

АННОТАЦИЯ

диссертации Нефтисова Александра Витальевича «Определение величины и фазы тока для построения релейной защиты на герконах и микропроцессорах», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика»

Актуальность темы. На международных конференциях Европейского комитета СИГРЭ за последние 15 лет не раз отмечалась актуальность разработки релейной защиты на магниточувствительных элементах, не использующей информацию от трансформаторов тока, поскольку они металлоемки и в ряде случаев обладают недостаточной точностью. Как показали исследования, проведенные в Павлодарском государственном университете Клецелем М.Я. и его учениками, одним из путей решения проблемы является построение релейной защиты на герконах, которые по некоторым свойствам превосходят другие магниточувствительные элементы. Однако разработанные защиты на герконах не используют микропроцессор (МП), что ограничивает возможности реализации известных и новых алгоритмов защит. Предложенные в последнее время способы получения информации с помощью герконов и микропроцессора дают возможность определить величину тока в установившемся режиме КЗ, но фаза тока, как и величина его в переходных режимах остаются неизвестными. В диссертации сделана попытка восполнить эти пробелы.

Объектом исследования являются устройства релейной защиты.

Предмет исследования – способы преобразования первичного тока с помощью герконов и МП.

Связь темы диссертации с общенаучными (государственными) программами. Тема диссертации соответствует одному из научных направлений Европейского комитета СИГРЭ (подкомитет В5 «Релейная защита и автоматика» Российского национального комитета).

Цель работы: Разработать способы и устройства определения величины и фазы переменного тока для построения релейной защиты на герконах и МП без использования трансформаторов тока.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи.

1. Выбор способа определения величины установившегося тока короткого замыкания с помощью герконов и МП и его реализация.

2. Разработка способов определения величины ударного тока короткого замыкания и получение информации о фазе установившегося тока в первичной цепи с помощью МП и герконов, установленных вблизи шин электроустановки.

3. Разработка микропроцессорного реле направления мощности на герконах.

Методы исследований. При решении поставленных задач использовались фундаментальные положения теоретических основ электротехники, электромагнитных переходных процессов, электроники и релейной защиты, натурный эксперимент, математическое и физическое моделирование.

Научная новизна.

1. Предложенный способ получения информации о фазе установившегося тока короткого замыкания (КЗ) на герконах и МП отличается тем, что фиксируются астрономические времена моментов срабатываний и возвратов герконов (первый расположен вблизи токопровода защищаемой электроустановки, второй в обмотке управления, подключенной к трансформатору напряжения), измеряются промежутки времени замкнутых состояний их контактов, по ним рассчитываются величины амплитуд тока в первичной цепи и тока в обмотке управления, а также мгновенные значения токов срабатывания обоих герконов (по полученным формулам в результате пересчета аппроксимированных зависимостей, которые снимаются в лабораторных условиях с помощью катушки индуктивности), а затем определяются моменты переходов синусоид тока и напряжения через ноль.

2. Предложенный способ определения величины ударного тока КЗ отличается тем, что в лабораторных условиях измеряются токи возврата четырех герконов, которые устанавливаются вблизи токопровода первичной цепи, затем измеряются промежутки времени между возвратами и находятся периодическая и аperiodическая составляющие тока КЗ путем решения четырех уравнений, составленных на основе формулы полного переходного тока КЗ и известных мгновенных значений токов возврата этих герконов.

3. Разработано устройство определения величины и фазы тока КЗ в установившемся режиме с помощью герконов и МП без использования информации от трансформаторов тока (ТА).

4. Предложенный (совместно с Кабдуалиевым Н.М.) способ обеспечения полярности срабатывания геркона, в отличие от известных, основан на компенсации одной из полуволин магнитного потока, воздействующего на геркон, путем подачи тока в его обмотку управления от катушки индуктивности, установленной так же, как и геркон, вблизи проводника с первичным током.

Новые научные результаты работы:

1. Способы для получения информации о фазе установившегося тока КЗ и величине ударного тока с помощью герконов и МП;

2. Способ обеспечения полярности срабатывания геркона.

3. Зависимость тока I_{CP} срабатывания геркона от кратности $K = \frac{I_{K3}}{I_{CP}}$ тока

I_{K3} короткого замыкания в первичной цепи.

4. Реле направления мощности на герконах и МП, выполненное без использования ТА.

Практическая значимость научных результатов.

1. Разработанные способы создают предпосылки для создания микропроцессорных защит на герконах без использования ТА.

2. Зависимость I_{CP} от кратности K позволяет реализовать способ определения фазы установившегося тока КЗ.

Практическая ценность работы.

1. Устройство, реализующее способ определения величины и фазы установившегося тока КЗ в первичной цепи с помощью герконов и МП позволяет получить его величину за 11 мс, а фазу за 20-25 мс. Упрощенный вариант устройства может быть использован для построения простых защит, в которых нет необходимости в определении фазы тока. Устройства не используют информацию от ТА, за счет этого экономится медь и сталь.

2. Микропроцессорное устройство, реализующее способ определения величины ударного тока КЗ с помощью четырех герконов позволяет определить периодическую и аperiodическую его составляющие за 20 мс.

3. Разработанные способ обеспечения полярности и устройство для сравнения двух электрических величин по фазе (в совокупности со способом определения величины и фазы токов) позволяют строить микропроцессорные реле направления мощности на герконах, не используя информацию от ТА.

Обоснованность и достоверность результатов работы подтверждаются: грамотным применением фундаментальных положений теоретических основ электротехники и релейной защиты, добросовестно выполненными моделированием и натурными экспериментами, а также публикациями в журналах, входящих в базу данных SCOPUS, и докладами на конференциях.

К защите представляются:

1. Разработанные автором способы определения фазы установившегося тока КЗ и величины ударного тока на герконах и МП.

2. Устройства, выполняющие функции преобразователя тока и реле направления мощности, построенные на герконах и МП.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались: на XX международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» (Россия, г.Москва, 2014г.) и четырех других.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ (включая 4 патента), соответствующих требованиям предъявляемым Комитетом по контролю в сфере образования и науки.

Личный вклад. Основные научные результаты и положения, изложенные в диссертации, постановка задач и методология их решения разработаны и получены автором самостоятельно.

Структура диссертации. Диссертационная работа включает введение, три главы, заключение и приложения, содержит 50 рисунков и 4 таблицы. Список использованных источников содержит 62 наименования.

Первая глава «Основы построения релейной защиты на герконах без использования трансформаторов тока» посвящена результатам патентной проработки и анализу литературы по теме диссертации. Описаны принципы построения устройств релейной защиты, в том числе и микропроцессорных, использующих для получения информации ТА, а также без них (выполненных с помощью герконов). Рассмотрены достоинства и недостатки

микропроцессорных устройств релейной защиты. Анализ устройств на герконах показал, что они не используют МП. Одной из причин этого является отсутствие способов, позволяющих получить информацию о токе в первичной цепи с помощью герконов, необходимую для воспроизведения синусоиды тока в МП, что ограничивает возможность построения на них релейной защиты. Акцентируется внимание на то, что подавляющее большинство принципов построения релейной защиты основано на контроле величины и фазы тока в первичной цепи.

На основании вышеизложенного, делается вывод об актуальности разработки способов такого контроля с помощью герконов и МП.

Во второй главе «Определение величины тока с помощью герконов и микропроцессора» рассмотрены известные способы определения амплитуды установившегося тока КЗ, разработанные автором способ определения ударного тока КЗ и микропроцессорное устройство, реализующее один из этих способов.

Показано как с помощью геркона(ов), расположенных вблизи токопровода защищаемой электроустановки, можно определить величину установившегося тока КЗ путем измерения времени между срабатываниями двух герконов или их возвратами или времени замкнутого состояния контактов и расчета с помощью формулы, полученной после аппроксимации зависимости величины установившегося тока КЗ от измеряемого времени, снятой в лабораторных условиях с помощью катушки индуктивности.

Приведены погрешности способов определения амплитуды установившегося тока в первичной цепи с помощью герконов без использования ТА. Способ с одним герконом реализован в виде микропроцессорного устройства. Погрешность определения при кратности тока $K \leq 80$ не превышает 10%, быстродействие 11 мс. Представлен код программы устройства.

Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что можно с погрешностью $\leq 15\%$ определить величину ударного тока КЗ с помощью МП и четырех герконов, расположенных под шинами защищаемой электроустановки, путем измерения времени между их возвратами и совместного решения составленных четырех уравнений, в которых значения токов возврата этих

герконов приняты за мгновенные значения тока и выражены по формуле определения полного переходного тока КЗ через время между их возвратами.

В третьей главе «Определение фазы тока с помощью герконов и микропроцессора» представлены разработанный способ определения фазы установившегося тока КЗ, и микропроцессорное реле направления мощности с герконами. Даны алгоритм действия реле, код программы и основные характеристики.

Показано, что для определения фазы установившегося тока КЗ с помощью герконов необходимо: фиксировать астрономическое время моментов срабатываний и отпаданий контактов двух герконов; измерять время замкнутых состояний t_1 и t_1^{OV} их контактов; определять моменты перехода синусоид тока и напряжения через ноль путем расчета амплитуд I_m тока в проводнике, I_m^{OV} тока в обмотке управления, тока I_{CP} срабатывания первого геркона и тока I_{CP}^{OV} срабатывания второго из формул, которые получены в результате аппроксимации снятых в лабораторных условиях с помощью катушки индуктивности зависимостей I_m , I_m^{OV} , I_{CP} , I_{CP}^{OV} этих же герконов от измеренного времени t_1 и t_1^{OV} замкнутых состояний их контактов. Доказана работоспособность устройства, реализующего способ. Приведены соответствующие осциллограммы. Погрешность при определении фазы установившегося тока в первичной цепи не превышает 25%.

Доказано, что предложенное устройство, разработанное на основе способа определения фазы установившегося тока КЗ на герконах и МП, выполняет функции реле направления мощности и не нуждается в ТА.

Результаты работы сводятся к следующему.

Разработанные способы и устройства позволяют определить величину и фазу тока КЗ в первичной цепи с помощью герконов и микропроцессора, что открывает возможности построения микропроцессорных защит без использования информации от трансформаторов тока. Одно из этих устройств предполагается внедрить на ТЭЦ-3 АО «ПАВЛОДАРЭНЕРГО» и подстанции АО «ПРЭК».