

ТКЗ-Ф04 (г. Москва) [3] – промышленные программы и модернизированная программа ТКЗ. Результаты расчетов по первым двум программам оказались практически идентичными. Расчетные величины токов однофазного короткого замыкания полученные с помощью усовершенствованной программы ТКЗ отличались от «эталонных» не более чем на 2–3 %, в то время как погрешность исходной программы составляла более 5 %. При экспериментах с двухфазными короткими замыканиями были выявлены следующие отклонения расчетных величин от «эталонных»: исходная версия программы ТКЗ – порядка 6 %, усовершенствованная – 2–3 %.

В перспективе дальнейших усовершенствований программы ТКЗ может быть: учет режимных (текущих) отпаек РПН трансформаторов, а также построение графической оболочки облегчающей ввод расчетных схем и их параметров.

Литература

1. Бобко, Н.Н. Методическое пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Математические задачи энергетики». – Мн., 1999.
2. Руководство пользователя программы ТКЗ 3000.
3. Барабанов, Ю.А. Руководство пользователя программы ТКЗ-04. – М.: МЭИ, 2005.

УДК 621.316.925

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6–10 КВ

Парков А.Н.

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Принципиально новым подходом, который параллельно с внедрением магистральной схемы построения сети, способен значительно увеличить надежность электропитания потребителей в распределительных сетях 6–10 кВ, повысить культуру и безопасность эксплуатации, сократить численность персонала является внедрение децентрализованной автоматизации (ДА).

Суть ДА заключается в отключении только аварийных участков сети автоматическими аппаратами на базе локальной информации без использования централизованных систем защиты и автоматического управления, а также каналов вторичных цепей. Реализация децентрализованной автоматизации возможна при оснащении ВЛ 10 кВ пунктами автоматического секционирования на базе реклоузеров. Ниже будет рассмотрен принцип действия ДА на основе сравнительного анализа централизованного и децентрализованного подходов к автоматизации распределительных сетей.

Традиционно, основной функцией автоматизации распределительных сетей (АРС) является оптимизация режима работы распределительной сети посредством сбора информации в режиме реального времени с целью постоянного контроля и выполнения необходимых реконфигураций элементов электрической сети. Последние научные разработки позволили значительно расширить функциональные возможности АРС, которые теперь дают возможность создания алгоритмов обнаружения и локализации мест повреждений и таким образом снижения длительности отключения потребителей.

Согласно требованиям защиты, централизованная автоматизация требует обязательного наличия каналов телемеханики для управления распределительными сетями и защиты подстанционного оборудования. Управление осуществляется из центрального пункта управления – как правило, это диспетчерское управление района.

Децентрализованная автоматизация направлена на автоматическое выделение поврежденного участка, при одновременном сохранении питания для неповрежденных

элементов схемы. При этом работа РЗиА и коммутационных аппаратов при использовании реклоузеров проводится по месту повреждения и не требует наличия каналов телемеханики. Назначение телемеханики в децентрализованном подходе – это выполнение необходимых измерений и сбора информации в режиме реального времени, а также проведение необходимых реконфигураций сети в нормальном, ремонтном и аварийном режимах работы. Каналы связи могут быть также использованы в качестве вспомогательного звена при восстановлении распределительной системы. В целом, все эти же операции могут проводиться при непосредственном подключении устройств считывания информации (ноте-буков) к блоку управления реклоузером.

В таблице 1 представлены основные особенности централизованных и децентрализованных системы защиты распределительных сетей.

Таблица 1. Основные отличия децентрализованной и централизованной АРС

Централизованная автоматизация	Децентрализованная автоматизация
Для отключения токов короткого требуется головной выключатель на подстанции	Производится установка нескольких реклоузеров в распределительной сети, при этом каждый защищает участок до следующего реклоузера
При действии АПВ кратковременные отключения испытывает весь фидер	Кратковременные отключения происходят на участке за реклоузером до АВР
При устойчивом повреждении отключается весь фидер	Отключаются все участки за реклоузером без АВР и только поврежденный – с АВР
Скорость поиска и локализации повреждения определяется человеческим фактором	Полная автономность реклоузера полностью устраняет человеческий фактор
Централизованная система защиты для нормальной работы требует 100 % надежности каналов телемеханики	Информация о режимах обрабатывается в блоке управления реклоузером, все управляющие сигналы вырабатываются на месте. Наличие телемеханики необязательно
Каналы связи полностью интегрированы в централизованную систему защиты и должны моментально реагировать на нарушения режимов работы	Каналы связи могут быть добавлены в качестве дополнительных средств защиты, для сбора информации или интеграции в АСУ РЭС
Централизованный подход сопровождается большими затратами на каналы связи, секционирующее оборудование в части первоначальных затрат и затрат на эксплуатационное обслуживание	Децентрализованный подход сопровождается только затратами на секционирующее оборудование в части первоначальных затрат в дальнейшем эксплуатационные издержки минимальны

Надежность системы электроснабжения значительно повышается когда автоматическая реконфигурация сети происходит вне зависимости от систем связи. При использовании магистрального принципа построения сети с реклоузерами добиться децентрализованного управления весьма просто. Наличие каналов связи является значительным вкладом в общее восстановление системы, но при этом к ним не предъявляется требование немедленной реконфигурации системы после появления повреждения. При централизованном подходе наличие связи обязательно, поскольку в противном случае время поиска и локализации повреждения может исчисляться часами.

Первоочередной мерой для поврежденной линии является быстрое отключение повреждения, чтобы минимизировать ущерб для распределительного оборудования. После того, как повреждение изолировано ближайшим защитным аппаратом, необходимо максимизировать число запитанных потребителей. Этого можно легко добиться при использовании реклоузеров и без использования каналов вторичных связей.

Вот типичный сценарий реконфигурации системы при использовании выключателя (повреждение в точке К1) (рисунок 1):

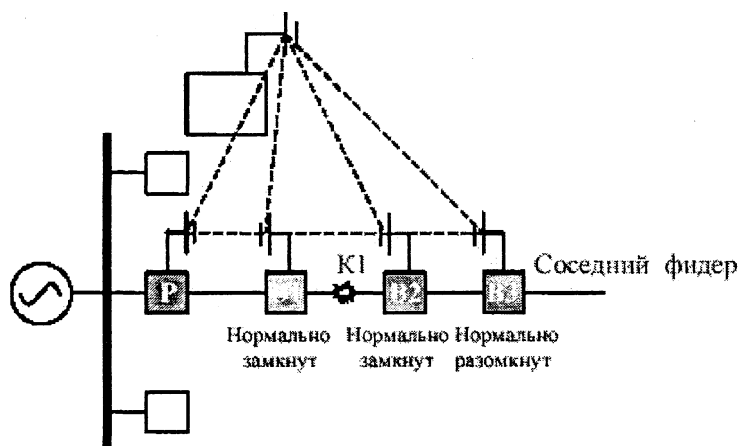


Рисунок 1

1. Головной выключатель на подстанции обнаруживает перегрузку по току и отключает фидер.

2. Головной выключатель производит переключения согласно запрограммированной последовательности и продолжает отключать и включать до тех пор, пока не произойдет окончательное отключение поврежденного участка.

3. Целый фидер находится в выключенном состоянии вплоть до нормально включенного выключателя В3.

4. Связи выполняются либо до пункта центрального управления, либо между двумя устройствами.

5. Связи обеспечивают выдачу сигнала о том, что выключатель В1 «видит» повреждение.

6. Связи обеспечивают команду на открытие выключателя В1.

7. Связи определяют, что выключатель В2 «не видел» повреждения.

8. Связи обеспечивают команду на отключение выключателя В2.

9. Связи обеспечивают команду на выключение головного выключателя.

10. Связи обеспечивают команду на выключение выключателя В3.

Поврежденный участок изолирован между В1 и В2. При выполнении всех этих операций необходима 100 % надежность вторичных каналов связи, чтобы обеспечить быстрое восстановление электроснабжения.

В аналогичном случае, при использовании реклоузеров (рисунок 2):

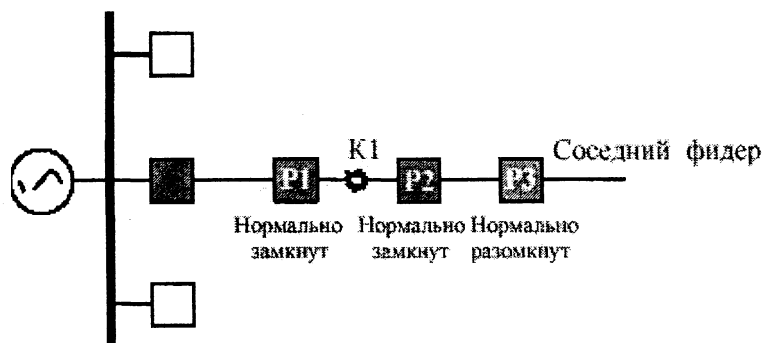


Рисунок 2

1. Реклоузер P1 отключается при повреждении в K1. Заметим, что головной выключатель не отключается.

2. Реклоузер P2 меняет последовательность своего действия. Его уставки выставляются в соответствии с режимом защиты от минимального напряжения.

3. Нормально отключенный реклоузер P3 включается в соответствии с режимом защиты от минимального напряжения.

4. Реклоузер P2 выключается только однажды и остается отключенным. Поврежденный участок изолирован между реклоузерами P1 и P2, за гораздо меньшее время, чем при централизованной АРС. Причем при выполнении перечисленных операций наличия каналов связи не требовалось. Каналы связи могут быть использованы для восстановления системы, для измерений или диагностики системы во время планового восстановления нормального режима работы.

Исследования показывают, что переход от централизованной автоматизации к децентрализованной, а также применение радиальных схем электроснабжения, построенных по магистральному принципу, является наиболее эффективным методом повышения надежности электроснабжения в распределительных сетях среднего напряжения. Данный подход может осуществиться только при использовании принципиально новых коммутационных устройств – реклоузеров.

УДК 621.3

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ УСИЛИЯ В ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ ТОКОПРОВОДАХ

Гулев А.Е., Байков А.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент БУЛАТ В.А.

При токах, превышающих 5 кА, в частности при 10–12 кА и более, когда через токопровод должны передаваться большие мощности – порядка 200–500 МВт, требование надежности к токопроводу еще более возрастает, но одновременно возрастают и трудности обеспечения этой надежности.

Пропорционально квадрату тока увеличиваются электродинамические усилия на шины и опорные изоляторы, а также тепловыделение. Кроме того, внешние переменные магнитные поля не только вызывают большие потери, но нагревают несущие конструкции и находящуюся вблизи арматуру железобетонных сооружений до совершенно недопустимых температур, а при коротких замыканиях эти явления возрастают до разрушительных размеров.

Этим действиям могут противостоять в определенной мере закрытые токопроводы, в которых шины каждой фазы заключаются в отдельный металлический кожух круглой или реже прямоугольной формы. Разумеется, что при обеспечении надлежащей изоляции междуфазные короткие замыкания в такой конструкции исключены.

Металлические кожухи токопроводов обладают экранирующим действием, возникающим благодаря вихревым токам, которые наводятся в кожухе переменным магнитным полем. Вихревые токи замыкаются в толще кожуха и циркулируют вдоль его поверхности. Поля вихревых токов ослабляют величину магнитного потока, проникающего внутрь экранированного токопровода, благодаря чему уменьшаются электродинамические усилия, действующие на шины токопроводов различных фаз. Кроме того, экранирование шин несколько снижает потери в стальных конструкциях и деталях, расположенных вблизи токопроводов, и, следовательно, уменьшает их нагрев.

Уменьшение электродинамических усилий на шины и опорные изоляторы благодаря экранирующему действию кожухов может достигать 7-кратной величины в срав-