

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 13.06.01 Электро- и теплотехника  
Школа Инженерная Школа Энергетики  
Отделение электроэнергетики и электротехники

Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы

Тема научно-квалификационной работы
Разработка дифференциально-фазной релейной защиты на потенциале проводов линии

УДК 621.316.925.2-047.84:621.315.1

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A4-42	Корнев Василий Александрович		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий отделом аспирантуры и докторантуры	Барская Анна Валерьевна	К.т.н., доцент		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭЭ ИШЭ	Дементьев Юрий Николаевич	К.т.н., доцент		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Сулайманов А.О.	К.т.н., доцент		

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

**Научный руководитель:** **Сулайманов Алмаз Омурзакович**  
кандидат технических наук, доцент

**Официальные рецензенты:** **Шестакова Вера Васильевна**,  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент Отделения электроэнергетики и  
электротехники Инженерной школы  
энергетики «Национального  
исследовательского Томского  
политехнического университета».

**Копьев Владимир Николаевич**  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент Северского технологического  
института - филиала федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный  
исследовательский ядерный университет  
«МИФИ».

**Научный консультант** **Шмойлов Анатолий Васильевич**  
кандидат технических наук, доцент

Защита состоится 01 июня 2018 года в 10:00 на заседании Государственной экзаменационной комиссии по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника, профиль 05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические системы на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, ул. Усова, 7, ауд. 323.

С научным докладом можно ознакомиться в научно-технической библиотеке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, ул. Белинского, 53а.

Секретарь ГЭК

А.Ю. Юшков

## **Аннотация научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы.**

Уставки и чувствительность ступенчатых токовых и дистанционных релейных защит существенно зависят от схемно-режимных параметров и структурно-коммутационного состояния ближайшей периферии электрической сети в направлении действия ступеней защит. В сложно-замкнутых сетях настройка ступенчатых защит, особенно токовых, сильно затруднена, требует больших квалифицированных интеллектуальных затрат.

Быстродействие современных защит определяется не менее, чем периодом промышленной частоты. Чтобы достигнуть названного быстродействия необходимо тщательное отделение сигналов промышленной частоты от свободных составляющих, возникающих в переходных процессах коротких замыканий. Близкую к требуемой отстройку от свободных составляющих могут обеспечить весьма дорогие цифровые фильтры.

Построение достаточно качественных по селективности и быстродействию высокочастотных (ВЧ) защит требует для обустройства ВЧ канала специализированного высоковольтного оборудования (конденсаторов связи). Данный фактор наряду с излишними расходами снижает безопасность обслуживания вторичных цепей. Сильное затухание ВЧ сигналов лимитирует длину защищаемых линий.

Вследствие погрешностей аппаратуры, конечной скорости распространения электромагнитного поля и др. наблюдались неправильные действия быстродействующих дифференциально-фазных защит (ДФЗ) на двухконцевых линиях повышенной длины и трехконцевых линиях. Наличие силового оборудования, измерительных трансформаторов и необходимость обеспечения электропитания современной аппаратуры не позволяют решить проблему за счет разбиения длины линий на двухконцевые участки с установкой ДФЗ на каждом из них и передачей сигналов на отключение выключателей на концах линий.

В связи, с вышеизложенным, рассматривается построение быстродействующей релейной защиты линии на высоковольтном потенциале проводов линий, разделённой на двухконцевые участки. Данные проблемы решаются при разработке нового принципа ДФЗ на основе контроля времени между переходами мгновенного тока от отрицательного к положительному значению на концах каждого участка при размещении всей аппаратуры ДФЗ на потенциале проводов каждого из участков линий, организации передачи сигналов отключения на каждом конце с потенциала проводов на землю.

Ключевым параметром выявления повреждения является фиксация времени прохождения тока каждого участка через нулевое значение от отрицательного к положительному значению. Известно, что в нормальном режиме полупериод у сквозного тока равняется 10 мс. Но при внутреннем коротком замыкании полупериод может изменяться в меньшую или большую сторону. Когда сквозной ток проходит через нулевое значение, один из полукомплектов защиты каждого участка посылает ВЧ-импульс на противоположную сторону линии, противоположный комплект защиты через 10 мс посылает аналогичный импульс. Так как полукомплекты включены противоположно друг другу, то каждые 10 мс один полукомплект будет отправлять, а противоположный регистрировать ВЧ-импульсы. Если измеряемое время, между отправкой и приёмом ВЧ-сигнала одного полукомплекта защиты, от 5 до 15 мс, то защита заблокирована. Если зафиксировано время между импульсами от 0 до 5 или больше 15 мс, то подаётся сигнал на отключение.

В качестве датчиков предлагается использовать линейные силовые шунты. Измерение первичных токов на участках линии, с помощью безинерционных линейных силовых шунтов увеличивает точность контроля состояния участков и в целом линии, особенно в переходных процессах.

Аппаратуру защиты и ВЧ часть необходимо располагать на высоковольтном потенциале проводов в конце участков линии. Передача информации о срабатывании защиты осуществляется по проводам линии.

Информация об отключении линии при КЗ на любом из участков предложено передавать на головные участки, передаваемую кодированным сигналом на ВЧ несущей, передаётся по проводам линии на частоте, отличающейся от высокой частоты несущих каждого из участков. Благодаря этому выполняется переприём и усиление данного сигнала на концах каждого участка для снижения ВЧ затухания передаваемого кодированного сигнала отключения.

Передача кодированного сигнала (информации о повреждении) с высоковольтного потенциала проводов линии осуществляется на землю с помощью оптоволоконных жил.

Питание осуществляется с помощью относительно высоковольтных потенциалов проводов каждого участка линии.

Произведены расчётные исследования, показавшие невозможность построения защиты без передачи ВЧ-сигналов по проводам линий.

Показана возможность построения ДФЗ для линий любой длины и конфигураций.

Оснащение комплектов ДФЗ на участках блоками электропитания на потенциале проводов линий позволяет сформировать переприем на несущей частоте кодированных сигналов при передаче их на головные участки на концах линии для отключения выключателей и обеспечить при этом компенсацию затухания высокочастотных импульсов кода защищаемого участка, что позволяет не ограничивать длину линии для передачи кодированных сигналов о поврежденном участке на концы линии.

**Ключевые слова:**

Защита линии, потенциал проводов, участок линии, аппаратура на концах участков, высокочастотные несущие, кодированный сигнал, передача кодированного сигнала с потенциала проводов на потенциал у земли.