

## ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертационную работу Хакимзянова Эльмира Фердинатовича  
«Методики и алгоритмы определения мест повреждений при двойных  
замыканиях на землю в распределительных электрических сетях среднего  
напряжения по значениям сопротивлений контуров аварийного режима»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Предотвращение и быстрая ликвидация повреждения электрической сети является неотъемлемым условием обеспечения надежности электроснабжения, как промышленных предприятий, так и объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Одним из наиболее распространенных видов повреждения в распределительных электрических сетях является однофазное замыкание на землю (ОЗЗ). Как правило, в распределительных сетях не предусмотрены защиты от ОЗЗ с отключением поврежденного участка. Если не выполнить отключение поврежденного участка, то возможно развитие аварийной ситуации, в том числе, двойное замыкание на землю. При этом проблемой является определение места расположения поврежденного участка. В качестве основных требований к методам и средствам определения места повреждения (ОМП) следует отнести оперативность и точность так, как от них зависит в первую очередь время устранения аварийной ситуации. Распределительные электрические сети среднего напряжения отличаются древовидной структурой, имеющей множество ответвлений, отходящих от магистральной линии. Это значительно усложняет поиск места повреждения воздушных линий электропередачи.

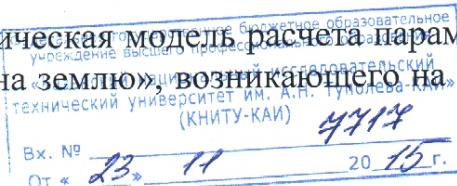
В диссертационной работе Э.Ф. Хакимзянова предлагается методика определения мест повреждений при двойных замыканиях на землю в распределительных электрических сетях, основанная на контроле сопротивлений контуров аварийного режима. Предложенная методика позволяет определять расстояния до мест двойных замыканий на землю с точностью превышающей другие известные методики.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, двух приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель, задача и направления ее решения, раскрываются научная новизна, практическая значимость исследования, приводятся данные об апробации и внедрении результатов исследования в практику.

В первой главе проведен анализ особенностей замыканий на землю в распределительных электрических сетях с малыми токами, приведен обзор методов и устройств ОМП, применяемых в электрических сетях среднего напряжения.

Во второй главе приведена математическая модель расчета параметров аварийного режима «двойное замыкание на землю», возникающего на одной



и на разных линиях электропередачи, отходящих от шин распределительного устройства среднего напряжения. На основе полученных зависимостей тока и напряжения от расстояния до мест замыканий на землю предложена методика определения мест повреждений. Представлены результаты проверки этой методики с применением программы MatLab Simulink и программно-аппаратного комплекса RTDS (Real Time Digital Simulator). Принятые при разработке алгоритмов и методики допущения вполне корректны для подавляющего числа вариантов применения.

Результаты моделирования в виде осциллографм и векторных диаграмм тока и напряжения проанализированы в специализированной программе FastView 4.2 (НТЦ «Механотроника»), в которой также произведено вычисление сопротивлений фазных и междуфазных контуров измерительных органов дистанционной защиты линий электропередачи. Было выявлено, что по реактивным сопротивлениям фазных контуров возможно определение расстояний до ближнего и дальнего места замыкания на землю по формулам, предложенным автором в указанной главе. В режиме нагрузки, близкой к холостому ходу, методики и алгоритмы определения мест повреждений с высокой точностью позволяют определить расстояния до мест замыканий на землю.

В третьей главе произведена оценка степени влияния характеристик нагрузки, а также переходных сопротивлений в местах замыканий путем моделирования режима «двойное замыкание на землю» на разных линиях электропередачи с помощью программы MatLab Simulink.

Установлено, что характеристики нагрузки линий электропередачи практически не оказывают влияния на результаты расчета сопротивления контура аварийного режима. При этом погрешность при определении расстояния до мест замыканий на землю не превышает 12% при мощности нагрузки 2,5 МВА.

В четвертой главе диссертант анализирует переходные процессы при двойных замыканиях на землю с целью выявления критерия определения поврежденного участка в распределительных сетях среднего напряжения с ответвлениями. Для этого в программном комплексе MatLab Simulink имитируется возникновение замыканий на землю в разных точках сети. Анализируются осциллографмы и векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии электропередачи, а также на стороне 0,4 кВ потребительских подстанций. Было установлено, что возникновение аварийного режима приводит к изменению напряжения обратной последовательности в сети, анализируя значения которых возможно определения поврежденного участка сети. Для измерения напряжения на подстанциях 10/0,4 кВ применяются цифровые счетчики электроэнергии в составе автоматизированной системы учета электроэнергии, что позволит создать интеллектуальную систему определения поврежденного участка без установки дорогостоящих высоковольтных трансформаторов напряжения.

В заключении делаются выводы, логически вытекающие из результатов исследований, изложенных в главах диссертации.

В приложении 1 представлены блок-схемы алгоритмов определения расстояний до мест двойных замыканий на землю на одной и на разных линиях электропередачи, а также приведена поясняющая схема подключения устройства ОМП при двойных замыканиях на землю к распределительному устройству среднего напряжения.

В приложении 2 представлены графики изменения коэффициента несимметрии по обратной последовательности на действующих подстанциях №5078, №1025 филиала ОАО «Сетевая компания» Приволжские электрические сети (Арский РЭС).

Достоверность исследований не вызывает сомнений и базируется на корректном использовании теоретических основ электротехники, теории установившихся и переходных процессов в электрических сетях, методов моделирования распределительной электрической сети с помощью программы MatLab Simulink и программно-аппаратного комплекса RTDS.

Автореферат хорошо отражает основные положения диссертации. По теме диссертации автор имеет значительное число публикаций, в том числе, в изданиях, рекомендованных ВАК. Наличие 3-х патентов подтверждает новизну и оригинальность предложенных технических решений. Результаты исследований прошли хорошую апробацию на научно-технических конференциях различных уровней в Москве, Санкт-Петербурге, Новочеркасске, Казани.

Полученные Э.Ф. Хакимзяновым результаты исследования представляют значительный интерес как для научных и вузовских коллективов, занимающихся исследованиями в области релейной защиты, так и для специализированных предприятий – разработчиков и эксплуатантов систем релейной защиты и автоматики, в том числе, НПП «ЭКРА» (г. Чебоксары), ОАО «Сетевая компания» (г. Казань), КЭР-холдинг (г. Наб. Челны) и др. Это подтверждается внедрением результатов работы в научно-производственном объединении «Энергия» (г. Казань).

В качестве замечаний по диссертационной работе отмечу следующее:

1) В диссертации не рассмотрено влияние заземления нейтрали на точность предлагаемого способа ОМП двойных замыканий на землю.

2) Не даны рекомендации по применению предложенной методики ОМП на линиях электропередачи малой длины. При малых значениях сопротивлений линии электропередачи на точность ОМП будет оказывать значительное влияние погрешность применяемых измерительных устройств, что в диссертации не оценивается.

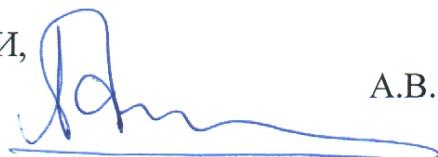
3) В диссертации не рассмотрена возможность применения предложенной методики для систем электроснабжения промышленных предприятий, особенностью которых является значительное количество потребителей в виде синхронных машин разной мощности.

4) Не рассмотрена возможность применения методики для сетей напряжением 35 кВ.

Указанные замечания не снижают в целом положительное впечатление от диссертации как о целостном, актуальном и завершенном научном исследовании.

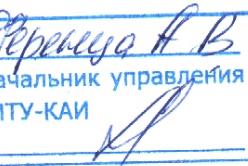
Диссертационная работа Э.Ф. Хакимзянова «Методики и алгоритмы определения мест повреждений при двойных замыканиях на землю в распределительных электрических сетях среднего напряжения по значениям сопротивлений контуров аварийного режима», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,  
заведующий кафедрой  
Электрооборудование КНИТУ-КАИ,  
кандидат технических наук,



А.В. Ференец

Ференец Андрей Валентинович -  
заведующий кафедрой Электрооборудование  
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный  
исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева - КАИ»,  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10,  
тел.: +7 (843) 231-03-63,  
e-mail: AVFerenets@kai.ru

Подпись   
заверяю. Начальник управления  
делами КНИТУ-КАИ

