530104-03, Таджикского технического Университета имени М. С. Осими, г. Душанбе

**«ЭНЕРГЕТИКА:
СОСТОЯНИЕ И
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО –
ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Издано в авторской редакции

Подписано к печати 14 декабря 2022 г.
Условный печатный лист 1,0. Формат 60x84/16. Тираж 100 экз.
ЦИ и П ТТУ имени академика М.С. Осими, 2022 г.

ISBN 978-99985-36-17-3



9 789998 536173