

Отзыв официального оппонента

доктора технических наук, Тропина Владимира Валентиновича,
на диссертационную работу Цедякова Андрея Александровича
на тему «Повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных
потребителей за счет снижения времени перерыва электроснабжения при
однофазных замыканиях на землю в воздушных линиях 6-10 кВ»,
представленную к защите в диссертационный совет 35.2.030.03
на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет -
МСХА имени К.А. Тимирязева» на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 4.3.2 –
«Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение
агропромышленного комплекса»

Актуальность работы

Важную роль в повышении надежности электроснабжения сельских потребителей играет совершенствование автоматических устройств релейной защиты от аварийных режимов работы сельских распределительных сетей среднего класса напряжений 6-10 кВ, трёхпроводные линии электропередачи которых функционируют по системе с изолированной нейтралью. Наиболее частой аварийной ситуацией таких линий является однофазное замыкание на землю. Для существующих подстанций, имеющих в основном воздушные выводы отходящих трёхпроводных линий 6-10 кВ, релейные устройства селективной защиты или сигнализации находятся пока в начальной стадии разработки и внедрения в практику, поскольку весь цикл таких работ требует реконструкции схем первичной коммутации с установкой кабельных вставок и монтажа фильтров тока нулевой последовательности, обеспечивающих необходимую чувствительность к относительно малым по величине токам замыкания на землю. В связи с этим, для выполнения селективной сигнализации однофазных замыканий на землю линий 6-10 кВ, имеющих воздушный вывод на распределительном устройстве, актуальным, т.е. технически необходимым в настоящий момент, является разработка простых первичных преобразователей тока, или датчиков тока, устанавливаемых в распределительном устройстве без сложной реконструкции схемы первичной коммутации и одновременно формирующих необходимый фильтр тока нулевой последовательности для селективной сигнализации быстрого обнаружения поврежденной линии, что и способствует в итоге сокращению времени перерыва электроснабжения. Таким образом, актуальность избранной соискателем темы исследования не подлежит сомнению.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация Цедякова А.А. изложена на 171-й странице, состоит из Оглавления (3 стр.), Введения (6 стр.), Основной части, содержащей 58 рисунков, 19 таблиц (129 стр.), Заключения (2 стр.), Списка сокращений и условных обозначений (1 стр.), Списка литературы, включающего 101 наименование, в том числе 6 – на иностранном языке (10 стр.) и 4-х Приложений А,Б,В,Г (21 стр.).

В начале, в первой главе, как это и принято в научном исследовании, даётся обзор существующего положения дел в рассматриваемой научной области, в частности, автором проводится качественная и количественная оценка надежности основных схем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей в сетях среднего класса напряжения 6-10 кВ, зависящая от структуры и функций устройств релейной защиты, дающих сигналы распознавания номера линии и места однофазного короткого замыкания на землю. Определяются элементы схем и, в первую очередь, специальные нелинейные трансформаторы тока, не обеспечивающие нормируемого уровня надёжности и показываются средства, уменьшающие время отключенного состояния потребителей и, следовательно, повышающие надежность электроснабжения. Рассматриваются основные типы современных микропроцессорных и полупроводниковых релейных защит от однофазных замыканий на землю и устройства, предназначенные для питания и управления работой данных защит.

Обоснование математической модели предлагаемого датчика тока релейной защиты, который должен удовлетворить конструктивным требованиям используемым в настоящее время распределительным устройствам автор проводит во второй главе, где также рассматриваются основные известные методы анализа и расчета измерительных схем с датчиками тока трансформаторного типа. Приводятся результаты аналитических и экспериментальных исследования, дающих хорошее, с позиции практики, совпадение между собой. Разработан и предлагается для более широкого использования интересный алгоритм, который позволяет с минимальными допускаемыми погрешностями определять основные статические и динамические характеристик датчиков тока в режимах холостого хода и наиболее вероятной нагрузки.

В третьей главе представляется разработка опытного макета датчика тока и определение его конструктивных параметров и основных показателей. Исследования датчика тока проводились на экспериментальных установках, как для режима холостого хода, так и для режима наиболее вероятной нагрузки. Результаты исследования позволили выполнить конструктивное и

схемное исполнение датчика тока, наиболее соответствующее условиям питания релейных защит от воздействия однофазных замыканий на землю применяемых в сельских распределительных сетях 6-10 кВ.

В четвертой главе приведены результаты исследования синтезированного фильтра тока нулевой последовательности, построенного на базе разработанных датчиков тока. Выбрана рациональная схема соединения вторичных обмоток датчиков тока составляющих фильтр тока нулевой последовательности, определен количественный показатель «сигнал/помеха», как критерий качества выполнения фильтра токов нулевой последовательности, который соответствует требованиям для сельских распределительных сетей 6-10 кВ. Предложен алгоритм определения конструктивных параметров датчиков тока, образующих фильтр токов нулевой последовательности для подключения селективной сигнализации линий с током однофазного замыкания на землю.

Реализация селективной сигнализации токов однофазных замыканий на землю в сельских сетях 6-10 кВ на основе двухконтурного фильтра токов нулевой последовательности описана в пятой главе диссертации. Были проведены производственные испытания данной селективной сигнализации токов однофазных замыканий на землю, которые показали работоспособность предложенного устройства и соответствие его характеристик требованиям технического задания. Полученное при этом сокращение времени перерыва электроснабжения указывает на необходимое повышение его надежности. Техничко-экономические расчёты предложенного варианта селективной сигнализации токов однофазных замыканий на землю показали его относительно высокую экономическую эффективность по сравнению с другими аналогичными устройствами.

В Приложении А представлены возможные методы аппроксимации кривой намагничивания трансформаторного датчика тока. В Приложении Б показано выполнение защиты от возможных перенапряжений во вторичной обмотке трансформаторных датчиков тока. В Приложении В дан сравнительный анализ фильтров токов нулевой последовательности, основным критерием которого принято отношение «сигнал-шум». В Приложении Г представлен Протокол производственных испытаний устройства селективной сигнализации и Акт внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс профессиональной переподготовки и повышения квалификации слушателей Московского института энергобезопасности и энергосбережения, при этом основным результатом внедрения принято уменьшение на 2 часа в год время перерыва электроснабжения сельских потребителей.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Автором разработана новая математическая модель трансформаторного датчика тока, позволившая выявить закономерность между параметрами датчика тока и током нулевой последовательности сети, вызванным однофазным замыканием на землю трёхпроводной линии среднего класса напряжений. Это дало возможность рассчитать статические и динамические характеристики трансформаторного датчика тока в основных режимах работы – холостого хода и наиболее вероятной нагрузки. Автором также разработан алгоритм определения соотношения витков вторичных обмоток датчиков тока, образующих синтезированный фильтр тока нулевой последовательности.

С позиции практических результатов ценность работы заключается в том, что на основе разработанного и изготовленного макета трансформаторного датчика тока создано необходимое для нынешних условий работы сетевого трансформаторного оборудования устройство селективного определения направления токов нулевой последовательности, состоящего из трех датчиков тока и направленной селективной сигнализации типа ЗЗП-1. Испытания, проведенные на подстанции №564 Рождествено ПАО «Россети» Можайский РЭС, показали устойчивую и с заданной погрешностью работу устройства по определению поврежденной линии. Полученная математическая модель с исходными и формируемыми показателями, а также алгоритмы расчетов характеристик датчика тока, приняты к использованию в учебном процессе Московского института энергобезопасности и энергосбережения.

Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена использованием теоретически обоснованных и апробированных методик исследований, заданной повторностью опытов, применением методов планирования экспериментов, проведением производственных и лабораторных испытаний. Моделирование процессов в датчиках тока выполнялось в хорошо зарекомендовавшем себя в задачах электротехники программном комплексе MatLab Simulink, численный анализ проводился с использованием общепринятой компьютерной программы MathCAD. Выводы и практические рекомендации, представленные в диссертационной работе, обоснованы и соответствуют сущности проведенных исследований.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации. В автореферате и опубликованных работах нашли отражение

теоретические и экспериментальные результаты материалов всех разделов и существа выполненных исследований диссертации.

Личное участие автора в получении научных результатов исследований заключается в постановке задач исследований, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных результатов, в написании научных статей и проведении производственных испытаний.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации

1. В тексте диссертации имеются опечатки в виде пропущенных знаков препинания, орфографических неточностей, например, на страницах 3, 44, 56, 57, 62, 82, 129, и незначительных отклонений от стандарта ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации».
2. Содержательные ошибки:
 - на странице 56 не обозначена формула 2.30;
 - на странице 82 не определена формула 3.4;
 - в автореферате и диссертации по разному названа подстанция №564, где проводились испытания опытного образца разработанного устройства.
3. Из диссертационной работы не совсем понятно, как определялось время поиска и обнаружения поврежденного присоединения (пункт 1.1).
4. Рассматривая различные методы аппроксимации кривой намагничивания датчика тока, автор не упоминает об относительно несложном методе гармонической линеаризации, который, как известно, является достаточно эффективным, и его надо было бы сравнить с используемым методом кусочно-линейной аппроксимации (пункт 2.1).
5. Применяя в качестве ферромагнитного материала сердечника сталь марки Э-310, автор не рассматривает более современные материалы (пункт 3.1).
6. Не понятно использование автором термина «оптимальный» в случае выбора сечения магнитопровода $0,5-1,0 \text{ см}^2$ (стр.122) и - выбора соотношения между витками рабочей и дополнительной обмотками датчика тока (стр.21 автореферата), поскольку не указаны критерии оптимальности.
7. Не ясно как осуществлялось моделирование режима замыкания на землю, в лабораторной установке, при исследовании схемы фильтра тока нулевой последовательности (пункт 4.2).
8. Не понятно, чем вызвано использование германиевых транзисторов МП42, МП101, МП105. Вместо них широко используются кремниевые транзисторы типов КТ3102 и КТ3107, имеющие на порядок лучшие токовые показатели.

Заключение

Диссертационная работа Цедякова Андрея Александровича на тему «Повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей за счет снижения времени перерыва электроснабжения при однофазных замыканиях на землю в воздушных линиях 6-10 кВ», представленная к защите в диссертационный совет 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева» на соискание учёной степени кандидата технических наук, является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой и соответствует паспорту специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса. Диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в пунктах 9 - 11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 апреля 2013 года №842, с изменениями на 11.09.2021 г., а ее автор, Цедяков Андрей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент

доктор технических наук,
(05.14.02 Электрические станции,
сети, системы и управление ими)
профессор кафедры «Применения
электрической энергии» ФГБОУ ВО
«Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина»

Тропин Владимир
Валентинович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, дом 13. Телефон: +7(861)221-59-42, e-mail: mail@kubsau.ru

М.П

