

# **Обеспечение надежности на этапах жизненного цикла устройств РЗА ООО «Релематика»**

**Авторы: В.А. ЕФРЕМОВ, С.В. ИВАНОВ**

**ООО «Релематика»**

**Россия**

## **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

релейная защита и автоматика, алгоритмы функционирования, имитационное моделирование, режимы энергосистемы, отказы терминалов, удаленный мониторинг и диагностика, техническое обслуживание по состоянию, ошибочные действия персонала, автоматизированные системы проверки защит

## **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что по статистике основной причиной снижения надежности функционирования релейной защиты и автоматики (РЗА) в энергосистемах является физический и частично моральный износ электромеханических (э/м) устройств РЗА (УРЗА) отработавших 25 лет и более. В то же время по данным ПАО «Россети» надежность работы современных МП УРЗА в разы меньше морально и физически устаревшей электромеханики [1].

Если на стадии становления отечественного МП релестроения определяющим фактором снижения надежности являлось наличие дефектов в аппаратной части устройств, то нынешнее поколение МП УРЗА с точки зрения терминала страдают в основном от дефектных и контрафактных комплектующих. Например, ООО «Релематика» было вынуждено провести глобальную замену датчиков постоянного тока из-за ненадежности элемента, срок службы которого, несмотря на гарантийные сроки производителя, ограничиваются всего лишь 2-5 годами. Аналогичная ситуация наблюдается с прикладным программным обеспечением (ПО). Внедрение программных графических редакторов практически исключило ошибки разработчиков при реализации прикладного ПО: измерительных органов (ИО) и логической части защиты. Однако требования по соответствию терминалов защит наличию разнообразных протоколов передачи данных, МЭКовских стандартов и информационной безопасности не только повышает ошибки в ПО разы, но и до сих пор нет определенности по внедрению всего этого в терминалы.

Цель доклада состоит в выявлении проблем, ведущих к снижению надежности МП УРЗА из-за человеческого фактора и возможные пути их устранения.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Развитие технологий передачи и распределения электрической энергии, совершенствование элементной базы РЗА, развитие коммуникационных технологий ведут к необходимости создания новых принципов построения РЗА на основе широкого применения адаптивных и интеллектуальных алгоритмов.

Разработка УРЗА начинается с создания математических моделей измерительных органов и логики защиты. Алгоритмы МП защит до сих пор базируются на принципах РЗА, разработанных для э/м и частично для микроэлектронных (м/э) защит. Практически это означает использование для срабатывания РЗА только величин токов и напряжений текущего аварийного режима. В то же время для расширения алгоритмических возможностей МП РЗА можно выполнить за счет внедрения в ИО алгоритмов, использующих и величины предшествующего режима, т. е. величин по приращениям (аварийных составляющих). Внедрение аварийных составляющих в алгоритмы РЗА не только практически в 2 раза

увеличивает информационную базу для реализации уже известных существующих алгоритмов, но и дает внедрение новых, в т.ч. адаптивных к текущему нагрузочному режиму защит.

ООО «Релематика» уже при разработке первых МП РЗА активно применяла аварийные составляющие в модулях различных пусковых органов защит, в БНН, а часть ИО вовсе сделаны на базе аварийных составляющих. К таким ИО относятся избиратели поврежденных фаз и вида повреждения для ОАПВ, токовая защита неповрежденных фаз в цикле ОАПВ, ИО для адаптивного ОАПВ и ряд других [2].

В последнее время на предприятии начинают разрабатываться и внедряться адаптивные защиты, посредством которых могут быть сняты ряд расчетных проблем в РЗА, обусловленных человеческим фактором. Это проблемы расчета имитационных моделей объекта для получения токов аварийного режима, расчет параметров срабатывания ИО защит, проблемы у эксплуатации при изменении схемно-режимных параметров объекта и т.п.[3].

**Таким образом, снижение надежности МП РЗА из-за алгоритмических и модельных ошибок** следует решать развитием теоретической базы РЗА, в т.ч. и для применения РЗА в цифровой энергетике и на цифровых подстанциях.

Вторая проблема, где человеческий фактор сказывается особенно явно – это многообразие типоразмеров УРЗА для объекта, проектирование РЗА и изготовление оригинальных шкафов РЗА. Наличие в шкафах свободно программируемой логики по мнению ФСК – это недостаток ввиду отсутствия типовых решений, который, судя по статистике по неправильным случаям срабатывания устройств РЗА, является одним из факторов по снижению надежности защит.

Многообразие исполнений шкафов обусловлено и тем, что уровень квалификации проектных организаций сильно отстает от уровня производителей РЗА. Прошло не более 5 лет, когда всю проектную работу практически выполняли производители РЗА взамен на установку их оборудования в проекты.

Все это привело к тому, что каждый производитель РЗА в России имеет свою «дочку» по проектированию РЗА. И сейчас при выполнении заданий проекта, специалисты заводоизготовителей в своих запроектированных защитах находят несоответствия, которые приводят к исправлению и изменению проектов. Однако недостаточная информация у проектировщиков по использованию защит для энергообъектов, также связи между шкафами разных производителей на подстанциях остаются пока неисследованными и являются источником ошибок.

Кроме того, после окончания проектирования и выполнение проектного задания заводоизготовителем может быть изменения в проекте. Например, в одном из проектов с целью оптимизации/удешевления проекта вместо 9 выключателей на подстанции осталось всего 2 выключателя. Разработчикам же приходится уже с «колес» вносить исправления в алгоритмы и схемы шкафа, причем в соответствии с проектными выходными сигналами в нем, т. е. полностью изменять проект по РЗА. Вот в этом случае ошибки неизбежны в т.ч. и при расчетах уставок, особенно при изменении расчетных режимов работы сети.

**Вторая проблема в снижении надежности работы РЗА заключается в перманентно-изменяющихся проектах**, в т.ч. после их реализации, недостаточной квалификации проектных организаций.

Третья проблема в снижении надежности РЗА, где человеческий фактор играет непосредственную роль заключается в расчете параметров срабатывания (уставок) защит и их конфигурирование в терминал.

Известно, что расчет уставок превосходит расчет режимов, узкое место которого заключается в отсутствии расчета переходного режима. В настоящее время перед расчетчиками режимов и разработчиками защит поставлена еще и задача по определению времени до насыщения измерительных трансформаторов тока (ТТ).

До сих пор перечень ошибок при расчете уставок защит производства ООО «Релематика» без учета проблем совместимости в защитах с абсолютной селективностью касались в основном в неверном из-за непонимания проблемы расчете БК I по приращению тока прямой

последовательности, уставок БНН, в определении направленности защит и по применению закрытых и недоступных изменению в эксплуатации уставок.

ООО «Релематика» для уменьшения влияния ошибок в расчете уставок разработаны подробные рекомендации по расчету уставок как для классических защит, так и для вновь введенных в МП терминалы ИО с аварийными составляющими и/или полностью адаптивными алгоритмами. На основе разработанных методик постоянно модернизируется программный комплекс по расчету уставок «PCS». Представленный комплекс помимо непосредственного расчета уставок предполагает и наличие программы расчета имитационной модели объекта (ИМО) «ТКЗ++». Программы расчета ИМО в основном базируются на методиках по расчету установившихся режимов [4].

Большим подспорьем при анализе правильности расчета уставок служат банки аварийных осциллограмм с объектов, записанных при реальных повреждениях, однако проблема качественного расчета уставок актуальна до сих пор.

Первую «скрипку» в разработке методик по расчёту уставок должен был бы играть СО, но на сегодня это больше контролирующая организация, которая пытается заставить производителей разрабатывать более подробные методики с массой примеров, т. е. аналог «Руководящим указаниям» «Энергосетьпроекта», при этом теоретический наработок в этой области практически нет.

**В итоге, проблема снижения надежности РЗА по причине недостаточно точного расчета уставок** является одной из главных причин неселективной работы РЗА.

Решение проблемы видится не только в создании подробных методик расчета уставок, но и в создании теоретических основ расчета параметров срабатывания РЗА. Создание универсальных комплексов по автоматизированному расчету уставок один из путей решения проблемы по уменьшению влияния человека на снижение надежности функционирования РЗА.

Еще одна проблема снижения надежности МП РЗА заключается в недостаточно квалифицированной пуско-наладке УРЗА. Сегодня такой работой занимаются в основном специализированные организации, а представители завода-изготовителя, когда их вызывают на пусковой объект, выполняют функции шеф-инженеров. Считается, что специалисты пуско-наладочной организации прошли обучение в учебных центрах заводов-изготовителей. Действительно, у такой организации обычно имеются свидетельства о прохождении курсов на заводе-изготовителе РЗА, но работают на объектах обычно другие специалисты, которые часто запроектированные защиты видят впервые. Здесь даже не помогают многочасовые консультации по телефону. **Необходимо, чтобы специалисты пуско-наладочных организаций перед началом работ проходили обязательные** обучающие курсы. Такая же ситуация с эксплуатацией. Для них достаточен всего 40-часовой обучающий курс по работе с программами и устройствами РЗА, который для них являются бесплатными.

В ООО «Релематика» для исключения ошибочных действий при пуско-наладочных работах, а также при проведении эксплуатацией во время профилактического технического обслуживания работ по контролю, восстановлению или проверке РЗА после неселективного срабатывания, равно, как и после коррекции ПО в терминалах защиты при схемно-режимных изменениях сети, предлагает применять программно-технический комплекс (ПТК) «REST» [5]. ПТК «REST» предназначен для проведения автоматических испытаний УРЗА. Проверка проводится посредством моделирования последовательности режимов, характеризующихся заданными на определенный промежуток времени комбинациями аналоговых и дискретных сигналов, подаваемых с помощью испытательного комплекса «РЕТОМ», и оценки правильности и своевременности реакции УРЗА. Важным достоинством ПТК «REST» является возможность автоматического протоколирования всех этапов работы.

Важнейшим элементом надежности МП РЗА является встроенная самодиагностика. «Глубина» самодиагностики устройств РЗА регламентирована в требованиях к МП РЗА на аттестацию. Из публикаций в печати можно сделать вывод о том, что при постоянной диагностике 85-90% всего устройства РЗА межповерочный интервал его может быть увеличен до 12 лет, т.е. практически осуществляется переход на обслуживание по состоянию.

Таким образом, ПТК «REST» и аналоги других фирм совместно с самодиагностикой терминалов позволяют значительно снизить текущие расходы на обслуживание МП РЗА и перейти на техобслуживанию по состоянию.

Отметим, что на снижение надежности работы МП РЗА влияют:

- Отсутствие полноценной нормативно-технической базы, что приводит к разночтениям при выполнении проектов;
- Недостаточный уровень эксплуатационного персонала РЗА для работы с МП РЗА;
- Недостатки в организации и отсутствие НТД в части сервисного, гарантийного и постгарантийного обслуживания;
- Изменение условий эксплуатации РЗА и т.п.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основные причины менее надежной работы МП РЗА по сравнению э/м РЗА заключаются:

- отсутствие теоретических основ для МП РЗА;
- недостаточная квалификация специализированных проектных, пуско-наладочных организаций и эксплуатационного персонала;
- отсутствие руководящих указаний по расчету параметров срабатывания МП РЗА, адаптивных МП РЗА, защит для цифровых подстанций
- внедрение в МП терминалы РЗА функций нехарактерных для выполнения предназначения РЗА: информационная безопасность, наличие для работы с АСУ различных протоколов связи, МЭКовские протоколы и стандарты. Такие функции должны быть в сервисном ПО терминала;
- недостаточное применение автоматизированных систем проверки и наладки при проведении испытаний на всех этапах жизненного цикла РЗА: производство, проверка на заводе-изготовителе на соответствие проекту, пуско-наладочные работы, проверочные работы при техническом обслуживании РЗА.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе», утвержденного Советом директоров ПАО «Россети» (протокол от 25.10.2013 № 138), Версия 2.0 Москва, 2016
- [2] Ефремов В.А. ОАПВ: Опыт разработки и применения/ Релейная защита и автоматизация №03(16) , 2014, с.10-13
- [3] Ефремов В.А. Защиты абсолютной селективности серии «Бреслер» Часть 2. Основная защита линий с ОАПВ// Энерго-инфо, 2008, №9, стр.70-74
- [4] Ефремов В.А. , Макаров В.А. Инженерное ПО как средство повышения качества обслуживания устройств РЗА // НТК «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Москва, 4 декабря 2013.
- [5] Рыбкин А.Н., Макаров А.В., Прохоров Д.В. Автоматизированное тестирование устройств РЗА как средство повышения надежности// Сборник докладов научн.-техн.конф.-Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 2019 -254 с.,С.93-97.