

## АННОТАЦИЯ

диссертации Бергузинова Асхата Нурлановича «Разработка конструкций для крепления герконов в комплектных токопроводах», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика»

### **Актуальность**

Для получения информации о токах в высоковольтных электроустановках традиционно используются трансформаторы тока, которые весьма металлоемки (12÷120 кг стали и меди), искажают информацию при насыщении сердечников и создают высокие напряжения во вторичных цепях при их обрывах. В связи с этими недостатками в XX веке предпринимались попытки построения устройств релейной защиты (РЗ) на магниточувствительных элементах, в том числе и на герконах, которые, как оказалось, при построении РЗ имеют некоторые преимущества перед другими элементами. В 2006 году на Международной конференции по большим энергетическим системам (CIGRE) проблема построения устройств РЗ без использования трансформаторов тока была названа одной из первостепенных нерешенных задач мировой электроэнергетики. К этому времени уже были разработаны под руководством и участия Клецеля М.Я. принципы построения токовых, дифференциальных и дистанционных защит на герконах. Для их реализации необходимо крепить герконы вблизи токопроводов фаз электроустановки на безопасном расстоянии и обеспечить регулирование уставок защит. На необходимость разработки конструкций для крепления указывалось и на конференции CIGRE в 2009 году. Уже появились конструкции для электроустановок с открытыми токопроводами. Однако, для электроустановок с комплектными токопроводами они не разрабатывались.

Из изложенного следует, что задача разработки конструкций для крепления герконов в комплектных токопроводах, решению которой посвящена данная работа, актуальна.

**Объектом исследования** являются защиты электроустановок от коротких замыканий (КЗ) на герконах.

**Предметом исследования** являются конструкции для крепления герконов защит от КЗ в комплектных токопроводах.

**Связь темы диссертации с общенаучными (государственными) программами.** Работа выполнялась в соответствии с научными направлениями международного (Европейского) исследовательского комитета В5 «Релейная защита и автоматика» CIGRE.

**Цель работы** – определение возможности использования комплектных токопроводов для построения РЗ на герконах и разработка конструкций для их крепления внутри кожухов токопровода.

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

1. Определение величин индукций магнитных полей внутри комплектных токопроводов.

2. Определение влияния колебания токопроводов при КЗ на ток срабатывания герконов (ток в проводнике, при котором замыкаются контакты геркона, помещенного вблизи проводника).

3. Разработка конструкций для крепления герконов в однофазных и трехфазных комплектных токопроводах (КТ) с перегородками.

4. Разработка конструкций для крепления герконов в токопроводах, закрепленных параллельно стенкам закрытой галереи.

**Обоснованность и достоверность результатов подтверждаются** грамотным использованием фундаментальных положений теоретических основ электротехники, релейной защиты и основ конструирования механизмов и машин, тщательно выполненными экспериментальными исследованиями и апробацией путем публикаций в журналах и докладов на конференциях.

#### **Научная новизна работы:**

1. Исследовано воздействие магнитного поля внутри кожуха комплектного токопровода на геркон при различных режимах электроустановок.

2. Впервые дана оценка влияния колебания проводников фаз КТ при КЗ на ток срабатывания герконов.

3. Предложено 5 запатентованных конструкций для крепления в КТ герконов защит от КЗ, отличающихся от известных наличием у первой конструкции хомута, охватывающего шину, пластины, на которой закреплены n герконов и планки, скрепленной с этим хомутом; у второй – планки, прикрепленной в центре пластины, двух стоек и стержня с ручкой, проходящих сквозь отверстия в магнитном экране и пластине; у третьей – изогнутой планки, соединяющей пластину с перегородкой внутри них; у четвертой – направляющих реек, закрепленных по краям с двух сторон планки и салазков, прикрепленных к кожуху токопровода; у пятой – металлического экрана и трех дисков со шкалой и герконом, прикрепленных к пластинам с поперечной планкой в середине и регулируемых тяг, скрепляющих экран и планку.

#### **Новые научные результаты работы:**

1. Доказано, что величина индукции магнитного поля внутри кожуха КТ во многих точках, находящихся на безопасном расстоянии от проводников фаз, вполне достаточна для срабатывания геркона.

2. Отклонения проводников фаз в комплектных токопроводах при КЗ от их положения в рабочих режимах не оказывают существенного влияния на токи срабатывания герконов.

3. Созданы модели новых конструкций для крепления герконов защит электроустановок от коротких замыканий.

#### **Практическая значимость научных результатов:**

1. Определение величин индукции магнитных потоков внутри кожухов КТ показало, что чувствительность герконов достаточна, чтобы строить релейную защиту КТ электроустановок.

2. Определение отклонений проводников фаз при КЗ показывает, что они не окажут влияния на уставки защит на герконах.

3. Предложенные конструкции обеспечивают такое расположение геркона внутри комплектных токопроводов, которое необходимо для выполнения функций реагирующего элемента защиты от КЗ.

**Практическая ценность работы.** Доказано, что герконы, выпускаемые промышленностью, можно применять для построения защит электроустановок с КТ, не используя трансформаторы тока (ТА), путем закрепления их внутри кожуха КТ с помощью разработанных конструкций. Эти конструкции дают возможность устанавливать геркон в заданную точку перемещая его в вертикальной и горизонтальной плоскостях относительно шин, что обеспечивает возможность регулирования тока срабатывания защит на герконах не используя ТА. К тому же они в 40÷100 раз легче по весу, в 10÷25 раз меньше по габаритам и в 8÷12 раз дешевле, чем ТА.

**К защите представляются:**

– Результаты экспериментальных исследований воздействия на геркон магнитных полей внутри кожуха комплектного токопровода.

– Конструкции для крепления герконов в комплектных пофазно-экранированных и трехфазных токопроводах с перегородками, а также в токопроводах, закрепленных параллельно стенкам закрытой галереи.

– Результаты определения влияния колебания проводников фаз комплектных токопроводов при токах КЗ на ток срабатывания герконов.

**Реализация результатов работы.** Получено согласие на внедрение устройства для защиты с разработанной конструкцией, устанавливаемой в комплектном токопроводе генератора 100 МВт на ТЭЦ-3 г. Павлодара.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались на VII Международной научной конференции «Электротехника. Электроника. Энергетика» (Российская Федерация, г. Новосибирск, 2015 год) и еще на двух международных конференциях в России и двух в Казахстане.

**Публикации.** Результаты работы опубликованы в 15 научных трудах, соответствующих требованиям.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и четырех приложений, изложена на 90 страницах компьютерного текста, включает 40 рисунков. Использованных источников 70.

В первой главе «Релейная защита на герконах» рассмотрены известные традиционные токовые и дифференциальные защиты электроустановок, разновидности магниточувствительных элементов, защиты на герконах, а также конструкции для крепления и регулирования уставок релейной защиты на герконах электрооборудования с открытыми токопроводами.

Констатируется, что в связи с недостатками ТА и переходом на микропроцессорную технику, когда для повышения надежности систем РЗ должны использоваться принципы дублирования (в том числе и ТА), актуальна разработка РЗ, не использующей ТА, например, на магниточувствительных элементах. Обосновывается применение для этих целей герконов.

Обращается внимание на то, что работа по реализации уже предложенных принципов построения различных защит на герконах сдерживается из-за отсутствия конструкций для крепления и делается вывод об актуальности разработки таких конструкций для электроустановок с КТ.

Во **второй главе** «Комплектные токопроводы и возможности их использования для выявления коротких замыканий в электроустановках» рассмотрены возможности использования КТ для выявления коротких замыканий в электроустановках с помощью герконов.

Рассмотрены токопроводы. Приведены известные сведения о магнитных полях вне кожуха КТ. В результате натуральных экспериментов доказано, что магнитное поле внутри кожуха комплектного токопровода при КЗ имеет индукцию значительно превосходящую индукцию, необходимую для срабатывания герконов, выпускаемых промышленностью России, и сделан вывод, что их можно использовать для построения РЗ.

Дан расчет электродинамических усилий в проводниках фаз пофазно-экранированного токопровода при КЗ. Показано, что максимальный прогиб (1,3 мм) шины в КТ типа ТЭКНЕ-20-12500-400-У1 при ударном токе  $i_{уд}=140$  кА и установке геркона на безопасном расстоянии 10-13 см изменяет магнитный поток, воздействующий на геркон, не более чем на 1 %, что вполне допустимо.

В **третьей главе** «Предлагаемые конструкции для крепления герконов в комплектных токопроводах» рассмотрены конструкции для крепления герконов в комплектных токопроводах с перегородками, в пофазно-экранированных и в токопроводах, закрепленных параллельно стенкам закрытой галереи. Дана оценка возможности использования конструкции с хомутом. Представлен расчет экономической эффективности конструкций. Описаны все предложенные конструкции и сделаны следующие выводы:

Предложенные конструкции позволяют закреплять геркон на безопасном расстоянии от токоведущих шин внутри кожуха КТ и регулировать уставки защит, устанавливая геркон в заданную точку путем перемещения его в вертикальной и горизонтальной плоскостях, или устанавливая несколько герконов в плоскости перпендикулярной токоведущей шине. Наиболее выгодными (в несколько раз дешевле ТА) являются конструкции для токопроводов с перегородками и конструкция для пофазно-экранированных токопроводов.

**Результаты работы сводятся к следующему:**

1. Доказано, что индукция магнитного потока в ряде точек внутри комплектных токопроводов при КЗ достаточна для срабатывания герконов, а колебания проводников фаз при КЗ практически не влияют на эту индукцию.

2. Предложенные конструкции обеспечивают возможности крепления герконов в расчетных точках внутри кожуха комплектных токопроводов.

3. Решена проблема создания конструкций для крепления герконов и регулирования уставок защит, не использующих ТА в комплектных токопроводах.