

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB

О.Е. Пусенкова  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А2А

Всё основное оборудование электроэнергетических систем (ЭЭС) взаимосвязано единым процессом производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. При этом силовые трансформаторы и автотрансформаторы относятся к категории наиболее дорогостоящего оборудования ЭЭС, необоснованное отключение или выход из строя которых связаны со значительным технологическим и экономическим ущербом. Минимизировать эти последствия позволяет правильное действие релейной защиты (РЗ) и прежде всего основной – дифференциальной защиты трансформаторов (ДЗТ), основное преимущество которой состоит в том, что они обеспечивают быстрое и селективное отключение, как в самом трансформаторе, так и на его выводах и в токоведущих частях к его выключателям[2].

Исходя из вышесказанного, адекватная настройка устройств РЗ, в том числе ДЗТ, является очень актуальной, однако, с учетом общеизвестной специфики и сложности ЭЭС, крайне сложной задачей. Решение обозначенной проблемы невозможно без использования соответствующих математических моделей, учитывающих ключевые особенности самих защит и измерительных преобразователей. Использование подобных моделей в совокупности с адекватными средствами моделирования ЭЭС позволяет провести весь спектр испытаний устройств защиты, а также выбрать наиболее оптимальные настройки[1]. Созданию математической модели, отвечающей обозначенным требованиям, для цифровой ДЗТ посвящена данная работа.

Разработанная математическая модель, упрощенная блок-схема которой представлена на рисунке 1, была реализована в среде MATLAB Simulink (рис.2)[4]. Исследования, кратко отраженные в докладе, были направлены на проверку адекватности модели ДЗТ при различных режимах работы защищаемого трансформатора, в частности в режиме включения трансформатора на холостом ходу (при броске тока намагничивания).

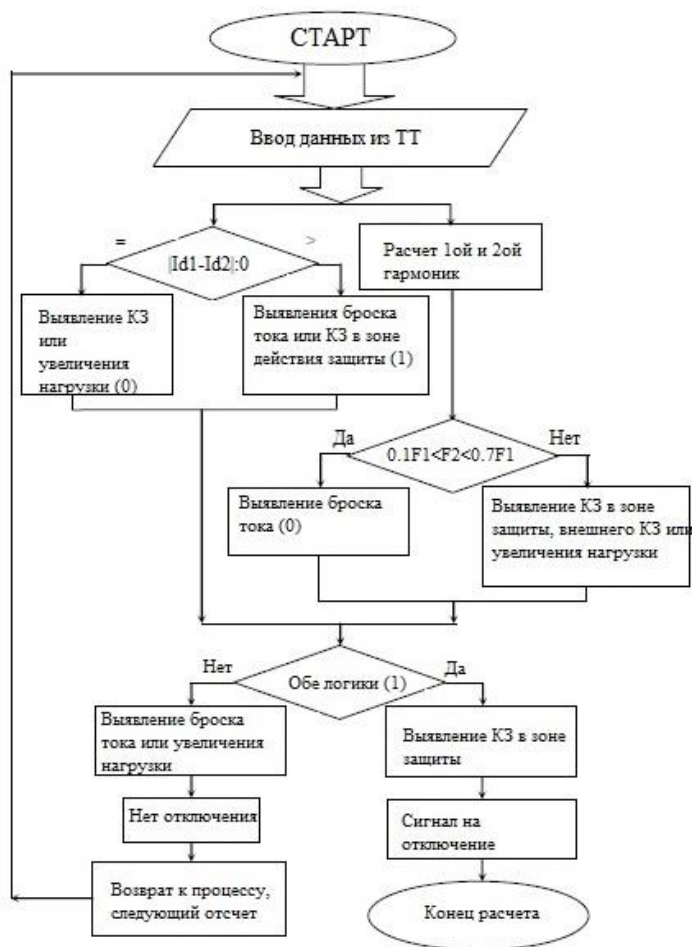


Рис. 1. Блок-схема предлагаемого цифрового дифференциального реле

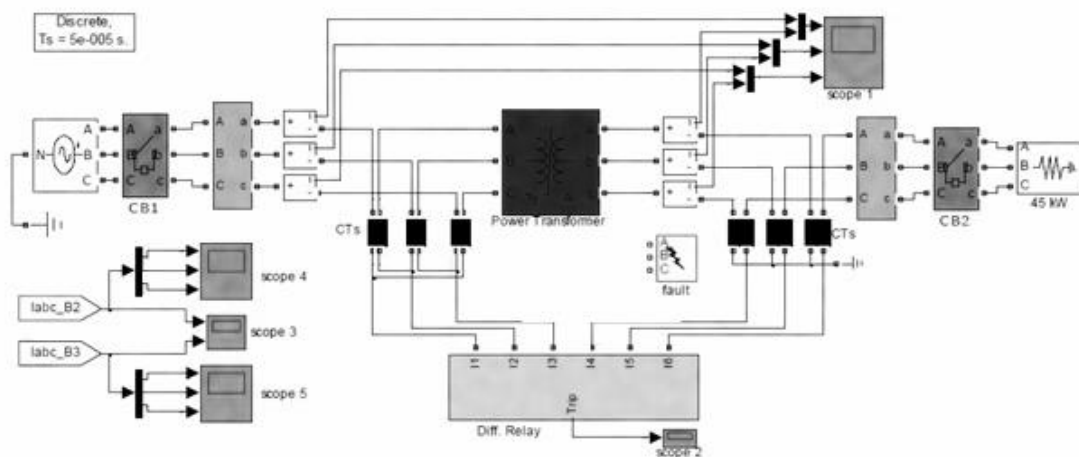


Рис. 2. Модель в MATLAB

Наиболее наглядно адекватность функционирования математической модели отражается в двух характерных режимах. Первый – бросок тока намагничивания (БНТ), который не должен влиять на срабатывание защиты. Второй – трехфазное короткое замыкание в са-

мом трансформаторе, при котором защита должна сработать и отключить защищаемый объект от сети.

В первом случае происходит включение трансформатора на холостой ход: примерно на 0,1 секунде возникает бросок тока намагничивания, который постепенно затухает и на 0,5 секунде переходит в установившийся режим. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что защита срабатывает. Выявление БНТ за счет гармонического анализа реализовано в алгоритме самой защиты. Во втором случае трансформатор первоначально включается в работу, возникает бросок тока намагничивания, который затухает примерно за 0,3 секунды. После этого устанавливается нормальный режим, а примерно на 0,5 секунде наблюдается резкое увеличение тока вследствие трехфазного короткого замыкания. Анализируя полученные данные и определяя повреждение как внутреннее, алгоритм защиты формирует сигнал на отключение. Как видно из рисунка 3 б ДЗТ срабатывает практически мгновенно. Следовательно, трансформатор изолирован от сети[3].

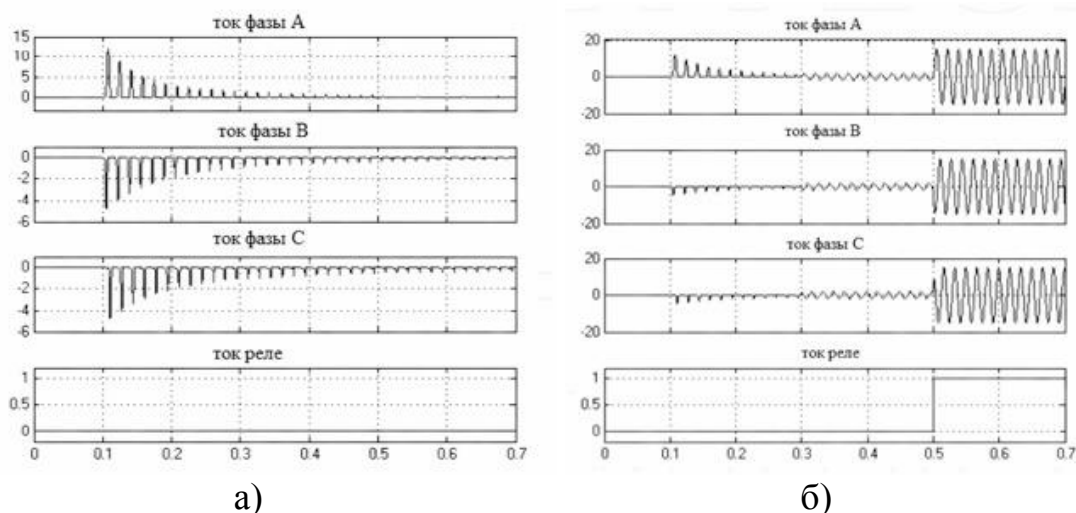


Рис.3. Осциллограммы пусковых токов трех фаз на первичной стороне силового трансформатора: а) при броске тока намагничивания; б) при трехфазном КЗ

В результате выполнения исследований очевидным становится правильность функционирования созданной математической модели ДЗТ в указанных режимах. Это дает основание перейти к исследованию модели в других режимах работы ЭЭС, по завершению которых планируется применить данную математическую модель для проверки корректности настроек ДЗТ, а также использовать её в учебном процессе для изучения принципов работы цифровой ДЗТ.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Копьев В.Н. Релейная защита: учебное пособие. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 160с.
2. Чернобровов Н.В. Релейная защита: учебное пособие. Москва: Издательство «Энергия», 1974. - 679с.
3. А. Актайби, М.А. Рахман «Цифровая дифференциальная защита силового трансформатора с использованием MatLab» 1-24 с.
4. И.В.Черных. "SimPowerSystems: Моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink": электронный ресурс. <http://matlab.exponenta.ru/simpower/book1/index.php>. Дата обращения 25.04.15г.

Научный руководитель: М.В. Андреев, к.т.н., доцент каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АО "ГРУППЫ "СВЭЛ"**

А.А. Мамаев  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А2Б

АО«Группа«СВЭЛ» — один из ведущих российских производителей электротехнического оборудования, основанная в 2003 году, выпускает следующую продукцию.

Сухие трансформаторы с литой изоляцией мощностью от 25 до 16 000 кВА на классы напряжения до 35 кВ и с с воздушно-барьерной изоляцией мощностью от 25 до 12 500 кВА на классы напряжения до 35 кВ.

Сухие токоограничивающие реакторы с естественным воздушным охлаждением на ток от 50 до 10000 А на напряжение до 220 кВ.

Масляные силовые трансформаторы – мощностью до 250 МВА на классы напряжения до 220 кВ типов ТДН, ТРДН, ТДТН.

Измерительные трансформаторы тока – широкий ассортимент по номинальному первичному току и классу точности(0,1; 0,2; 0,5; 0,2S; 0,5S; 1,0; 3,0; 10,0; 5P; 10P); типы ТОЛ, ТПОЛ, ТПЛ.

Измерительные трансформаторы напряжения –заземляемые и не заземляемые НОЛ, ЗНОЛ, ЗНОЛП; трехфазные антирезонансные трансформаторы напряжения 3хЗНОЛ, 3хЗНОЛП.