

части. Штанги изготавливают из прочных и легких изоляционных материалов. Указатели для ВЛ 0,4 кВ – УНВЛ-0,4 не имеют источников питания, абсолютно помехоустойчивы, обладают яркой индикацией и возможностью определения напряжения с земли с помощью штанг ШЭУ.

Индикатор тока ВЛ-ИТВЛ-0,4 предназначен для контроля величины тока промышленной частоты от 6 до 200 А на ВЛ 0,4 кВ. Индикатор применяют для определения равномерности загрузки фазы, определения хищения электроэнергии на ВЛ с неизолированными проводами. Индикатор совместим со штангами ШЭУ.

Устройство поиска повреждений УПП-10 позволяет исключить пробные включения на возможное КЗ. Устройство может использоваться при фазировке сети 6–10 кВ. УПП-10 может быть со специальной заземляющей штангой, что позволяет выявить поврежденные линии с межфазными замыканиями без КЗ на землю.

Лестницы универсальные стеклопластиковые ЛУС являются электроизолирующими, используются для проведения работ различного характера в электроустановках.

Ножницы с электроизолирующими рукоятками применяются при демонтаже ВЛ 0,4–10 кВ, для обрезки веток и сучьев возле ВЛ, для оперативного отключения потребителей.

Наиболее распространенными резиновыми средствами защиты являются: диэлектрические перчатки, галоши, боты и коврики.

Внедрение новых средств защиты позволило добиться значительного снижения электротравматизма в действующих электроустановках, повысить уровень электробезопасности.

Литература

1. Долин, П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М.: Энергия, 1970.
2. Козыревич, И.С. Опыт применения современных электротехнических средств и технологий как основной фактор снижения электротравматизма при эксплуатации электрических сетей 0,4–10 кВ. / Охрана труда в энергетике – 2002: доклады семинара (Москва 27–31 мая 2002 г.). – М., 2002.

УДК 621.316.925

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ РЕЛЕ

Ваганов А.Ю., Борткевич А.С., Парков А.Н.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **ТИШЕЧКИН А.А.**

Новые экономические условия в электроэнергетике наряду с неудовлетворительным состоянием воздушных распределительных сетей среднего напряжения выводят на качественно новый уровень задачи повышения надежности электроснабжения потребителей. Автоматическое секционирование линий является важнейшим направлением повышения надежности электроснабжения потребителей в воздушных линиях электропередачи среднего напряжения. Препятствием на пути практической реализации концепции автоматического секционирования в отечественных распределительных сетях стала неготовность первичного оборудования – коммутационных аппаратов, релейной защиты и автоматики. Как следствие в настоящее время в большинстве случаев для управления аварийными режимами работы сети используются несовершенные принципы ручного местного и дистанционного секционирования линий. Анализ зарубежного опыта выявил возможность практической реализации концепции автоматического секционирования линии в виде децентрализованной системы секционирования с применением интеллектуальных автоматических пунктов секционирования – вакуумных рекло-

узлов, со встроенной системой измерений и микропроцессорными устройствами управления, релейной защитой и автоматикой, принципиально отличающейся от традиционных терминалов РЗА. Основным эффектом от применения децентрализованной системы секционирования является автоматическое селективное отключение и локализация поврежденного участка и автоматическое восстановление питания неповрежденных потребителей. Как следствие – значительное сокращение времени восстановления электроснабжения, снижение недоотпуска электрической энергии потребителям, повышение надежности электроснабжения. Сравнительный анализ эффективности различных вариантов автоматического секционирования линий на базе реклоузеров выявил количественные показатели основного эффекта. В зависимости от варианта секционирования по сравнению с базовым вариантом (ручное-местное секционирование) недоотпуск электрической энергии, как основной показатель надежности, снижается на 70–87 %. Результаты расчетов показывают, что комбинируя места установки реклоузеров в сети можно добиваться разной степени надежности электроснабжения потребителей. Это позволяет применять концепцию автоматического секционирования с применением реклоузеров адресно, в отношении наиболее ответственных потребителей. Таким образом, децентрализованная система секционирования воздушных распределительных сетей позволяет существенно влиять на надежность как всего фидера в целом, так и его отдельных потребителей. Наиболее эффективным способом повышения надежности электроснабжения в воздушных распределительных сетях является реализация **автоматического секционирования** воздушных линий электропередачи (рисунок 1) на основе децентрализованного алгоритма работы многофункциональных автоматических пунктов секционирования [4, 5]. Каждый отдельный секционирующий аппарат является интеллектуальным устройством, которое анализирует режимы работы электрической сети и *автоматически* производит ее реконфигурацию в аварийных режимах, т. е. локализацию места повреждения и восстановление электроснабжения потребителей неповрежденных участков сети.

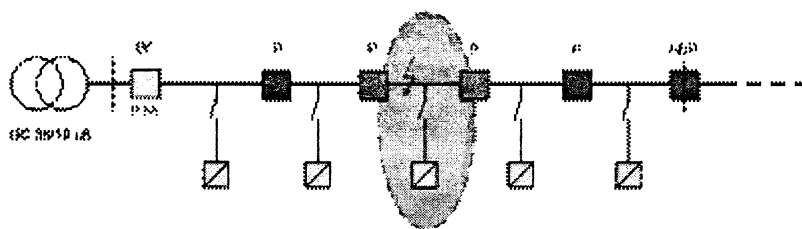


Рисунок 1. Децентрализованное управление аварийным режимом работы сети:
P – реклоузеры; АВР – реклоузер в качестве автоматического ввода резервного питания

Наличие телемеханики в этом случае не влияет на выполнение основных функций и носит вспомогательный характер (оперативное управление, контроль параметров сети и т. д.), а, следовательно, требования к надежности каналов связи снижаются. При наличии телемеханики диспетчер видит конечное состояние на мнемосхеме – локализованный участок сети, все переключения и реконфигурации выполнены автоматически без его участия. При таком подходе в задачу диспетчера входит направление на поврежденный участок ремонтной бригады. Преимуществами децентрализованного подхода являются отсутствие роли человеческого фактора. Отключение короткого замыкания и локализация повреждения происходит автоматически. Время восстановления питания на неповрежденных участках сети сокращается до секунд, как следствие, снижается риск ущерба потребителям электрической энергии. Для реализации децентрализованного подхода были выдвинуты требования о том, что пункты секционирования в своем составе должны иметь: высоконадежный вакуумный коммутационный аппарат с малы-

ми временами включения и отключения и значительным коммутационным ресурсом, способный нормально функционировать при многократных циклах АПВ; встроенную измерительную систему токов и напряжений для реализации необходимых функций защит и автоматики и контроля параметров режимов работы электрической сети; многофункциональную систему микропроцессорной релейной защиты и автоматики с возможностью независимой работы с разными уставками при любых направлениях потока мощности и малыми степенями селективности (0,1–0,2 с); систему самодиагностики и ведения журналов оперативных и аварийных событий в сети для анализа состояния самого аппарата и процессов, происходящих в линиях; надежную не обслуживаемую систему бесперебойного питания от нескольких независимых источников; широкие возможности внешних коммуникаций, наличие коммуникационных интерфейсов, поддержка международных протоколов передачи информации.

Традиционные пункты секционирования, выполненные на базе ячеек КРУН, имеют в своем составе классические защиты, выполненные на электромеханических или микропроцессорных терминалах реле. Такие защиты весьма затруднительно использовать на магистральных участках сети, особенно в сетях с двухсторонним питанием. К классическим защитами не предъявляются требования возможности реализации многократных АПВ, не требуются независимые уставки при различных направлениях потока мощности. Минимальная степень селективности классических микропроцессорных защит составляет 0,3 с, электромеханических – от 0,5 с. Всего этого недостаточно для реализации децентрализованного подхода.

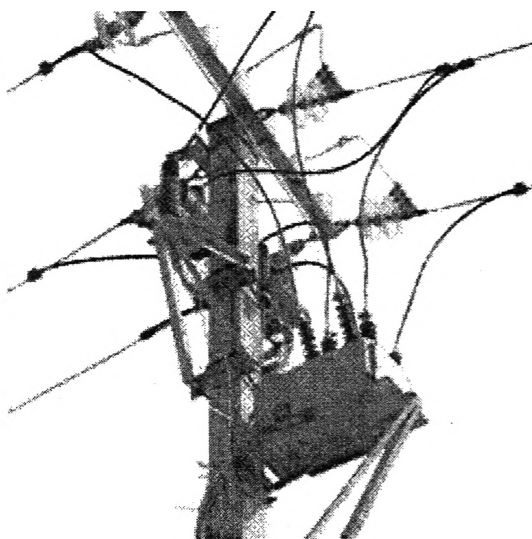


Рисунок 2. Вакуумный реклоузер

Аппаратом, отвечающим всем требованиям децентрализованного подхода, является вакуумный реклоузер, представляющий из себя совокупность вакуумного коммутационного модуля со встроенной системой измерения токов и напряжения и шкафа управления с микропроцессорной системой релейной защиты и автоматики (рисунок 2).

Реклоузер выполняет оперативные переключения в распределительной сети (местная и дистанционная реконфигурация), автоматическое отключение поврежденного участка, автоматическое повторное включение линии (АПВ), автоматическое выделение поврежденного участка, автоматическое восстановление питания на неповрежденных участках сети (АВР), сбор, обработку и передачу информации о параметрах режимов работы сети и состоянии собственных элементов. На протяжении всего срока службы реклоузер не обслуживается. Основными производителями реклоузеров в мире

являются компании Cooper Power Systems (США), ПГ Таврида Электрик (Россия), NuLec Industries (Австралия), Wipp&Bourn (Англия) и др.

Литература

1. Прусс, В.Л., Тисленко, В.В. Повышение надежности сельских электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Шабад, М.А. Автоматика электрических сетей 6–35 кВ в сельской местности. – Л.: Энергия, 1979.
3. Жуков, В.В., Максимов, Б.К., Никодиму, В., Боннер, А. Децентрализованная система релейной защиты и автоматики в протяженных распределительных сетях с рассредоточенной нагрузкой потребителей / Информационные материалы IV международного семинара по вопросам использования современных компьютерных технологий для АСУ электрических сетей. – М.: ЭНАС, 2000.
4. Воротницкий, В.Э., Воротницкий, В.В. Надежность распределительных электрических сетей 6(10) кВ – Автоматизация с применением реклоузеров // Новости электротехники. – 2002. – № 5.
5. Маркович, И.М. Режимы энергетических систем. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963.
6. Шабад, М.А. Автоматизация распределительных электрических сетей с использованием цифровых реле. – СПб.: ПЭИ, 2001.

УДК 621.3

УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТОВ ТОКОВ НЕСИММЕТРИЧНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ПО ПРОГРАММЕ ТКЗ

Комар А.В., Алексеенко М.В., Горячко М.Г.
Научный руководитель – доцент БОБКО Н.Н.

Расчет токов короткого замыкания (КЗ) является неотъемлемой задачей процессов проектирования и эксплуатации энергосистем. По результатам этих расчетов производится выбор оборудования, определяются допустимые переходные режимы, расчет уставок релейной защиты и автоматики.

На кафедре «Электрические станции» для решения вышеупомянутых задач была разработана программа ТКЗ, позволяющая рассчитывать токи установившихся режимов симметричных (трехфазные) и несимметричных (двухфазные, однофазные, двухфазные на землю) коротких замыканий [1]. Ориентированная на учебный процесс, она реализует упрощенный алгоритм расчета вследствие чего результаты оказываются неточными и иногда не удовлетворяют требованиям к погрешности расчетов.

Программа ТКЗ состоит из головной программы ТКЗ и подпрограммы ZHORTKA. Подпрограмма ZHORTKA осуществляет сворачивание схемы до заданного узла и создает треугольную матрицу коэффициентов и матрицу правых частей системы узловых уравнений. Сворачивание схемы осуществляется путем соответствующих преобразований в списках ветвей схемы. При исключении каждого узла, из списков выбираются ветви, которые соединены с удаляемым узлом, затем рассчитываются параметры ветвей полного многоугольника. После чего ветви многоугольника вносятся назад в списки ветвей. В результате последовательного исключения $n-1$ (n – число линейно независимых узлов) схема становится свернутой до последнего n -го узла, в качестве которого может быть выбран узел КЗ.

Одним из способов снижения погрешности расчетных величин является учет активных составляющих сопротивлений элементов сети. Нами была модернизирована программа ТКЗ, путем введения комплексных переменных учитывающих не только реактивные, но и активные составляющие сопротивлений линий электропередачи.

Всевозможные виды несимметричных коротких замыканий были рассчитаны на тестовом примере с помощью различных программ: ТКЗ-3000 (г. Новосибирск) [2],