



ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ
ГОРНЫХ МАШИН «АВТОМАТГОРМАШ ИМЕНИ В.А. АНТИПОВА»
(ГУ «АВТОМАТГОРМАШ ИМ. В.А. АНТИПОВА»)
пр. Ильича,93, г. Донецк, 283003, Тел. (071) 331-09-14
E-mail: avtomatgormash@mail.ru, Код ИКЮЛ 30556266

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора

Государственного учреждения

«Научно-исследовательский и

проектно-конструкторский институт

по автоматизации горных машин»

«Автоматгормаш им. В.А. Антипова»



 А.Ю. Довгань

« 03 » февраль 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Маренич Ольги Константиновны на тему: «Обоснование методов, алгоритмов и структуры технических устройств управления коммутационными процессами электротехнического комплекса участка шахты», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям) (технические науки)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Вх. № 16/21
« 04 » февраль 20 20

1 Актуальность темы диссертации

Производительность и общая эффективность работы шахтных очистных комплексов в значительной степени определяется уровнем мощности применяемого электромеханического оборудования. Поэтому повсеместное применение в составе электротехнических комплексов участков шахт оборудования повышенной мощности является характерной особенностью горного производства на современном этапе. Естественно, такой подход сопряжён с рядом острых, проблемных вопросов, не проявлявшихся ранее.

Принятая практика переключения трёхфазных трансформаторов и асинхронных двигателей со схемы «треугольник» на схему «звезда» позволила без особых проблем перевести шахтные участковые электросети в своё время с напряжения 380 В на напряжение 660 В. В настоящее время точно так же шахтные участковые электросети с потребителями высокой мощности переводят с напряжения 660 В на напряжение 1140 В. При этом экономическую целесообразность представляет идея сохранения в составе участковых подстанций низковольтных автоматических выключателей (серии АЗ792), несмотря на то, что напряжение, превышающее 1000 В, относится к категории высоких.

Имеющие место самоповреждения указанных автоматических выключателей при отключении ими коротких замыканий в сети напряжения 1140 В свидетельствуют о некоторой несовместимости их параметров с параметрами коммутационных процессов в сетях такого уровня напряжения. Поэтому исследование, призванное установить характер и закономерности коммутационных процессов при отключении токов высокого уровня в сети напряжения 1140 В, а также обосновать технические решения, сопутствующие эффективной и безаварийной работе низковольтных автоматических выключателей в сети напряжения 1140 В, являются актуальными.

Применение асинхронных электроприводов повышенных уровней мощности позволяет существенно увеличить длину забойных скребковых конвейеров и, как следствие, увеличить длину самих очистных забоев, что является экономически целесообразным решением. Однако, это обуславливает необходимость применения весьма протяжённых кабелей для питания потребителей высокой мощности. Возникающие при этом потери напряжения в кабельной сети участка шахты отличаются высокими величинами и, как правило, не компенсируются переключением вручную отпаяк трансформаторов участковых подстанций. Эксплуатация мощных асинхронных двигателей в сетях с повышенным уровнем потерь напряжения сопряжена с высокими токовыми перегрузками, что ведёт к снижению их ресурса, надёжности работы.

В связи с этим, исследования и разработки в области автоматизации процесса стабилизации напряжения питания удалённых электропотребителей высокой мощности также являются актуальными.

2 Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Выдвинутая автором идея ограничения энергетических параметров коммутационного дугообразования при отключении короткого замыкания, а также стабилизации напряжения питания электропотребителя в сети с высокими потерями напряжения на основе управляемой коммутации обмоток трансформатора шахтной участковой подстанции реализована разработкой универсального технического решения. В практике эксплуатации шахтных участковых электротехнических комплексов до сих пор подобные подходы не применялись.

К основным научным результатам диссертации относятся следующие.

Получила развитие математическая модель коммутационного плазмообразования в процессе горения сильноточной электрической дуги, отличающаяся наличием функциональной зависимости сечения плазмы от продолжительности плазмообразования, учётом продолжительности нагрева поверхностей плазмообразующих контактов автоматического выключателя и параметров расширения ствола плазмы дуги в придиафрагменных областях, что позволило обосновать целесообразность и параметры управления коммутационным процессом отключения короткого замыкания, в соответствии с критерием опережения металлизации диэлектрических элементов конструкции автоматического выключателя;

Обоснован способ стабилизации напряжения питания потребителя в сети, создающей значительные потери напряжения, который состоит в автоматическом управлении коммутацией вторичных обмоток трансформатора питающей подстанции, обосновано применение одноконтурной системы автоматического управления процессом на основе сопоставления с заданным параметром разности фактического напряжения трансформатора и вычисленных потерь напряжения в сети, определена структура исполнительного коммутационного устройства и принципы формирования управляющей функции в вариантах фазового и импульсного воздействия на коммутационный процесс, установлена функциональная связь величины напряжения трансформатора и параметров управления коммутационным процессом.

Результативность исследований заключается в том, что:

1. Установлено, что металлизация диэлектрических элементов корпуса низковольтного АВ шахтной ТП в процессе отключения к.з. в сети напряжения 1140 В является следствием коммутационного дугообразования, сопровождаемого расширением столба плазмы в придиафрагменных областях, образуемых формой окна дугогасительной камеры; энергетические параметры дуги имеют тенденцию линейного увеличения до установившегося уровня на

интервале времени до 15 мс, что свидетельствует о недостаточности токоограничительных свойств применяемой максимальной токовой защиты, время срабатывания которой достигает $80 \text{ ч } 100 \text{ мс}$, и целесообразности ускорения отключения к.з.; достаточными функциональными свойствами обладает схема коммутации предохранителем выхода выпрямителя, объединяющего вторичные обмотки трансформатора участковой трансформаторной подстанции в трёхфазную цепь.

2. Разработан способ стабилизации напряжения питания потребителя в сети с высоким уровнем потерь напряжения на основе применения коммутатора трёхфазной цепи вторичных обмоток трансформатора участковой трансформаторной подстанции, функционирующего в режиме фазового управления, либо импульсной коммутации, и управляемого в автоматическом режиме.

3. Установлено, что система автоматического управления процессом стабилизации напряжения электропотребителя в сети с высоким уровнем потерь напряжения может быть построена по одноконтурной схеме на основе использования в качестве элемента сопоставляемого параметра величины потерь напряжения в кабельной сети потребителя, вычисленной с учётом величины тока и вводимых параметров используемых кабелей.

4. Установлено, что условием, препятствующим влиянию обратной ЭДС асинхронного двигателя на параметры полупроводниковых элементов устройства управляемой коммутации является его подключение к вторичным обмоткам трансформатора со стороны, противоположной к цепи подключения этого двигателя. В случае импульсной коммутации вторичных обмоток трансформатора участковой трансформаторной подстанции частота импульсов отключения проводимости этих обмоток должна составлять $6n$ от частоты сети, а их скважность – определяться параметром, поступающим от системы автоматического управления.

Таким образом, теоретическая значимость результатов работы заключается в раскрытии закономерностей воздействия плазмы электрической дуги на элементы конструкции автоматического выключателя,

сопровождаемого их металлизацией, в процессе коммутации силовоточной электрической цепи переменного тока; обосновании параметров и способа управления ускорением коммутационного процесса и методов адаптации коммутационной функции применительно к решению задачи автоматической стабилизации напряжения питания электропотребителя в сети с высоким уровнем потерь напряжения.

Практическая значимость диссертации подтверждается внедрением её результатов в учебный процесс в ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (справка №29-15/16 от 27.11.2019 г.) при чтении курса лекций по дисциплине «Автоматическая защита электрооборудования шахт от аварийных и опасных состояний» для студентов направления подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств в горно-металлургической отрасли»). Результаты данного диссертационного исследования приняты также ГУ «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищённого и рудничного электрооборудования» (письмо №1-354 от 22.11.2019 г.) для использования в профильных научно-исследовательских работах, что также подтверждает практическую ценность работы.

К практически значимым результатам исследования следует также отнести выявленный в ходе экспериментов специфический отказ однополюсного вакуумного контактора, вероятность которого ранее не учитывалась при разработке систем управления и автоматизации силовых коммутационных устройств, оснащаемых подобными вакуумными контакторами.

3 Степень обоснованности и достоверности научных результатов

Обоснованность и достоверность научных результатов подтверждается проведенными теоретическими исследованиями на основе использования

апробированных методов исследования, включая методы систематизации, математического и компьютерного моделирования; основных положений теории электрических цепей, теории плазмообразования в электрической дуге, теории переходных процессов, теории автоматического управления процессами и объектами, а также результатами натурных экспериментов, в ходе которых подтверждены функциональные возможности и параметры обоснованных технических решений в области управляемой коммутации вторичных обмоток трансформатора трансформаторной подстанции участка шахты в контексте достижения эффекта ускорения отключения короткого замыкания в присоединении подстанции. В частности, продолжительность коммутации цепи короткого замыкания (при токе 4292 А) зафиксирована на уровне 5,9 мс при обоснованной максимальной величине 10 мс, что в 13, 56 раза меньше продолжительности отключения короткого замыкания существующими защитными и коммутационными устройствами. Подтверждены работоспособность способов и регулировочные характеристики устройств коммутации вторичных обмоток трансформатора подстанции в режиме фазового и импульсного управления в контексте реализации автоматической стабилизации напряжения питания удалённо расположенного электропотребителя в сети с высоким уровнем потерь напряжения.

Основные результаты работы докладывались, обсуждались и одобрены на 7 международных конференциях, на совещании - заседании круглого стола по теме: «Новые способы и средства обеспечения безопасности применения электрической энергии в шахтах» (ГУ «МакНИИ», 2019 г.) в рамках V Международного научного форума ДНР «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие», защищены патентом на изобретение, опубликованы в 6 специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН ДНР, в 5 сборниках докладов конференций.

4 Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Технические решения в области управляемой коммутации силовых цепей электротехнического комплекса участка шахты, разработанные автором в ходе выполнения диссертационных исследований, вполне адаптированы к условиям применения в составе рудничного электрооборудования. Их использование, объективно, позволит повысить эффективность эксплуатации шахтных участковых систем электроснабжения, а именно:

- исключит необходимость разработки и изготовления специальных высоковольтных автоматических выключателей для электрических сетей напряжения 1140 В и кардинальную корректировку конструкций, в связи с этим, участковых трансформаторных подстанций;

- обеспечит безаварийную эксплуатацию низковольтных автоматических выключателей в составе участковых трансформаторных подстанций в сети напряжения 1140 В;

- позволит снизить токовые перегрузки асинхронных двигателей удалённо расположенных электропотребителей высокой мощности за счёт автоматической стабилизации напряжения питания на уровне, близком к номинальному.

Таким образом, промышленное внедрение результатов диссертационной работы является приемлемым и целесообразным.

5 Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертационная работа соискателя Маренич Ольги Константиновны «Обоснование методов, алгоритмов и структуры технических устройств управления коммутационными процессами электротехнического комплекса

участка шахты» соответствует областям исследования п. 3 и п. 15 паспорта научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям) (технические науки):

п. 3 «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП)»;

п. 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.).»

Содержание диссертации соответствует формуле паспорта научной специальности, поскольку раскрывает научно обоснованные методы и алгоритмы управления коммутационными процессами в силовых присоединениях электротехнического комплекса участка шахты в свете решения проблемных прикладных задач, принципы построения автоматизированных систем управления процессами в системе электроснабжения участка шахты в контексте технической подготовки и обеспечения производства.

6 Соответствие диссертации и автореферата требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней»

Автореферат содержит основные положения диссертационной работы и достаточно полно отражает её содержание. Диссертация и автореферат обладают внутренним единством, содержат новые научные результаты и положения, выносимые на защиту. Диссертационная работа Маренич О.К. соответствует критериям «Положения о присуждении учёных степеней»,

утверждённого постановлением Совета Министров Донецкой Народной Республики №2-13 от 17 февраля 2015 года.

Диссертационная работа Маренич О.К. является завершённой научно-исследовательской работой, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи повышения эффективности эксплуатации шахтных участков электротехнических комплексов на основе научного обоснования и практической реализации методов, алгоритмов и структуры технических устройств управления коммутационными процессами в силовой цепи трансформатора комплектной подстанции участка шахты при отключении коротких замыканий и стабилизации напряжения питания потребителя в сети, создающей значительные по величине потери напряжения.

Диссертация написана автором самостоятельно, в ней приводятся теоретические и экспериментальные исследования, даны практические рекомендации по технической реализации принципов управления коммутационными процессами в структуре электротехнического комплекса участка шахты. В диссертации соискатель ссылается на авторов и источники заимствования материалов.

7 Замечания по диссертации и автореферату

По тексту диссертационной работы и автореферата имеются следующие замечания.

1. Говоря о тенденции применения электромеханического оборудования высокой мощности, в диссертации уместно было бы привести данные, характеризующие динамику перевода участков шахт с напряжения 660 В, на напряжение 1140 В на примере шахт Донбасса, либо Российской Федерации.

2. В аналитическом материале диссертации приводится схема трансформаторной подстанции типа ТВПШ, включая устройства управления и

защиты. Однако это изделие находится на стадии постановки на производство. Целесообразнее было бы дать информацию о серийных участковых трансформаторных подстанциях (ТСВП; КТПВ; ВСТП и др.) и применяемых в их структуре устройствах управления и защиты.

3. Информация об устройстве гибкого кабеля марки КГЭШ (с. 16) является общеизвестной и потому – не обязательной в тексте диссертации.

4. Описание формирования соединений азота, (с. 20) сопровождающего электродуговой коммутационный процесс, представляется излишним, т.к. это не имеет отношения к самоповреждению автоматического выключателя при отключении токов короткого замыкания в сети напряжения 1140 В.

5. Предложенные соискателем технические решения в области управляемой коммутации обмоток трансформатора участковой подстанции выполнены применительно к соединению этих обмоток в схему «звезда». Как предложения соискателя могут быть реализованы при необходимости соединения вторичных обмоток трансформатора в схему «треугольник»?

6. Потери напряжения в сети электропитания асинхронного двигателя при его пуске в большей степени определяются величиной потребляемого тока, чем кратковременным изменением коэффициента мощности. Поэтому система автоматического управления, представленная на рисунке 3.2 (с. 76) текста диссертации и соответствующий алгоритм могут быть упрощены исключением из процедуры вычисления и последующего использования в вычислительном процессе параметра средневзвешенного пускового коэффициента мощности.

7. В контексте исследования процесса автоматической стабилизации напряжения питания электропотребителя в сети с высоким уровнем потерь напряжения результаты гармонического анализа выходных напряжений трансформатора подстанции следовало бы привести не для конкретных значений, а для диапазона изменения углов отпирания тиристором коммутатора обмоток трансформатора при фазовом управлении и параметров

импульсов отключения проводимости обмоток трансформатора при импульсном управлении.

8. Из таблицы 4.1 (с. 99) не ясно, идёт ли речь о единичных результатах экспериментов, или об усреднённых результатах повторяющихся экспериментов.

9. В четвёртом разделе диссертации следовало бы сформулировать, как результаты эксперимента, представленные на рисунке 4.14 (с. 107 – с. 109), должны быть использованы при функционировании системы автоматического управления применительно к импульсной коммутации вторичных обмоток трансформатора шахтной участковой подстанции.

8 Заключение

В целом, диссертация является завершённой актуальной научно-исследовательской работой, содержащей новые теоретические и практические положения, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует паспорту научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям) (технические науки), в частности, п. 3 «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП)»; п. 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.). Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Указанные в отзыве замечания не являются определяющими и не снижают положительной оценки диссертационной работы.

Работа отвечает требованиям п.2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Совета Министров ДНР №2-13 от 17 февраля 2015 года, предъявляемых к кандидатским диссертациям.

Автор диссертационной работы Маренич Ольга Константиновна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по

специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям) (технические науки).

Диссертационная работа Маренич О.К. рассмотрена на научно-техническом совете ГУ «Автоматгормаш им. В.А. Антипова» (протокол №1 от 28 января 2020 г.), на котором принято решение утвердить положительный отзыв ведущего предприятия.

И.о. первого заместителя директора

ГУ «Автоматгормаш им. В.А. Антипова»,

председатель научно-технического совета,

д. т. н., проф.



Курносов В.Г.

Адрес: 283003, ДНР, г. Донецк, пр-т Ильича, 93.

Тел. : +38(071)331-09-14; (062) 297-80-39 (приёмная)

Адрес электронной почты: avtomatgormash@mail.ru

Я, Александр Юрьевич Довгань, согласен на автоматизированную обработку данных, приведенных в этом документе

А.Ю. Довгань

Я, Вячеслав Григорьевич Курносов, согласен на автоматизированную обработку данных, приведенных в этом документе

В.Г. Курносов