ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» Калинина Вячеслава Фёдоровича на диссертационную работу Псарева Александра Ивановича на тему «Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством разработки пунктов секционирования с функцией резервирования линий электропередачи 0,4 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».

Структура и объем работы

Диссертация изложена на 250 страницах, состоит из введения; основной части, содержащей 52 рисунка, 29 таблиц; заключения; списка литературы, включающий 123 наименований, в том числе 16 – на иностранном языке и 6 приложений.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Сельские сети 0,4 кВ сегодня остаются наиболее уязвимым звеном распределительной электрической сети. Преимущественно радиальное построение и большая протяжённость линий оборачиваются для потребителей неоправданно длительными перерывами электроснабжения, а сопутствующие удельные ущербы и затраты на устранение отключений оказываются весьма значительными. Положение усугубляется тем, что при отсутствии средств секционирования защитные коммутационные аппараты не обладают достаточной чувствительностью к удалённым однофазным КЗ, что может привести к угрозе жизни людей и животных, к тому же любое повреждение на линии приводит к отключению всех потребителей. Применяемые технические средства — предохранители, автоматические выключатели, секционирующие пункты на электромеханических реле довольно сложно интегрируются в интеллектуальные электрические сети. Разработанные некоторыми авторами автоматизированные средства секционирования и резервирования – мультиконтактные коммутационные системы имеют ограниченную область применения, так как устанавливаются только в точках разветвления линий электропередачи. Сетевые организации отмечают потребность в пунктах секционирования с функциями АВР (СПАВР), однако отсутствует методика

обоснованного определения их количества и мест установки, учитывающая критерии чувствительности защиты, надёжности электроснабжения и технико-экономической эффективности. Не проработаны и вопросы автоматического возврата схемы в исходное состояние и согласования работы СП и АВР. Всё это делает диссертационную работу Псарева Александра Ивановича «Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством разработки пунктов секционирования с функцией резервирования линий электропередачи 0,4 кВ» актуальной.

2. Соответствие содержания диссертации цели и объектам исследования, поставленным цели и задачам, принятой программе исследования

В диссертационной работе Псаревым А.И. найден один из вариантов решения научной задачи повышения надежности электроснабжения сельских потребителей посредством разработки пунктов секционирования с функцией резервирования линий электропередачи 0,4 кВ, что увязано с целью работы.

Задачи исследования, приведенные в работе, отвечают поставленной цели и содержанию диссертации. Содержание глав и разделов диссертации логически вытекает из поставленных цели и задач, соответствует принятой программе исследования, объекту (электрические сети 0,4 кВ, средства их секционирования и резервирования) и предмету (параметры и режимы ВЛ 0,4 кВ, методики размещения пунктов секционирования и резервирования, алгоритмы их согласования и технические средства реализации) исследования.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автор достаточно корректно использует известные научные методы исследования, обосновывает полученные результаты, выводы и рекомендации. Им обстоятельно изучены и критически проанализированы исследования других ученых, о чём свидетельствует список использованной литературы, включающий 123 наименования. Методы исследования базируются на основных положениях теории вероятности, математической статистики, математического моделирования и инженерного эксперимента, теории надежности, определения технико-экономической эффективности.

Внедрение в практику результатов исследований на ООО «ЭнерГарант», Ливенские районные электрические сети Филиала ПАО «Россети Центр» - «Орелэнерго» и в учебный процесс ФГБОУ ВО Орловского ГАУ убеждают в высокой степени обоснованности научных рекомендаций автора.

Научные положения, сформулированные в диссертации, обоснованы результатами выполненных исследований. Результаты представлены в выводах по отдельным главам и работе в целом. Выводы и сделанные

рекомендации обоснованы и соответствуют поставленной цели и задачам, идее работы, при этом не противоречат результатам, опубликованных другими авторами по данной тематике.

4. Новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна заключается в: разработанной методике выбора количества и мест установки пунктов секционирования и резервирования линий электропередачи 0,4 кВ, учитывающую критерии обеспечения чувствительности защиты ЛЭП, надёжности электроснабжения и технико-экономические критерии; в разработанных новых способах согласования работы пунктов секционирования и резервирования линий электропередачи 0,4 кВ, алгоритмах их реализации, обеспечивающих запрет АВР на короткое замыкание и возврат схемы в исходное состояние после успешной работы АВР; разработанном пункте секционирования и резервирования электрической сети 0,4 кВ с микроконтроллерным блоком управления, оснащённым средствами интеграции в интеллектуальные электрические сети.

Достоверность, новизна и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертационной работе Псарева А.И., подтверждаются формулировкой задач исследования, сделанной исходя из всестороннего анализа нормативных документов и литературных источников, использованием традиционных методических принципов современной науки и известных методов анализа и синтеза, непротиворечивостью математических выкладок и преобразований.

5. Значимость для науки и практики результатов диссертации и возможные пути её применения

Значение диссертационной работы для науки и практики заключается в: разработанной методике выбора количества и мест установки пунктов секционирования и резервирования линий электропередачи 0,4 кВ, учитывающей критерии обеспечения чувствительности защиты ЛЭП, надёжности электроснабжения и технико-экономические критерии; в разработанных новых способах согласования работы пунктов секционирования и резервирования линий электропередачи 0,4 кВ, алгоритмах их реализации, обеспечивающих запрет АВР на короткое замыкание и возврат схемы в исходное состояние после успешной работы АВР; в разработанном пункте секционирования и резервирования электрической сети 0,4 кВ с микроконтроллерным блоком управления, оснащённым средствами интеграции в интеллектуальные электрические сети.

Полученные в результате исследования алгоритмы работы СПАВР могут быть использованы для решения задач автоматизации, возникающих при проектировании новых сельскохозяйственных распределительных сетей 0,4 кВ и реконструкции существующих.

Результаты исследований подтверждаются внедрением СПАВР в учебный процесс в ФГБОУ ВО Орловском ГАУ, внедрением разработанной компьютерной программы по определению места установки СПАВР в ООО «ЭнерГарант», Ливенские районные электрические сети Филиала ПАО «Россети Центр» - «Орелэнерго».

6. Полнота опубликования основных результатов диссертации в научных изданиях

По результатам исследований опубликовано 20 научных работ, 4 из которых опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК, 4 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в наукометрических базах Scopus и Web of Sciens. Получены 3 патента на изобретения и одно свидетельство на программный продукт. Основные положения и выводы диссертации обсуждались на различных конференциях, в том числе международных.

7. Оценка содержания диссертационной работы, степень её завершенности и качество оформления

Диссертационная работа Псарева А.И. содержит теоретические и практические результаты, которые позволяют квалифицировать её как завершенную, самостоятельно выполненную научную работу. Оформление работы соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней.

Во введении обоснована актуальность работы, приводятся цели, задачи и предмет исследования, новизна научных результатов, практическая значимость, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ статистических характеристик сетей 0,4 кВ Орловского РЭС и анализ количества и причин отключений. Установлено, что средняя протяжённость ЛЭП 0,4 кВ составляет 0,965±0,07 км, более 95% линий радиальные, к одной секции шин ТП подключено 3±1 линия, доля самонесущих изолированных проводов около 50%. Поток отказов составляет 23–38 год$^{-1}$/100 км, причём основными причинами отключений являются погодные явления (21,28%), недостатки техобслуживания (12,27%) и прочие (неизвестные) причины (53,12%). Высокий поток отказов обусловлен радиальным исполнением, заниженными сечениями провода и отсутствием средств секционирования. Показано, что для значительного числа линий не выполняются требования чувствительности защит к удалённым однофазным КЗ, что снижает электробезопасность, а более 40% ручных повторных включений успешны, что обосновывает автоматизацию пунктов секционирования с функциями автоматического повторного включения (АПВ). Выявлено отсутствие решений по возврату схем резервирования в исходное состояние и по запрету АВР на основе контроля параметров и

информации по каналам связи, а также отсутствие разработанных СПАВР и методик выбора их количества и мест установки. Сформулированы требования к функциональным возможностям СПАВР, включая дистанционный контроль и управление, и основные задачи исследования.

Во второй главе приводится разработанная методика выбора количества и мест установки пунктов секционирования и резервирования в сельских сетях 0,4 кВ. Первым действием выполняется расчёт максимального расстояния установки СП и СПАВР по критериям чувствительности защитных аппаратов, при нескольких устройствах определяются возможные зоны установки каждого из них. Разработана компьютерная программа «Место установки СПАВР», реализующая методику. Далее количество и места установки СПАВР выбираются по критерию надёжности с учётом сокращения недоотпуска электроэнергии: определяются показатели надёжности сети и СПАВР (вероятность безотказной работы 0,999986, поток отказов — год$^{-1}$/100 шт., время восстановления 1 ч), ущерб от аварийных перерывов для всей ЛЭП и участков за местом установки СП, рациональные точки секционирования по условию минимизации ущерба, эффект секционирования, эффект от сокращения плановых перерывов, суммарный эффект и годовой экономический эффект. При нескольких устройствах расчёт выполняется для разных вариантов количества и размещения СПАВР, рациональным принимается вариант с максимальным экономическим эффектом. Заключительным действием вариант реконструкции или строительства ЛЭП с установкой СПАВР сравнивается с вариантами замены или увеличения сечения провода и установки дополнительной ТП, наилучший вариант определяется по общим приведённым затратам с учётом потерь напряжения и электроэнергии.

В третьей главе проведён анализ недостатков существующих способов и технических средств секционирования и резервирования, разработаны новые способы их совершенствования для ЛЭП 0,4 кВ. Показано, что применение предохранителей, автоматических выключателей и СП на электромеханических реле не позволяет организовать дистанционное управление и интеграцию в диспетчерские и интеллектуальные сети, а также не проработаны решения по автоматическому возврату схем с СП, АВР и СПАВР в исходное состояние и по согласованию их работы. Предложен способ отключения АВР при восстановлении нормального режима сети, основанный на контроле направления потока мощности через пункт СПАВР работающий в режиме АВР. По изменению направления потока определяется включение СП на резервируемой линии и необходимость отключения АВР, приведена структурная схема реализации. Разработаны способ и устройство запрета АВР на короткое замыкание на резервируемом участке ЛЭП, основанные на контроле тока и напряжения в точке установки СП и положения его коммутационного аппарата. При совпадении фактов появления тока КЗ, отключения аппарата СП и исчезновения всех трёх фазных напряжений по каналу связи подаётся сигнал запрета включения выключателя АВР. Приведена структурная схема устройства.

В четвертой главе разработаны структурные и электрические принципиальные схемы СПАВР и его микроконтроллерного блока управления, алгоритмы управления устройством. Изготовлен экспериментальный образец СПАВР с блоком МБУСП-1, проведены испытания, получена времятоковая характеристика токовых защит для настройки уставок. Блок МБУСП-1 реализует алгоритмы секционирования, АВР, АПВ, запрета АПВ при КЗ на резервируемом участке и отключения АВР при восстановлении нормального режима, а также сбор и передачу информации о контролируемых параметрах. В качестве коммутационного аппарата применён вакуумный контактор LSM/TEL, допускающий коммутацию токов КЗ. В ходе испытаний проверены режимы секционирования и резервирования, отключение при КЗ, дистанционное управление, запрет АВР и возврат сети к нормальной схеме. Работоспособность устройства подтверждена. Устройство срабатывает в соответствии с заданными уставками, а временная диаграмма работы АВР подтверждает правильность реализации способов. При исчезновении напряжения блок с выдержкой времени включает коммутационный аппарат, а при восстановлении напряжения фиксирует изменение направления потока мощности и отключает его, исключая параллельную работу источников. Погрешность измерений МБУСП-1 не превышает ±1% (класс точности 1.0). Сделан вывод, что СПАВР с блоком МБУСП-1 позволяет реализовать существующие и усовершенствованные способы секционирования и резервирования ЛЭП 0,4 кВ, обеспечивает дистанционный контроль и управление, снижая время обслуживания устройства.

В пятой главе выполнено технико-экономическое обоснование разработанного секционирующего пункта с функцией АВР и микроконтроллерным блоком управления. Определены капитальные вложения на внедрение СПАВР в существующие сети 0,4 кВ, эксплуатационные издержки и экономический эффект от его применения за счёт ликвидации недоотпуска электроэнергии и ущерба потребителей от перерывов в электроснабжении. Расчёт экономической эффективности выполнен на примере электроснабжения сельскохозяйственных объектов с. Путимец Орловского района. Получена зависимость срока окупаемости СПАВР от величины ликвидируемого ущерба недоотпуска электроэнергии потребителям при капитальных вложениях 100 228,7 руб. и эксплуатационных издержках 6 194 руб.; срок окупаемости 7 лет достигается при ликвидируемом ущербе более 20 512 руб./год.

В заключении приведены основные выводы по проведенному исследованию, даны рекомендации производству и раскрыты перспективы дальнейших исследований по данной теме.

В главах приведены результаты исследований, подтверждающие положения, выносимые на защиту и выводы диссертации. Выводы достоверны, соответствуют поставленным задачам исследования, отражают полученные результаты. Диссертация написана в классическом стиле, оформлена в соответствии с существующими требованиями, предъявляемыми

к работам подобного типа.

8. Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации

Содержание автореферата в достаточной мере отражает основные положения, идеи и выводы диссертационной работы. Материалы автореферата дают достаточно полное представление о научных результатах, полученных в ходе исследования.

9. Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

Личный вклад соискателя Псарева А.И. в решение научной задачи состоит в постановке целей и задач исследования, теоретической и практической разработке и обосновании основных идей и положений диссертационной работы, подготовке публикаций и диссертации. Основная часть публикаций написана в соавторстве, в которых каждому из авторов принадлежит доля распределенная пропорционально вкладу. Личное участие автора подтверждено опубликованными работами, апробациями на научных конференциях.

10. Отсутствие в диссертации использования заимствованного материала без ссылок на автора и источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок соавторов

В диссертации заимствованного материала без ссылок на автора и источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок соавторов, по мнению оппонента, не содержится.

11. Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа и автореферат Псарева А.И. соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24 сентября 2013 года с учётом их актуализации.

12. Замечания по диссертационной работе

1. Из таблицы 1.6 (стр. 19 диссертации) неясно, каким образом классифицированы «Прочие (неизвестные) причины» отключений, составляющие 53,12%? Не искажает ли это общую структуру причин отказов?

2. В пункте 2.2 автором приводится значение параметра потока отказов секционирующих пунктов, принятое равным двум отказам на сто устройств в год согласно источника 27 (самоцитирование). Не ясно, подтверждено ли это значение расчётами, практикой? Как учитывалась в этом значении надёжность элементов устройства, в частности, микроконтроллерного блока управления?

3. В главе 3 предложен способ запрета АВР при коротком замыкании на резервируемом участке, однако не описан случай исчезновения связи с секционирующим пунктом. Не ясно, как в таком случае будет действовать устройство, работающее в режиме АВР?

4. В работе следовало подробно рассмотреть вопросы обеспечения селективности разрабатываемого СПАВР с автоматическими выключателями, установленными на вводах сельских потребителей. Не ясно, чем она обеспечивается и не произойдёт ли отключение СПАВР раньше, чем автоматический выключатель у потребителя при коротком замыкании в сети потребителя?

5. В 5 главе диссертации приведена зависимость срока окупаемости разрабатываемого устройства от суммы ликвидируемого ущерба в случае недоотпуска электроэнергии потребителям (рисунок 5.5). Следовало бы привести наиболее вероятные значения ликвидируемого ущерба для сельских электрических сетей на примере проанализированных в работе сетей Орловской области для оценки вероятных сроков окупаемости СПАВР в этих сетях. Также не ясно, что при оценке указанной зависимости учитывались ли изменения конструкции и в связи с этим изменения капитальных вложений в СПАВР при их использовании в сетях с разной нагрузкой?

Заключение

Учитывая объем выполненных исследований, научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, считаю, что представленная диссертационная работа Псарева Александра Ивановича «Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством разработки пунктов секционирования с функцией резервирования линий электропередачи 0,4 кВ» является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научно-технической задачи повышения надежности электроснабжения сельских потребителей посредством разработки пунктов секционирования с функцией резервирования линий электропередачи 0,4 кВ, имеющей значение для развития страны. Работа соответствует паспорту специальности 4.3.2. «Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса». Работа вносит вклад в теорию и практику методов повышения надежности электроснабжения сельских потребителей. Поставленные вопросы и замечания не снижают ценности проведенных исследований.

Диссертация соответствует требованиям к научно-квалификационной работе, представленной на соискание ученой степени кандидата технических

наук, в соответствии с п. 9-11,13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор, Псарев Александр Иванович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. «Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса».

Официальный оппонент:
доктор технических наук по специальности
05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств,
советник при ректорате, профессор
кафедры «Электроэнергетика», ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
заслуженный деятель науки РФ Калинин В.Ф.
06.11.2026г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»)
Почтовый адрес: Россия, 392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Советская, 106/5
e-mail: tstu@tstu.ru

Подпись, ученую степень и ученое знание
Калинина Вячеслава Фёдоровича
удостоверяю:
ученый секретарь
Ученого совета ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
к.т.н. доцент Г.В. Мозгова
06.11.2026