По данным расчета коэффициент перенапряжений равен 2,47.

Длительность перенапряжения равна 0,115 с.

Аналогично проведем моделирования однофазных замыканий на землю фазы *С* для других режимов работы нейтрали. Результаты моделирования приведены в таблице.

Значения кратности и длительности протекания перенапряжений в сети при различных режимах заземления нейтрали

Режим нейтрали	$K_п$, о. е.	$T_п$, с
Изолированная нейтраль	2,47	0,109
Сеть заземления через резистор, рассчитанный по общей методике	2,47	0,109
Сеть, заземленная через низкоомный резистор	2,43	0,085
Сеть, заземленная через высокоомный резистор	2,35	0,0534

В данной работе проведено моделирование перенапряжений на секции шин подстанции ПС-6 кВ при различных режимах заземления нейтрали. При замыкании на землю получены осциллограммы переходных процессов при замыкании фазы *С* на землю. По осциллограммам рассчитаны кратности перенапряжений. Наибольшая кратность перенапряжений и длительный переходный процесс получен при изолированной нейтрали сети. Для снижения кратности перенапряжений в данной сети по результатам моделирования наиболее предпочтительным является режим нейтрали, заземленной через низкоомный резистор.

Литература

1. Руководство Multisim / National Instruments Corporation, 2007. – 491 с.
2. Защита сетей 6–35 кВ от перенапряжений / Г. А. Евдокунин [и др.] ; под ред. Ф. Х. Халилова, Г. А. Евдокунина, А. И. Таджибаева. – СПб. : Энергоатомиздат. С.-Петерб. отд-ние, 2002. – 272 с.
3. Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6–35 кВ через резистор : СТП 09110.20.187–09. – Белэнерго, 2009. – 69 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АВТОКЛАСТЕРНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Д. В. Чирко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель П. В. Лычев

Предложено при проведении мероприятий по повышению надежности линий 10 кВ применение автокластерных распределительных сетей 10 кВ вместо магистральной сети.

Ключевые слова: повышение надежности распределительных сетей, автокластерные сети 10 кВ.

Современная электроэнергетика переживает глубокую трансформацию. Рост потребления, интеграция возобновляемых источников энергии, повышение требований к качеству и надежности электроснабжения – все это требует перехода от традиционных распределительных сетей к интеллектуальным, гибким и автономным системам.

Одним из перспективных направлений развития является создание автокластерных распределительных электрических сетей – сетей, которые способны самостоятельно формировать и перестраивать свою структуру в зависимости от текущего состояния и внешних воздействий.

Надежность электроснабжения – ключевой показатель работы энергосистемы.

Рост требований к надежности электроснабжения. Современные потребители – от промышленных предприятий до частных домов – ожидают:

– минимального времени отключений;

– высокого качества электроэнергии;

– устойчивости к авариям и перегрузкам;

– гибкости при подключении новых объектов и ВИЭ.

Традиционные радиальные сети не справляются с этими задачами без масштабной модернизации.

Большая часть распределительных сетей в Беларуси, России и других странах СНГ была построена в XX в.

Характерные проблемы:

– отсутствие резервирования;

– ручное управление;

– слабая автоматизация;

– высокая аварийность в сетях 6–10 кВ.

Это приводит к росту показателей SAIDI (средняя длительность отключений) и SAIFI (частота отключений), особенно в сельской местности.

Мировая энергетика движется к интеллектуальным сетям (Smart Grid), где:

– каждый элемент сети – цифровой;

– управление – автоматическое и адаптивное;

– данные – собираются и анализируются в реальном времени.

Автокластерные сети – это локальный аналог Smart Grid, применимый к распределительным РЭС.

С каждым годом увеличивается количество:

– солнечных станций;

– ветровых установок;

– аккумуляторов;

– микрогенерации на объектах потребителей.

Без гибкой кластерной архитектуры такие источники сложно интегрировать в сеть без риска перегрузок и нестабильности.

Современные алгоритмы позволяют:

– анализировать состояние сети;

– выявлять слабые участки;

– оптимизировать маршруты питания;

– предсказывать аварии.

Автокластерная распределительная электрическая сеть – это интеллектуальная сеть, способная автоматически формировать, перестраивать и управлять локальными кластерами узлов и линий для повышения надежности, гибкости и устойчивости электроснабжения. Она объединяет цифровые технологии, алгоритмы ИИ и принципы Smart Grid.

Она предполагает решение нескольких проектных аспектов:

1. Усовершенствование существующей или создание новой топологии сети.

2. Модернизация центров питания распределительной сети.

3. Автоматизация отключения минимально возможного поврежденного участка.

Идея автокластерных распределительных сетей заключается в преобразование радиальных сетей 10 кВ в автокластерные.

Основные их отличия – это разделение автоклатерных сетей на участки сравнительно небольшой длины с возможностью резервирования с разных сторон. Переключение осуществляется при помощи специальных безуставочных реклоузеров, которые не требуют дополнительной настройки при изменении топологии сети. Потребители 0,4 кВ подключаются к сети через компактные подстанции 10/0,4 кВ. А ввод питания в сеть осуществляется через компактные точки трансформации 35/10 кВ. Ее задачей является только ввести мощность в сеть в заданной точке, а роль распределительного устройства выполняет сама линия 10 кВ, что значительно повышает надежность сети, поскольку ранее авария в РУ 10 кВ могла привести к отключению всей подстанции, а в автокластерной данный аппарат отсутствует.

Так же данные реклоузеры с помощью средств связи, основанных на GSM–модемах, связаны с сервером и обмениваются с ним информацией, где происходит анализ данных в реальном времени. К.з. в данной сети локализуется при помощи соответствующих реклоузеров, которые передают все данные о линии в момент к.з. и локализуют поврежденный участок с точностью до нескольких опор.

Об эффективности данного метода можно судить по пилотному проекту Крымского РЭС, реализуемого на базе электрических сетей Сакского района электрических сетей (РЭС) ГУП РК «Крымэнерго» с привлечением ряда объектов Евпаторийских высоковольтных сетей (ВЭС). В пилотную зону проекта входят четыре подстанции ПС 35 кВ ГУП РК «Крымэнерго» и более 150 ТП.

Общая протяженность линий электропередачи, вошедших в «Цифровой РЭС» – 210,7 км (65,7 км воздушных линий электропередачи 35 кВ, 137 км воздушных линий электропередачи ВЛ 10 кВ, 8 км кабельных линий КЛ 10 кВ, включая сети ГУП РК «Крымэнерго» и потребительские сети).

В итоге выполненных в пилотном проекте работ удалось решить проблемы пилотной зоны:

– заменить критически изношенное коммуникационное оборудование;

– обеспечить нормативное качество электрической энергии для всех потребителей;

– обеспечить доступность трансформаторной мощности для всех потребителей;

– уменьшить нагрузочные потери на 52 %;

– уменьшить общие показатели времени ликвидации аварий на 37 %;

– уменьшение показателей надежности более чем в 8 раз.

По экономическим расчетам решение подобных проблем с использованием традиционных технологий обошлось бы оценочно вдвое дороже. При этом существенного улучшение показателей надежности и снижения нагрузочных потерь не произошло бы. Таким образом результаты реализации данного проекта указывают на целесообразность его развития и реализации на платформах уже существующих РЭС.