**аннотация**

**диссертации Амреновой Даны Темирболатовны «Повышение надежности противоаварийной автоматики трансформаторов», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика»**

**Актуальность**

Анализ мировых публикаций, имеющихся в открытом доступе, показал, что все вновь разрабатываемые и выпускаемые устройства автоматического включения резерва и автоматического повторного включения, ориентированы на повышение технического совершенства. При этом вопросам обеспечения их аппаратной надежности уделяется мало внимания, хотя по данным [5] устройства автоматического включения резерва (АВР) занимают первое место по несрабатыванию среди всех устройств релейной защиты и автоматики, а устройства автоматического повторного включения (АПВ) седьмое. Наряду с отказом устройств АВР и АПВ, возможен отказ во включении выключателя резервного ввода питания (например, секционного или линии), однако, новых способов повышающих аппаратную надежность АВР и АПВ не предлагается. Поэтому их разработка актуальна. В данной работе основное внимание уделено повышению надежности противоаварийной автоматики (ПА) трансформаторов, так как они всегда принимают участие в электроснабжении потребителей.

**Объектом исследования** противоаварийная автоматика систем электроснабжения.

**Предмет исследования** –устройства АВР и АПВ трансформаторов.

**Связь темы диссертации с общенаучными (государственными) программами.** Работа выполнялась в соответствии с приоритетным направлением развития науки "Энергетика и машиностроение" и научными направлениями подкомитета В5 «Релейная защита и автоматика» международной организации CIGRE.

**Целью работы** является повышение надежности противоаварийной автоматики трансформаторов.

**Для достижения цели** **были поставлены и решены следующие задачи**:

1. Проанализировать публикации по АПВ и АВР на предмет надежности.

2. Разработать способы повышения надежности АВР трансформаторов.

3. Разработать способы АПВ трансформаторов с предохранителями и линий с выключателями.

4. Создать модели устройств, реализующих эти способы.

5. Дать оценку экономической эффективности предлагаемых методов повышения надежности.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:** грамотным использованием фундаментальных положений теоретических основ электротехники, релейной защиты и противоаварийной автоматики, теории надёжности, алгебры логики и теории релейных устройств, а также апробацией докладами на международных конференциях, и получением 5 авторских свидетельств Казахстана и России.

**Научная новизна работы:**

1. Предложен (запатентован) способ автоматического включения резерва трансформаторов, который, в отличие от существующих, заключается во введении дополнительного устройства АВР и введении дополнительного секционного выключателя в горячий резерв. Разработан алгоритм функционирования устройства, реализующего этот способ, и его модель.

2. Разработаны (запатентованы) два способа АПВ трансформаторов с предохранителями дающие возможность при перегорании заменять их автоматически с помощью разъединителей и короткозамыкателей. Предложены устройства, реализующие эти способы.

3. Разработаны (запатентованы) способ и устройство для передачи электроэнергии, при которых параллельно рабочему выключателю линии устанавливают в горячий резерв дополнительный, который автоматически включают при отказе рабочего во включении.

**Новые научные результаты работы**

1. Разработан способ АВР трансформаторов, который обеспечивает перевод потребителей, потерявших питание, на другой источник при отказе и устройства АВР и секционного выключателя.

2. Впервые разработаны два способа АПВ трансформаторов с предохранителями и алгоритмы функционирования устройств их реализующих.

3. Разработаны способ и устройство АПВ линий, позволяющие снизить недоотпуск электроэнергии за счет повышения надежности их включения.

**Практическая значимость научных результатов**

1. Предложенный способ АВР трансформаторов дает возможность строить схемы устройств АВР с повышенной надежностью.

2. Разработанные способы АПВ трансформаторов с предохранителями со стороны их высшего напряжения дают возможность автоматической замены перегоревших предохранителей на запасные.

3. Запись алгоритмов функционирования устройств АВР и АПВ трансформаторов в виде функций алгебры-логики позволяет выполнять их на элементах любой природы.

**Практическая ценность работы:**

1.Предложенный новый способ АВР трансформаторов позволяет уменьшить ущерб от ненадежности схемы АВР собственных нужд электрических станций блочного типа почти в 2 раза.

2. Способы АПВ трансформаторов с предохранителями впервые обеспечивают их автоматическую замену. Это дает возможность снизить затраты при проектировании схем АПВ трансформаторов напряжением 110 кВ мощностью 25 - 63 МВА на 16 - 37 %, соответственно.

3. Разработанные способ и устройство АПВ линий напряжением 220-500 кВ могут принести экономический эффект при передаче энергии потребителям в схемах генератор-трансформатор-линия при проектировании АПВ с блоками 200 МВт, 500 МВт и 800 МВт на 23, 44 и 58 %.

**К защите представляются:**

– новый способ АВР трансформаторов и устройство, его реализующее;

– способы и устройства АПВ трансформаторов с предохранителями.

– усовершенствованный способ АПВ линии;

– результаты расчетов экономической эффективности предложенных способов.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались на Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XX Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2020), XXXVII Международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения» (Москва, 2020). В полном объеме работа докладывалась на расширенном заседании кафедры Электроэнергетики НАО "Торайгыров университет"

**Публикации.** Результаты исследований нашли отражение в 7 научных трудах, в том числе: 2 патента Республики Казахстан и 3 патента Российской Федерации, 2 публикации в материалах мёждународных конференций, 1 из которых зарубежная. В публикациях в соавторстве личный вклад автора составляет не менее 60%.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех разделов и заключения. Работа изложена на 72 страницах компьютерного текста, включает 17 таблиц, 12 рисунков. Список использованных источников включает 85 наименований.

**В первой главе** «Устройства автоматического повторного и резервного включений в системах электроснабжения» рассмотрены известные устройства АВР и АПВ и их недостатки, а также надежность устройств противоаварийной автоматики. Отмечено, что:

1. Все вновь разрабатываемые устройства АВР и АПВ ориентированы на повышение их технического совершенства. При этом они входят в десятку устройств релейной защиты и автоматики с наихудшими показателями надежности срабатывания. Нет публикаций связанных с повышением аппаратной надежности устройств АВР и АПВ.

2. Часто для защиты одиночных трансформаторов напряжением 6 (10) кВ применяются плавкие предохранители, которые обеспечивают наиболее примитивную и недорогую защиту трансформаторной подстанции. Однако, для замены перегоревших предохранителей необходимо продолжительное время, эту операцию еще никто не смог автоматизировать.

3. В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам надежности функционирования устройств релейной защиты и автоматики (РЗА). Надежность функционирования зависит от аппаратной, которая обусловлена степенью надежности комплектующих элементов. Метод повышения надежности, такой как структурное резервирование, повышает аппаратную надежность. Для оценки экономической эффективности последнего целесообразно использовать таблично-логический метод расчета надежности схем электроснабжения.

**Во второй главе** «Повышение надежности устройств автоматического включения резерва для трансформаторов» предложен способ АВР для трансформаторов. В соответствии со способом сформулировано словесное описание условия (алгоритм) срабатывания устройства АВР. Алгоритм функционирования записан в символах алгебры логики.

По этому алгоритму предложено новое устройство АВР трансформаторов. Подробно рассмотрена его реализация и схема устройства.

Представлены результаты расчетов (по таблично-логическому методу), доказывающие целесообразность использования этого способа АВР в схемах собственных нужд электрических станций и "Мостик". Показано, что: а) разработанный способ АВР трансформаторов, в отличие от известных, позволяет при отказе во включении рабочего СВ или отказе в срабатывании устройства АВР, обеспечить подключение потребителей к резервному источнику питания; б) алгоритм функционирования построенного по этому способу устройства, благодаря использованию алгебры-логики, может быть реализован на элементах любо природы; в) разработанный способ дает возможность уменьшить ущерб при реконструкции и затраты при проектировании схемы АВР на с.н. ТЭС мощностью блоков 500 и 800 МВт, на 14, 57 и 46, 69 %, соответственно, и в схеме "Мостик" с трансформаторами мощностью 40 МВА, без наличия постоянного оперативного персонала, на 79 и 81 %.

**В третьей главе** «Разработка способов автоматического повторного включения трансформаторов с предохранителями» рассмотрены два способа АПВ трансформаторов с предохранителями. Первый способ АПВ трансформаторов заключается в автоматической замене перегоревших предохранителей на запасные с помощью разъединителей, второй – с помощью короткозамыкателей. Для обоих способов условия срабатывания сформулированы в виде словесного описания и в символах булевой алгебры. Представлены алгоритмы функционирования устройств, реализующих эти способы.

Представлен способ АПВ линий и устройство, его реализующее. Этот способ, в отличие от известного, обеспечивает передачу электроэнергии при отказе во включении рабочего выключателя или устройства АПВ, за счет установленного параллельно рабочему запасного, находящегося в горячем резерве.

Приведены расчеты технико-экономической эффективности использования способов АПВ трансформаторов и линий. По результатам расчетов (по таблично-логическому методу) можно утверждать, что в предлагаемых нами схемах АПВ трансформаторов с предохранителями и линий при реконструкции традиционной схемы достичь экономического эффекта не удается. При проектировании способы АПВ трансформаторов с предохранителями и линий дают возможность уменьшить затраты в схемах: 1) ТП 110/10 кВ мощностью трансформаторов 25, 32, 40 и 63 МВА, на 16, 23, 28 и 37 %, соответственно; 2) генератор-трансформатор-линия (ГТЛ) с блоками мощностью 200, 500 и 800 МВт, на 23, 44, 58 %, соответственно.

**Результаты работы сводятся к следующему:**

1 Предложен способ автоматического включения резерва (АВР) трансформаторов, обеспечивающий переключение потребителей, потерявших питание, на резервный источник при отказе в срабатывании устройств АВР и отказе во включении секционного выключателя. Это достигается за счет подключения дополнительного устройства АВР параллельно традиционному и вводом в горячий резерв дополнительного секциоционного выключателя. Расчет по таблично-логическому методу показал, что этот способ дает возможность уменьшить затраты при проектировании и ущерб при реконструкции в схемах собственных нужд электростанций с мощностью блоков 500 (800) МВт на 57 (69) % и 14 (46) %, соответственно, а в схеме "Мостик" (без наличия оперативного персонала) на 81 и 79 %.

2. Предложены способ и устройство автоматического повторного включения (АПВ) линий.Экономический эффект от их использования при проектировании блоков генератор-трансформатор-линия мощностью 200, 500 и 800 МВт достигает 23, 44, 58 %.

3. Впервые разработаны способы и устройства АПВ трансформаторов с предохранителями позволяющие при перегорании заменять их автоматически. Экономический эффект при проектировании АПВ трансформаторов 110/10 кВ мощностью 25-63 МВА составляет 12 - 67 %, соответственно.

4. Алгоритм функционирования всех разработанных устройств, благодаря использованию при их построении алгебры-логики, позволяет реализовать эти устройства на логических элементах любой природы.

5. К внедрению рекомендуются: 1) способ АВР трансформаторов в схеме с.н. электростанций мощностью блоков 500 МВт и более и в схеме "Мостик" с трансформаторами 40 МВА; 2) АПВ трансформаторов 40 ÷ 63 МВА с предохранителями при напряжении 110/10 кВ и АПВ линий в схемах генератор-трансформатор-линия с блоками 500 и 800 МВт.