



МОИ



РусГидро



worldskills
Russia

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Филиал ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»

Союз «Агентство развития профессиональных сообществ
и рабочих кадров «Молодые профессионалы
(Ворлдскиллс Россия)»

Филиал ПАО «МРСК Юга» – «Волгоградэнерго»

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Студенческая конференция в рамках деловой
программы корпоративного чемпионата
Группы РусГидро по стандартам WORLDSKILLS

г. Волжский
15 октября 2019 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Филиал ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»

Союз «Агентство развития профессиональных сообществ
и рабочих кадров «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)»

Филиал ПАО «МРСК Юга» – «Волгоградэнерго»

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

г. Волжский
15 октября 2019 г.

Студенческая конференция в рамках деловой программы
корпоративного чемпионата Группы РусГидро
по стандартам WORLDSKILLS

УДК 621.316.925
ББК 31.27

Организационный комитет:

Пак В.Е. (председатель), Гаврилова О.В., Завражный Д.В.,
Султанов М.М., Болдырев И.А., Курьянов В.Н.

Обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики: Студенческая конференция в рамках деловой программы корпоративного чемпионата Группы РусГидро по стандартам WORLDSKILLS, г. Волжский, 15 октября 2019 г.: тезисы докладов. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2020. – 23 с.

ISBN 978-5-94721-148-1

В тезисах докладов студенческой конференции в рамках деловой программы корпоративного чемпионата Группы РусГидро по стандартам WORLDSKILLS отражены актуальные проблемы в области обслуживания и ремонта оборудования релейной защиты и автоматики. Сборник может быть полезен студентам, аспирантам, преподавателям вузов и инженерам соответствующих областей знаний.

Печатается по решению Управления планирования, подбора, обучения и развития персонала Департамента по управлению персоналом и организационному развитию филиала ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС» и Учебно-методического совета филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

УДК 621.316.925
ББК 31.27

ISBN 978-5-94721-148-1

© Авторы, 2020
© Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Волжском, 2020

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНОГО И РЕЖИМНОГО УПРАВЛЕНИЙ

Бекметов Т.И., Герасимов А.С. – студенты
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В ЕЭС России создана и эффективно функционирует эшелонированная система противоаварийной автоматики (ПА), обеспечивающая:

- действие ПА на всех этапах развития аварийного процесса;
- взаиморезервирование отдельных подсистем ПА;
- координацию действия ПА с функционированием РЗ и РА;
- надежность работы энергосистемы (живучесть);
- адаптивность функционирования и минимизацию ущерба при возникновении аварийных ситуаций.

В целом данная система работает надежно и оперативно, однако внедрение новых решений идет слишком медленно. На данный момент имеются следующие проблемы:

- необходима модернизация существующих комплексов ПА с внедрением современных микропроцессорных устройств ПА;
- современные цифровые средства обработки и доставки информации требуют совершенствования технологических алгоритмов противоаварийного управления;
- необходима типизация проектных решений по ПА;
- необходима типизация требований к устройствам и алгоритмам ПА, решение вопросов сертификации устройств ПА.

Учитывая изложенное, а также сведения о текущем состоянии РЗА, определены направления развития РЗА:

- модернизация (реконструкция) устройств и комплексов РЗА, находящихся в эксплуатации со сроком службы, превышающим нормативный;
- установление единых подходов к организации эксплуатации и автоматизация процессов технического обслуживания устройств РЗА;
- организация контроля качества процессов проектирования, создания (модернизации, реконструкции) и эксплуатации устройств РЗА;
- совершенствование и автоматизация процесса анализа неправильной работы и возникающих неисправностей МП устройств РЗА;
- проведение исследований и разработка мероприятий по продлению ресурса устройств.

Выявлена необходимость проведения научно-исследовательских работ в рамках программ НИОКР, развития инновационного потенциала отечественных производителей устройств РЗА и подготовки высококвалифицированных кадров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция развития релейной защиты и автоматики электросетевого комплекса [Электронный ресурс] // ПАО «Россети». URL: https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/vipiska_prilogenie.pdf (дата обращения: 21.09.2019)
2. Лисицына, Я. Релейная защита требует нового качества управления / Я. Лисицына // Энергетика и промышленность России. – 2014. – № 11.
3. Современное состояние и перспективы развития систем РЗА в ЕЭС России [Электронный ресурс] // ПАО «Системный оператор единой энергетической системы». URL: http://www.cigre.ru/activity/conference/relayprotect5/materials/01_Zhukov_AV_RZA_2015_SO_EE_S.pdf (дата обращения: 21.09.2019)

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ВЫХОДНЫХ КАСКАДОВ ЭМУЛЯТОРА АВАРИЙНЫХ СИГНАЛОВ

Алемасов Д.В., Лаубер А.Д. – студенты
Науч. рук. *Волошин А.М.* – ст. преподаватель
Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета

Моделирование аварийных процессов, проведение комплексного тестирования систем релейной защиты и автоматики является важным как в производстве, так и в учебном процессе. Проверка электромеханических и микропроцессорных защит требует испытательного оборудования большой сложности. В решении данных задач в настоящее время используют испытательные комплексы, например, такие как РЕТОМ-51, достойно зарекомендовавшие себя в течение многолетней эксплуатации на производстве. Но для проведения испытаний в учебных целях в небольших учебных группах покупка испытательных комплексов может оказаться неоправданной, так как цены на оборудование находятся в пределах от 150 тысяч до 2,5 миллиона рублей.

По этой причине было принято решение о разработке устройства, которое будет эмулировать токи и напряжения необходимой величины, моделируя аварийные сигналы и имитируя все возможные ситуации в лабораторных условиях, а также для выполнения различных проверок и испытаний.

Эмулятор аварийных сигналов для проверки микропроцессорных защит представляет собой устройство, которое будет формировать токи и напряжения подобные тем, которые выдаются с трансформаторов тока и трансформаторов напряжения в реальной обстановке.

Одним из стандартов записи аварийных сигналов в настоящее время является формат данных COMTRADE. В разрабатываемом устройстве первую часть работы выполняет наш коллега, его задача состоит в том, чтобы разработать алгоритм преобразования формата COMTRADE в данные для ШИМ-модулятора, которые смогут в усилителе класса D преобразоваться в сигналы тока и напряжения. Рассмотрим схему устройства (рисунок).

Часть, реализующая алгоритм преобразования формата COMTRADE в двоичный код, пропорциональный длительности импульса ШИМ, – это контроллер, изображенный слева. Другая часть, которая формирует ШИМ-сигнал и усилитель класса D, располагается справа. Рассмотрим левую часть этой схемы.

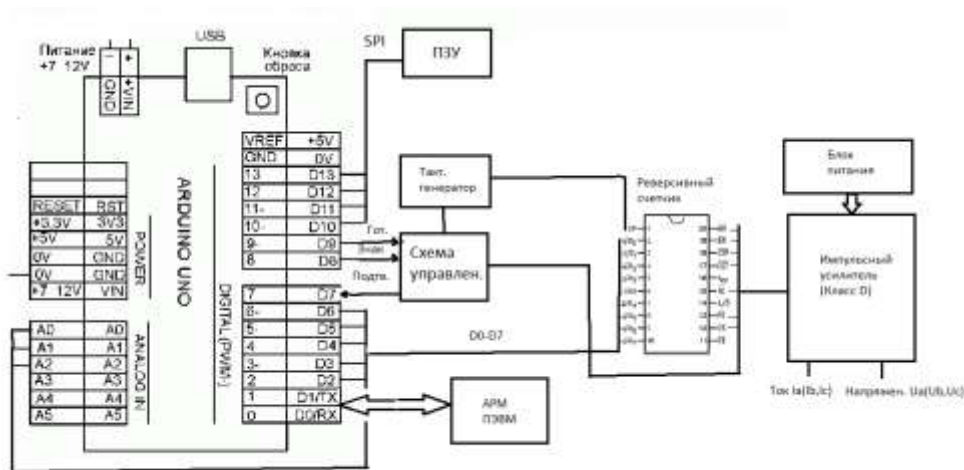


Рисунок. Общая схема

Согласно условию, в контроллере Arduino будет сформирована закодированная в одном байте величина интервала времени τ , выдаваемая на выходах D0-D7. Поскольку знак тока и напряжения может быть как положительным, так и отрицательным, то дополнительно выдается знак «положительная полуволна» или «отрицательная полуволна». Таким образом, из Arduino выходит D0-D7 – величина интервала времени для ШИМ-модулятора, сигнал знака и сигнал готовности, который стробирует параллельную запись в реверсивный счетчик. Сигналы из реверсивного счетчика и схемы управления (сформированные интервалы времени $+\tau$ и $-\tau$) подаются на импульсный усилитель класса D, который и преобразует эти интервалы непосредственно в эмулируемые токи и напряжения.

Выводы

1. Разработана схема эмулятора аварийных сигналов, позволяющая проводить испытания оборудования с регулировкой величин токов и напряжения.
2. Следующим шагом будет сборка прототипа эмулятора на основе разработанных схем и алгоритма преобразования формата COMTRADE в данные для ШИМ-модулятора. Будут проведены все необходимые проверки, замеры характеристик для создания опытного образца прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fairchild Semiconductor 74F579 Datasheet [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/50369/FAIRCHILD/74F579.html>
2. EiceDRIVER 1EDC Compact [Электронный ресурс]. URL: https://ru.mouser.com/datasheet/2/196/Infineon-1EDCxxI12AH-DS-v02_00-EN-1272149.pdf
3. Микроконтроллеры [Электронный ресурс]. URL: https://www.qrz.ru/schemes/contribute/microcontrollers/wvod_taktovyh_signalov_dla_mikrokontrollera.html

ОСОБЕННОСТИ И НЕДОСТАТКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Голышев А.В. – магистрант

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова

Введение

Проблема электромагнитной совместимости электронной аппаратуры (ЭМС) возникла вместе с самой этой аппаратурой, поскольку одни ее узлы функционально построены таким образом, что являются приемниками электромагнитного излучения, тогда как другие – источниками излучения. Проблемы возникали как из-за взаимного влияния одних узлов на другие внутри аппаратуры, так и при воздействии на электронную аппаратуру внешних излучений различного происхождения.

Обоснование чувствительности микропроцессорных комплексов релейной защиты к электромагнитным воздействиям

Электромагнитные помехи на энергообъектах проявляются наиболее часто в виде высокочастотных импульсов. Высокочастотные импульсы и сопутствующие им перенапряжения присутствуют в любой электроустановке, а также и в окружающей среде этой электроустановки как физический процесс, связанный с работой самой электроустановки. Например, коммутационные процессы, разряды молний и электромагнитные поля от работающего электрооборудования.

Наиболее частой реакцией МУРЗ на воздействие электромагнитных помех будет нарушение его работы или кратковременный сбой в работе с последующим восстановлением нарушенной функции (рисунок).

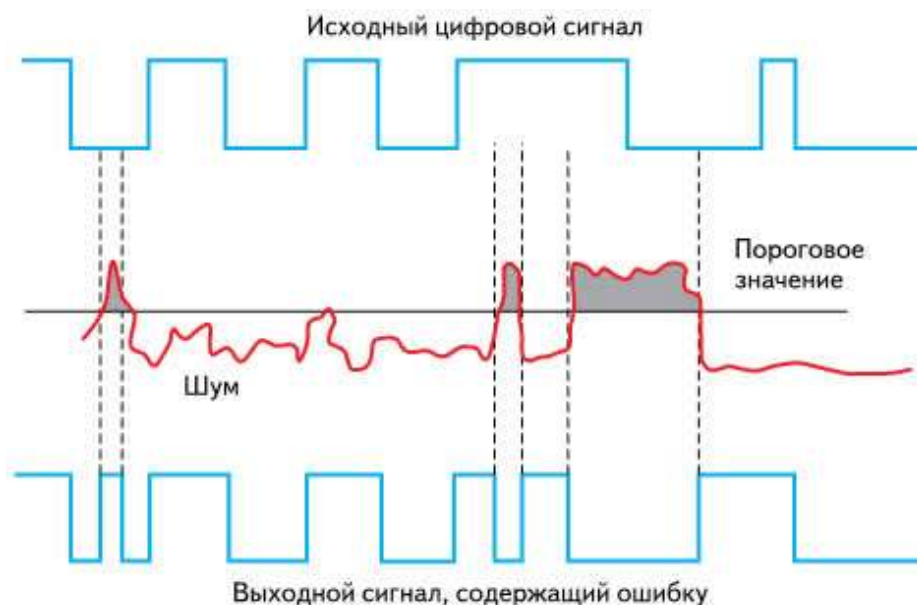


Рисунок. Воздействие помех на работу цифрового устройства

Это означает, что сработавшее неправильно на подстанции МУРЗ покажет полностью исправную работу при его исследовании в лаборатории и установить причину его ложного срабатывания на подстанции будет невозможно.

При этом пути проникновения помех в МУРЗ могут быть разными: от прямых индуктированных наводок на низковольтные провода и кабели вторичных цепей подстанций до импульсных и высокочастотных перенапряжений, возникающих во вторичных обмотках трансформаторов тока и напряжения.

В практике накопилось уже достаточно подтверждений существования электромагнитных помех и их негативного влияния на работу МЭ и МП УРЗиА. Например, на одной из ПС при коммутации элегазовым разъединителем 110 кВ ложно сработала дифференциальная защита трансформатора с реле ДЗТ-21 из-за пробоя транзистора в реле.

Короткие замыкания по стороне 110 кВ вызывали ложную работу защит по стороне 330 кВ, а помехи при коммутациях по одному классу напряжений проникали (через общие цепи оперативного тока) на входы аппаратуры РЗА, работающей по другому классу напряжения.

При этом следует иметь в виду, что цена каждого отказа МУРЗ раз в 10 выше, чем цена отказа одного электромеханического реле, вследствие концентрации большого количества функций в каждом МУРЗ.

Заключение

Таким образом, решение проблемы электромагнитной совместимости требует комплексного подхода. Необходимость заключается в выполнении комплекса измерений, имитационного моделирования вспомогательных расчетов с последующей разработкой и реализацией дополнительных мероприятий по обеспечению ЭМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электромагнитная совместимость на электросетевых объектах [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elec.ru/articles/elektromagnitnaja-sovmestimost-na-elektrosetevykh/> (дата обращения 02.10.2019).
2. Невнимание к проблеме ЭМС может обернуться катастрофой [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vbrspb.ru/111/page114.html> (дата обращения 02.10.2019).
3. Проблема электромагнитных воздействий на микропроцессорные устройства релейной защиты. Часть 1 [Электронный ресурс]. URL: https://www.kit-e.ru/articles/powerel/2010_2_80.php (дата обращения 02.10.2019).

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Дикарев П.В. – аспирант

Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)

Во второй половине XX века рост промышленного и сельскохозяйственного производства предопределил бурное развитие электроэнергетического комплекса, строились крупные гидро- и теплоэлектростанции, широко распространялась атомная энергетика, увеличивалась длина линий электропередачи, усложнялась конфигурация сетей. В начале 90-х годов произошел спад экономики по всей стране, вследствие чего снизилось потребление и выработка электроэнергии, прекратилось строительство новых электроэнергетических объектов и практически приостановились модернизация и реконструкция существующих. В результате увеличилось число аварий на объектах и отказов срабатывания устройств релейной защиты и автоматики СЭС.

На сегодняшний день отечественной энергетике задан инновационный вектор развития, развиваются технологии по более эффективному использованию энергии, увеличивается масштаб производства энергетических ресурсов. Все это благотворно влияет на ситуацию с энергетикой в стране в целом, однако в отечественной единой энергетической системе (ЕЭС) до сих пор остается серьезная доля оборудования, которое морально устарело или износилось. На основе информации ПАО «Россети», процентное соотношение устаревших устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) по элементной базе показано на рисунке [1].

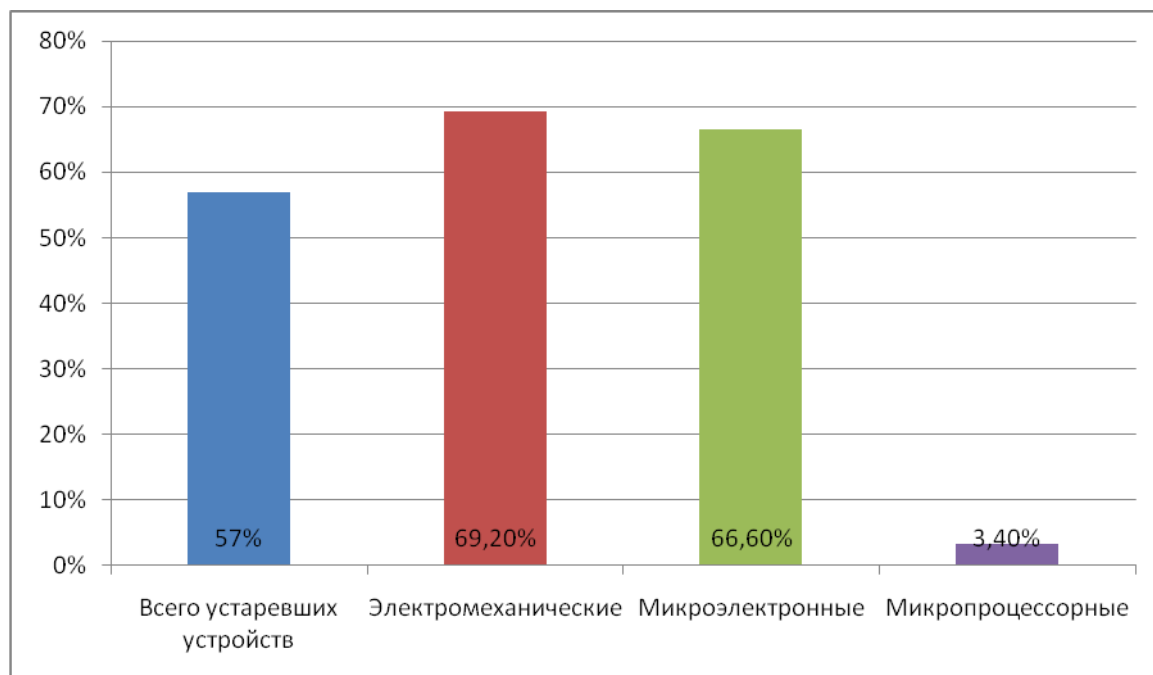


Рисунок. Процентное соотношение устаревших устройств РЗА по элементной базе (по данным ПАО «Россети»)

На объектах ПАО «Россети» по данным на 01.01.2015 г. в эксплуатации находится около 1,7 млн устройств РЗА, из них [2]:

- 77,45 % – электромеханических устройств;
- 4,12 % – микроэлектронных устройств;
- 18,43 % – микропроцессорных устройств.

В настоящее время широкими шагами идет развитие устройств РЗА, и на смену электромеханическим реле приходят микропроцессорные терминалы защит. Предлагается большой выбор терминалов РЗА не только иностранных фирм (ABB, ЗАО «Шнайдер-электрик» и др.), но и отечественных производителей (НПП «ЭКРА», НПФ «Радиус-автоматика», ОАО «ЧЭАЗ», ОАО «ВНИИР», ИЦ «Бреслер», НТЦ «Мехатроника» и др.).

Наибольшее количество проблем в области функционирования систем релейной защиты связано с процессом определения уставок срабатывания реле. В случаях неверного срабатывания или несрабатывания релейная защита не выполняет своей основной задачи – обеспечения защиты электросети от возникновения и распространения аварии [3].

Внедрение стандарта МЭК 61850 привело к тому, что устройствам РЗА становится доступным все больший объем информации как от измерительных устройств и датчиков, расположенных в том же месте, так и от других устройств РЗА. Однако существенным недостатком известных устройств РЗА остается недостаточная достоверность срабатывания устройств релейной защиты при аварийных режимах, ввиду того что не учитывается влияние на воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) различных внешних факторов, таких как влажность земли и атмосферы, температура внешней среды, состояние почвы, рельеф местности и т. д. В связи с этим при определенных условиях погрешность может превышать нормируемое 5%-ное значение, рассчитанное лишь для нормальных погодных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздев, Д.Б. Проблемы и перспективы развития релейной защиты и автоматики электросетевого комплекса [Электронный ресурс] // Презентации докладов 5-й Международной научно-технической конференции «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем»: пленарное заседание. URL: http://www.cigre.ru/activity/conference/relayprotect5/materials/03_Gvozdev_DB_RZA_2015_Rosseti.pdf (дата обращения 03.09.2019).
2. Ахмедова, О.О. Анализ ошибок срабатывания систем релейной защиты в энергетике / О.О. Ахмедова // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2016. – № 3 (15). – С. 19–22.
3. Дикарев, П.В., Ахмедова, О.О. Релейная защита: состояние, проблемы, перспективы развития / П.В. Дикарев, О.О. Ахмедова // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2018. – № 4 (25). – С. 10–13.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Карпенко И.А., Каталевский Д.М. – студенты
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В настоящее время производится замена средств релейной защиты, ранее реализованных на электромеханическом реле, более современными микропроцессорными устройствами релейной защиты.

Для современных цифровых устройств одним из важнейших критериев надежной и бесперебойной работы является электромагнитная совместимость технических средств. В соответствии с ГОСТ 30372-95 [2], электромагнитная совместимость (ЭМС) – способность технических средств функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех с другим техническим средством [1].

Электромагнитная обстановка (ЭМО) является совокупностью электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, в частотном и временном диапазонах [1].

Обязательным условием для надежной работы современной микропроцессорной аппаратуры является выполнение оценки электромагнитной обстановки (ЭМО) на объекте и проверка электромагнитной совместимости оборудования с разработкой мероприятий по снижению электромагнитных помех до допустимых значений, не превышающих уровни помехоустойчивости микропроцессорной аппаратуры.

Критерием обеспечения ЭМС являются условия, при которых уровень всех видов электромагнитных воздействий ниже уровня помехоустойчивости вторичного оборудования и систем связи [3].

При повышении уровня электромагнитных помех происходит нарушение ЭМС, что приводит к ложным срабатываниям и неправильной работе микропроцессорного блока, что в свою очередь может привести к отказам в работе в системе электроснабжения.

Микропроцессорные устройства играют важную роль в реализации задач по управлению технологическими процессами и реализации функций релейной защиты. Их эффективная защита от помех является важным условием для обеспечения стабильной работы объекта.

Для предотвращения возникновения перенапряжений в потенциальных источниках помех и ограничения опасных для изоляции перенапряжений или для функционирования напряжения помех, а также для ослабления излучаемых источником электромагнитных полей и предотвращения проникновения этих полей через чувствительные элементы необходимо соблюдать требования ЭМС. Для этого используются пассивные помехоподавляющие устройства в виде фильтров, ограничителей напряжения и экранов.

Таким образом, вопросы электромагнитной совместимости микропроцессорных устройств являются актуальными и требуют исследований в связи с реконструкцией и заменой ранее реализованных релейных защит на электромеханической базе микропроцессорными устройствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяков, А.Ф. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин, А.В. Жуков; под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003.
2. ГОСТ 30372-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения (аутентичен ГОСТ Р 50397-92).
3. Гуревич, В.И. Микропроцессорные реле защиты. Устройство, проблемы, перспективы / В.И. Гуревич. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 336 с.
4. Хабигер, Э.М. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: пер. с нем.; под ред. Б.К. Максимова / Э.М. Хабигер. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

РАЗВИТИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Бондаренко Н.Е., Латышов К.В. – студенты
Науч. рук. *Зенина Е.Г.* – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Микропроцессорные системы релейной защиты (РЗ) и автоматики в последние десятилетия стали активно внедряться в энергетику для защиты объектов энергоснабжения. Данные системы релейной защиты основаны на компьютерных технологиях на базе процессоров. Одной из их конфигураций являются РЗ с дистанционным управлением. Данный вид защит является прогрессивным направлением развития энергетики. Оно имеет большое количество достоинств, таких как компактность, удобство эксплуатации и дальнейшее резервирование. Но, несмотря на это, можно выделить ряд недостатков:

- высокая стоимость выполнения самой релейной защиты, а также всех присоединений;
- ограниченные функциональные возможности;
- сложность проектно-изыскательных и монтажных работ;
- необходимость специально обученного персонала.

Некоторые из недостатков обуславливаются тем, что каналы связи в системе РЗА построены по топологии «звезда».

Для уменьшения количества недостатков проводится множество исследований в данной сфере. Результатом одного из исследований стало изобретение централизованной микропроцессорной системы РЗ с дистанционным управлением. Такая система РЗА может находиться в том же РУ ЭУ, что и защищаемые присоединения РУ ЭУ, а также может быть выполнена и в качестве удаленного сервера

и автоматизированного рабочего места (АРМ), находящегося на пункте управления автоматизированной системы диспетчерского управления ЭУ и АСДУ электроэнергетической системы.

Принцип работы микропроцессорной системы управления основан на том, что выходные реле в соответствии с алгоритмами защиты и автоматики в нормальном режиме работы распределительного устройства опрашивают все устройства, присоединенные к РУ и имеющие блоки гальванической развязки и блоки масштабирования входных сигналов в виде тока 8 и напряжения 9. Также в эту систему входят частотные фильтры 10, аналого-цифровой преобразователь 11, микроконтроллер 12 связи и приемопередатчик 13 каналов связи. Информация от каждого устройства передается в блок 16 микропроцессорной системы управления, откуда получают первоначальные данные от первичных преобразователей (от трансформаторов тока и напряжения). Формируются группы токовых сигналов 17 и сигналов напряжения 18, которые через соответствующие блоки 8 и 9 поступают на блок частотных фильтров для фильтрации. Затем аналого-цифровой преобразователь 11 непрерывно с необходимой точностью и частотой оцифровывает сигналы, которые передаются в микроконтроллер. В свою очередь он посредством группы входов – выходов 23 подает дискретный сигнал на сигнальные контакты коммутационного и другого оборудования, установленного в данном защищаемом объекте, рисунок [1].

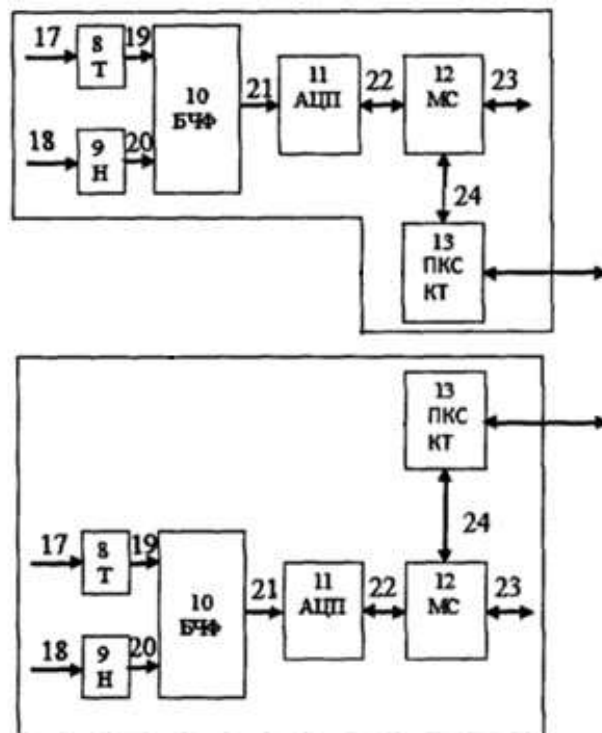


Рисунок. Принцип работы централизованной микропроцессорной системы релейной защиты, автоматики и сигнализации с дистанционным управлением

Отличительной особенностью данного изобретения от его предыдущих аналогов является содержание дополнительных блоков, которые образуют с

каналами связи кольцевую топологию. Техническим результатом рассматриваемого изобретения является упрощение развертывания, масштабируемости, а также повышение скорости передачи информации в распределительных устройствах электроэнергетических установок и в электроэнергетической системе в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Централизованная микропроцессорная система релейной защиты, автоматики и сигнализации с дистанционным управлением [Текст]: пат. 2016144440 Рос. Федерация: МПК H02H 7/00.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ УЧАСТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ В PSCAD

Михайлов М.А. – студент

Новосибирский государственный технический университет

Традиционно для анализа работы релейной защиты и автоматики режимы работы электроэнергетической системы рассчитывались вручную, но с развитием технологий появились компьютерные программы, позволяющие моделировать электроэнергетические системы, что существенно упрощает анализ поведения комплекса РЗА и снижает вероятность ошибки. В данной работе была разработана модель участка электрической сети в программном комплексе PSCAD и оценена ее достоверность.

Рассматриваемый участок сети состоит из двух эквивалентных систем 220 кВ, соединенных с помощью автотрансформаторов и двухцепной ЛЭП 110 кВ, и питающегося от шин одной из автотрансформаторных подстанций кольцевого участка 110 кВ. В PSCAD уже включены модели большого числа силового оборудования, поэтому построение модели участка сети по рассчитанным параметрам не составило труда.

Для оценки достоверности модели было принято решение реализовать на базе полученной схемы электрической сети вторую ступень дистанционной защиты и третью ступень ТНЗНП-комплекта выключателя $Q1$, приведенного на рис. 1.

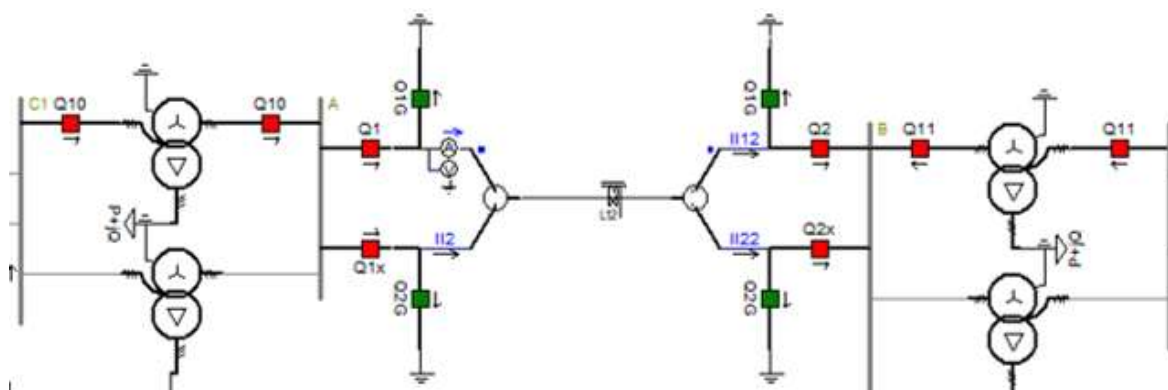


Рис. 1. Модель защищаемой линии

Работа защит была проверена в самых неблагоприятных условиях, обеспечивающих максимальное измеряемое сопротивление или минимальный ток $3I_0$. Результаты работы дистанционной защиты и ТНЗНП приведены на рисунках 2а и 2б соответственно.

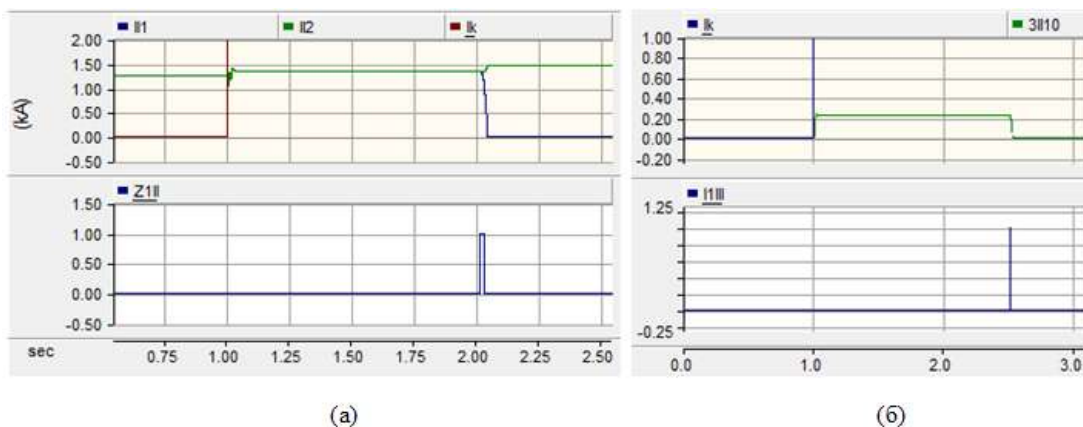


Рис. 2. Результаты работы защит

Также PSCAD позволяет получить значения, измеряемые реле в режиме КЗ, которые можно сравнить с расчетными:

$$x_{л1расч} = 37,8 \text{ Ом}; \quad x_{л1мод} = 37,77 \text{ Ом};$$

$$r_{л1мод} = 18,36 \text{ Ом}; \quad r_{л1мод} = 18,59 \text{ Ом}.$$

Помимо моделирования силового оборудования, PSCAD позволяет создавать логические схемы, что может быть использовано для моделирования схем противоаварийной автоматики. В данной работе было выполнено двухкратное АПВ с ускорением второй ступени дистанционной защиты. Время срабатывания первого цикла $t_1 = 1$ с, второго – $t_2 = 6$ с, время готовности $t_{гот} = 10$ с. На рис. 3 приведен результат работы АПВ при КЗ на шинах В, самоустраняющемся через 3 с, при включенном ускорении защиты.

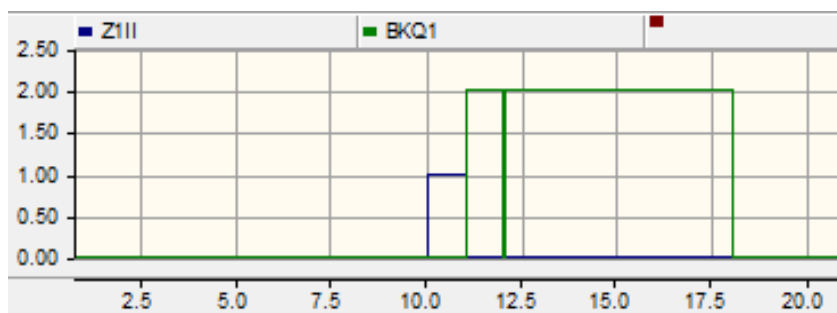


Рис. 3. Результат работы АПВ

Таким образом, можно сделать вывод, что полученная модель воспроизводит результаты, приближенные к ручному расчету, и может быть использована для расчета уставок релейной защиты и анализа действия устройств РЗА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щеглов, А.И. Релейная защита электрических сетей: учеб. пособие / А.И. Щеглов, А.В. Белоглазов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2015. – 144 с.
2. Расчет дистанционной защиты линии электропередачи: метод. пособие / сост. В.А. Давыдов, А.И. Щеглов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2012. – 28 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ ВЫСОКОНАПОРНОЙ ГЭС

Каджаев О.В. – магистрант

Донченко В.А. – студент

Клюев Р.В. – д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)»

Республика Северная Осетия – Алания (РСО-Алания) является остродефицитной по мощности республикой, за счет собственных энергоисточников покрывается в среднем 16 % потребностей в электроэнергии. Важнейшая роль в решении этой проблемы – ввод в эксплуатацию Зарамагской ГЭС, пуск которой запланирован в 2020 году.

Зарамагской ГЭС отводится стратегическое значение, поскольку выдаваемый ею энергопотенциал позволит существенно повысить не только энергонезависимость РСО-Алания, но и обеспечит потребности в электроэнергии Южной Осетии. Для решения этой задачи необходимо обеспечение надежности работы ГЭС, что в настоящее время невозможно без эффективного функционирования микропроцессорной релейной защиты.

В работе представлена краткая характеристика микропроцессорных релейных защит, установленных на воздушной линии (ВЛ) № 127 напряжением 110 кВ Головной Зарамагской ГЭС.

Основная защита ВЛ-110 кВ № 227 выполнена на базе шкафа микропроцессорных защит линий ШЭ2607 085 производства НПП «ЭКРА». Шкаф ШЭ2607 019 реализует функции автоматики управления выключателем (далее АУВ), устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ), автоматического повторного включения (АПВ). При срабатывании защит на отключение В-227 УРОВ терминала повторно (без выдержки времени) действует на отключение В-227, а при отказе выключателя с выдержкой времени действует на: останов ВЧ передатчика дифференциально-фазной защиты ДФЗ Л-227; отключение СВ-110 с запретом АПВ шин и выключателя В-127; отключение В-127, В-227 с запретом АПВ через выходные реле защит блока генератор-трансформатор первого и второго комплектов; «УРОВ» в местную сигнализацию; «Срабатывание» в центральную сигнализацию.

Релейная часть выполнена на базе микропроцессорного терминала типа БЭ2704 V085 и состоит из: ДФЗ; РЗ (резервная защита) (дистанционная защита ДЗ, токовая направленная защита нулевой последовательности ТНЗНП, токовая отсечка ТО); УРОВ.

Терминал микропроцессорных (МП) защит шкафа имеет следующие номинальные параметры: номинальный ток 5 А; номинальное напряжение переменного тока 100 В; номинальная частота 50 Гц; номинальное напряжение оперативного постоянного тока 220 В.

При этом на терминале МП-защит имеются: оперативные элементы местного контроля, управления и сигнализации со встроенным интерфейсом общения «человек – машина»; интерфейс, обеспечивающий подключение и связь с внешним ПК (последовательный порт) с целью ввода и вывода информации для дистанционного контроля и управления; интерфейс для подключения к СМ МПЗ по цифровому каналу.

МП-устройство защиты обеспечивает:

- сигнализацию срабатывания защиты, а также сигнализацию срабатывания каждого устройства автоматики;

- сохранение всех параметров настройки в отдельном файле настройки, возможность экспорта/импорта файлов настройки, параметров из файла / в файл в диалоговом режиме с обеспечением защиты от несанкционированного доступа;

- измерение текущего значения токов и напряжений, активной и реактивной мощности, частоты;

- регистрацию дискретных, аналоговых и внутренних событий;

- осциллографирование токов, напряжений и дискретных сигналов;

- непрерывную проверку функционирования и самодиагностику.

Следует отметить, что основной защитой ВЛ 110 кВ № 127 являются дифференциально-фазная высокочастотная защита.

ДФЗ ВЛ 110 кВ № 227 состоит из двух полуккомплектов, расположенных по концам защищаемой линии. ДФЗ применяется в качестве основной защиты ВЛ 110 кВ № 227 от всех видов КЗ. В шкафу ШЭ2607 085 дополнительно к функции ДФЗ установлен комплект ступенчатых защит (ДЗ, ТО). ДЗ используется в качестве резервной защиты ВЛ 110 кВ № 227 при междуфазных КЗ. Защита предназначена для осуществления функций как ближнего (работа вместо основной защиты в случае ее отказа, вывода из работы или отсутствия), так и дальнего (при КЗ на смежных элементах и отказах их защит) резервирования.

ТО в составе терминала контролирует три фазных тока. Защита предназначена для осуществления функции ближнего резервирования. ТО действует при междуфазных КЗ, а также при однофазных КЗ на землю на фазах, на вторичные токи которых включены измерительные органы. ТО защищает от всех видов междуфазных КЗ ($I_{cp} = 3600$ А), действует на отключение ЭВ В-227 и СВ-110.

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ЗАЩИТ АВТОМАТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

Донецков В.Д., Пажитных Д.В. – студенты
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

РЗА играет наиважнейшую роль в ЭЭС, так как неразделенность процессов производства, передачи распределения и потребления электрической энергии приводит к необходимости использования РЗА.

В России переход релейной защиты с электромеханических реле на цифровые повысил надежность системы РЗА, но в то же время схемы цифровых реле намного сложнее и это требует от персонала больших знаний в РЗА. В настоящее время практикуется способ повышения надежности релейной защиты в процессе эксплуатации количеством промежуточных проверок обслуживающим персоналом. Сейчас обслуживающий персонал проводит профилактические проверки и восстанавливает РЗА с периодичностью от 1 года до 8 лет. Однако на Западе распространен опыт эксплуатации РЗА, когда персонал не допускается к обслуживанию систем РЗА, так как это может повлиять на работу самой системы. Уход за системой РЗА возлагается на профессионально обученных сотрудников фирмы-изготовителя.

Существуют следующие причины, вследствие которых ухудшается работа систем релейных защит автоматики и управления, связанных с человеческим фактором:

- непрофессионализм обслуживающего персонала при проведении профилактических работ, отсутствие навыков, что влечет за собой сбой РЗА;
- кибератаки, которые влияют на работу РЗА.

Для решения перечисленных выше проблем можно предложить следующие пути урегулирования.

1. Улучшение методов расчета надежности с учетом влияния человека на процесс функционирования систем РЗА.
2. Повышение квалификации обслуживающего персонала на тренировочных полигонах.
3. Повышение квалификации персонала, который собирает данные системы РЗА.
4. Разработка алгоритмов и программ имитационного моделирования системы РЗА с целью оценки ее надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белотелов, А.К. Пути повышения надежности функционирования устройств релейной защиты и автоматики / А.К. Белотелов // Электричество. – 1999. – № 5. – С. 2–4.
2. Воропай, Н.И., Осак, А.Б. Электроэнергетические системы будущего / Н.И. Воропай, А.Б. Осак // Энергетическая политика. – 2014. – № 5. – С. 60–63.
3. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике (ССНТ). Основные понятия. Термины и определения.

ПРОБЛЕМЫ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗАЩИТЫ КОМПЛЕКСНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Руденко Г.А., Чукарин А.М. – магистранты

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова

Принцип работы устройства

В современных устройствах защиты от коротких замыканий, сопровождаемых электрической дугой, в качестве воспринимающей части используются оптические оптоволоконные системы, реагирующие на увеличение освещенности внутри отсеков комплексного распределительного устройства (КРУ). На основании алгоритмов работы существующего устройства, разрабатывается дуговая защита с оптоволоконным каналом связи на базе недорогой платы Arduino 2560 с микроконтроллером Atmega 2560.

Входной каскад устройства защиты включает в себя оптоволоконный датчик, трансивер и соединительные коннекторы. Различают точечный и линейный волоконно-оптический датчики (ВОД). Линейный ВОД состоит из оптоволокна с оболочкой на участке от устройства обработки поступающей информации до ячейки и участка с прозрачной оболочкой непосредственно в месте возможного возникновения дугового замыкания. В точечном ВОД участок с прозрачной оболочкой заменен светособирающей линзой с отражателем.

Трансивер состоит из излучающего светодиода, световоспринимающего фотодиода и электрической схемы, которая преобразует поток световой энергии в пропорциональное ему напряжение. Наличие излучающего светодиода позволяет организовать систему с возможностью тестового контроля, исправности канала связи.

Плата Arduino 2560 содержит весь набор инструментов, необходимый для считывания, обработки, хранения и выдачи необходимых сигналов. Создание программ и связь с платой происходит через специальную среду разработки Arduino IDE. Напряжение трансивера обрабатывается 10-битным АЦП и преобразует сигнал в последовательность чисел от 0 до 1024, что соответствует напряжению от 0 до 5 В. Дальнейшая обработка сигнала происходит программно.

Программная обработка

Поток данных записывается в массив данных, после заполнения происходит его передача на ПК в Arduino IDE по последовательному COM-порту. Для уточнения временных характеристик платы написаны дополнительные программы. Полученные результаты показаны в табл.

Количество записываемых чисел в массив ограничено объемом оперативной памяти платы. Допустимый размер массива позволяет захватить 14 периодов промышленной частоты, этого достаточно для анализа начального и установившегося дугового замыкания.

Полученные временные характеристики

Время	Значения
Время оцифровки одного числа (два байта) АЦП, мкс	108–120
Время передачи одного числа по СОМ-порту, мкс	280–296
Время записи массива данных (2500 чисел), мс	280–282

Измерения проводились на специальном стенде защиты от замыканий на землю. Используя емкостный заряд, при расхождении графитовых электродов зажигается дуга и световой поток считывается точечным датчиком. На ПК полученные массивы данных преобразуются в графический вид. Результаты замеров отражены на рис. 1, 2.

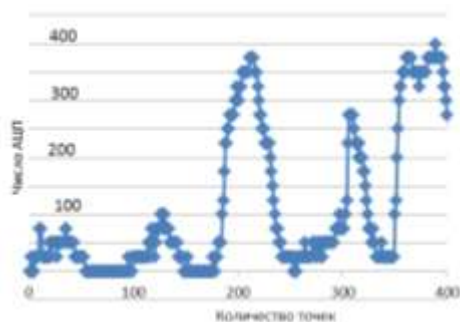


Рис. 1. Начальный момент дугового замыкания

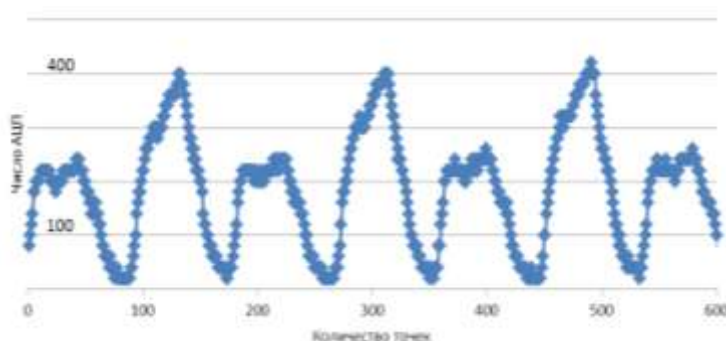


Рис. 2. Установившееся КЗ

Вывод

Проведенные исследования позволили реализовать запись и анализ освещенности от низковольтной электрической дуги на физической модели. Полученные результаты положены в основу алгоритма функционирования устройства защиты от дуговых замыканий в электроустановках корпусной конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Датчик обнаружения электрической дуги на основе пластикового оптического волокна [Электронный ресурс]. URL: http://infiber.ru/biblioteka/stati/ArcFlash_Detective.html (дата обращения 10.09.2019).
2. Аппаратная часть платформы Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru> (дата обращения 15.09.2019).

АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ПУСКОВОГО ОРГАНА АВТОМАТИКИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ДЕЛЕНИЯ СИСТЕМЫ

Рудюк И.Ф. – магистрант

Науч. рук. *Глазырин Г.В.* – канд. техн. наук, доцент
Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время большое распространение получили локальные системы электрогенерации с применением малых электрических станций, работающих на потребителей в ограниченном районе. Для повышения надежности электроснабжения потребителей этого района целесообразно использовать связи с внешней сетью электроснабжения, работающей совместно с большой энергосистемой страны.

Такое обеспечение резерва при всей его привлекательности имеет тот недостаток, что все аварийные ситуации, возникающие в локальной сети, оказывают негативное воздействие на всю энергосистему. По этой причине при подключении локальных электрических сетей к региональным электрическим сетям (РЭС) выдвигается требование быстрого разделения сетей при возникновении коротких замыканий в локальной электрической сети, которые могут повлиять на работу РЭС. Выявление факта возникновения короткого замыкания, при котором необходимо выполнить разделение сетей, можно осуществлять по соответствующим изменениям напряжения в точке их примыкания.

Целью работы являлась разработка алгоритмов, позволяющих микропроцессорным средствам защиты с необходимым быстродействием выявлять аварийные отклонения напряжений, происходящие при близких коротких замыканиях, и формировать управляющие воздействия, направленные на разделение сетей.

Для реализации этих функций разработан измерительно-пусковой орган (ИПО), предназначенный для приема информации на контролируемых шинах, определения всех параметров, необходимых для работы автоматической системы опережающего селективного деления, формирования соответствующих дискретных команд и сигналов.

Быстрое выявление факта возникновения междуфазных коротких замыканий осуществляется, прежде всего, по уменьшению действующих значений линейных напряжений, а также по уменьшению напряжения прямой последовательности или увеличению напряжения обратной последовательности.

Наиболее сложной задачей является обеспечение необходимого быстродействия блоков, обеспечивающих получение величин, сравниваемых с уставками. Поскольку при решении рассматриваемой задачи главным требованием к средствам получения сравниваемых величин является быстродействие, в алгоритмах используется цифровая фильтрация сигналов [1].

Разработанные алгоритмы реализованы на программно-аппаратных средствах, выпускаемых АО «ИАЭС». К настоящему времени представленные

алгоритмы реализованы в терминалах КПА-М, работающих под операционной системой реального времени.

Проверка работы разработанных алгоритмов осуществлялась не только на программных моделях, но и на физической модели локальной электрической сети. Анализ результатов проведенных экспериментов показал, что время срабатывания ИПО даже при удаленных несимметричных коротких замыканиях не превышает одного периода промышленной частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Танфильев, О.В. Совершенствование алгоритмов автоматики ликвидации асинхронного хода для работы в условиях неполнофазных режимов: дис. ... канд. техн. наук / О.В. Танфильев. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2010. – 242 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Бекметов Т.И., Герасимов А.С. Развитие систем противоаварийного и режимного управлений.....	3
Алемасов Д.В., Лаубер А.Д., Волошин А.М. Разработка схемы выходных каскадов эмулятора аварийных сигналов.....	4
Голышев А.В. Особенности и недостатки микропроцессорных комплексов релейной защиты.....	6
Дикарев П.В. Анализ достоверности срабатывания релейной защиты.....	8
Карпенко И.А., Каталевский Д.М. Электромагнитная совместимость микропроцессорных устройств релейной защиты в системе электроснабжения.....	10
Бондаренко Н.Е., Латышов К.В., Зенина Е.Г. Развитие микропроцессорных систем релейной защиты и автоматики с дистанционным управлением.....	11
Михайлов М.А. Имитационное моделирование работы релейной защиты и автоматики участка электрической сети в PSCAD.....	13
Каджаев О.В., Донченко В.А., Клюев Р.В. Характеристика микропроцессорных релейных защит высоконапорной ГЭС.....	15
Донецков В.Д., Пажитных Д.В. Влияние человеческого фактора на надежность систем защит автоматики и управления.....	17
Руденко Г.А., Чукарин А.М. Проблемы микропроцессорных комплексов защиты комплексного распределительного устройства.....	18
Рудюк И.Ф., Глазырин Г.В. Алгоритмы работы быстродействующего пускового органа автоматики опережающего деления системы.....	20

ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

г. Волжский
15 октября 2019 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Редактор *Болдырева А.П.*
Компьютерная верстка *Константиненко Н.Н.*
Корректор *Константиненко Н.Н.*

Подписано в печать 03.03.2020. Формат 60×84/16.
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 1,3.
Тираж 100 экз. Заказ № 580.

Издатель Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
Отпечатано Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69