

Рисунок 3. Масштабирование схемы

Программу можно использовать в учебно-исследовательском процессе кафедры «Электрические системы» БНТУ и для расчета и анализа установившихся режимов разомкнутых электрических сетей 6–330 кВ филиалов областных энергообъединений.

Литература

1. Ганеев, Р.М. Проектирование интерфейса пользователя средствами Win32 API. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 336 с.
2. Поспелов, Г.Е., Федин, В.Т. Передача энергии и электропередачи. – Минск: Высш. школа, 2003. – 544 с.

УДК 621.3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Конопацкий В.К.

Научный руководитель – ВОЛКОВ А.А.

На основании современных требований к надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, а также в связи с тем, что в прошлом все сельскохозяйственные потребители относились к III категории, находящиеся в эксплуатации сети напряжением 6–20 кВ построены по радиальным не резервируемым и кольцевым схемам, которые весьма разветвлены. В сети отсутствует питающая сеть напряжением 6–20 кВ и, следовательно, распределительные пункты.

К рассмотрению надежности сетей, необходим дифференцированный подход. К наиболее надежно работающим сетям следует отнести магистральные или питающие линии напряжением 35 или 110 кВ. Протяженность таких сетей составляет от 5 до 10 процентов общей протяженности всех линий электропередач.

Распределительные сети напряжением ниже 1 000 В благодаря тому, что они расположены в пределах населенных пунктов, постоянно находятся под наблюдением и

достаточно быстро могут быть отремонтированы. Поэтому такие сети – также достаточно надежный элемент электропередачи.

В наиболее тяжелом положении в отношении надежности оказываются распределительные сети напряжением выше 1 000 В, весьма разветвленные, а по протяженности, занимающие второе место после сетей 0,4 кВ. Если еще учесть, что такие сети часто труднодоступны в периоды бездорожья, то становится очевидным, что вопросу надежности этих сетей электроснабжения следует уделять внимание в первую очередь.

Особенность сети напряжением 6–20 кВ состоит в том, что распределительная воздушная линия (магистраль) не заходит в каждую трансформаторную подстанцию. Это связано с тем, что из-за значительной разбросанности потребителей экономически невыгодно заводить магистраль в каждую трансформаторную подстанцию (значительно увеличивается протяженность магистрали).

Трансформаторные подстанции подключаются к радиальной линии с помощью ответвлений (отпаек). При этом трансформаторные подстанции в основном выполняются однострансформаторными. Находят применение также однофазные ответвления от трехфазных линий 6–20 кВ с использованием однофазных трансформаторов.

В аварийных режимах наибольший процент повреждений приходится на однофазные замыкания на землю. Если повреждения изоляторов происходят на линии передачи, но не разрушают их, то поиски аварийного места требуют значительного времени. Отыскание и локализацию места повреждения выполняет оперативный персонал сетей. Отсутствие сетевого резервирования потребителей, тяжелые климатические условия, бездорожье сказываются на продолжительности обнаружения повреждений и восстановления электроснабжения и в конечном итоге – на уровне недоотпуска электроэнергии потребителям.

Повышения надежности электроснабжения потребителей приходится добиваться следующими способами:

- использованием более долговечных и надежных конструкций элементов электрических сетей;
- применением автоматически действующих аппаратов, позволяющих осуществлять секционирование сети;
- резервированием сети либо от сетей соседней подстанции, либо путем установки автономной аварийной электрической станции, обеспечивающей электроснабжение части потребителей (наиболее ответственных, не терпящих перебоев в электроснабжении).

Распределительная сеть напряжением выше 1 000 В, питающая множество подстанций населенных пунктов, характерна тем, что при аварии на любом из ее участков она на питающей подстанции отключается вся, лишая электрической энергии большое число потребителей. Для устранения этого недостатка применяют секционирование сети. Однако в распределительной сети произвольной конфигурации эффект от секционирования может оказаться недостаточно существенным. Вследствие этого применение секционирования предъявляет особые требования к построению схемы сети, которые, в общем, сводятся к следующему:

- необходимо стремиться к выделению явно выраженной магистрали;
- ответвления целесообразно присоединять так, чтобы на них возможна была установка автоматически действующих выключателей;
- следует избегать, если это возможно, глухого присоединения к магистрали многочисленных, небольшой протяженности отпаяк;
- присоединение потребительских подстанций целесообразно группировать на отпайках примерно равной протяженности с установкой на этих отпайках секционирующих автоматически действующих выключателей;

– при двухстороннем питании, если предусматривается режим резервирования, провода на магистрали целесообразно выполнять однородного сечения, а не ступенчатого, как это обычно принимается для радиальной линии с односторонним питанием.

Для возможности отделения поврежденных участков сети напряжением 6–20 кВ применяется продольное или поперечное секционирование с помощью коммутационной аппаратуры – выключателей, разъединителей. В настоящее время разработано для секционирующих пунктов специальное комплектное распределительное устройство наружной установки (шкаф КРУН) с вакуумным выключателем, трансформаторами тока, трансформатором собственных нужд, разрядниками и аппаратурой вспомогательных цепей. Указанное устройство автоматически отделяет поврежденный участок электрической сети. Секционирование сети в общем случае позволяет уменьшать уровни токов короткого замыкания в 1,5–2 раза.

Процедура оптимизации выбора состава, объема и мест размещения СПН на линии электропередачи электрической сети следующая:

– составляется схема замещения участка сети, на ней намечаются возможные места установки СПН, определяются затраты;

– составляется структурно-логическая матрица, по которой формируется уравнение для расчета показателей надежности;

– определяется средний недоотпуск электроэнергии для исходной схемы

$$\Delta \mathcal{E}_0 = \Delta \mathcal{E}_{\max};$$

– на каждом последующем шаге оптимизации рассматриваются все ранее не зафиксированные СПН, при этом:

– определяется средний недоотпуск электроэнергии при установке i -го СПН $\Delta \mathcal{E}_i^{(i)}$; $i \in I^{(i)}$, где $I^{(i)}$ – множество СПН, не зафиксированных до i -го шага;

– определяются суммарные приведенные затраты;

– проверяется выполнение ограничений;

– выявляются СПН, обеспечивающие на i -м шаге наименьшие суммарные приведенные затраты

$$z_{\text{СПН}}^{(i)} = \min \{ z_{\text{СПН}i}^{(i)} \}.$$

Это СПН фиксируется и из дальнейшей оптимизации исключается.

По приведенной методике проведено исследование участка распределительной сети Столбцовских ЭС. Проведенное сравнение двух вариантов построения электрической сети показало, что сеть, выполненная с применением секционирующих устройств, имеет большую надежность электроснабжения потребителей, в отличие от несекционированной схемы. Несмотря на большие капитальные вложения, дисконтированные затраты секционированной сети на 40 % меньше такой же не секционированной, что является важнейшим фактором при выборе построения электрической сети. При проведении расчетов было принято, что стоимость автоматического выключателя составляет 3 580 у.е., а разъединителя 500 у.е.

Анализ результатов показал, что основными параметрами, влияющими на установку автоматически действующих секционирующих устройств, являются длина линий и мощность присоединенных потребителей. При заданных параметрах электрической сети было выбрано 2 автоматических секционирующих устройства и 26 разъединителей. Расчет показал целесообразность использования разъединителей, как в рассечку магистрали, так и на ее ответвлениях; использование же автоматических выключателей, как правило, целесообразно на магистралях или на ответвлениях с большими нагрузками.

Ранжируя коэффициент загрузки потребителей можно получить зависимость, представленную на рисунке 1.

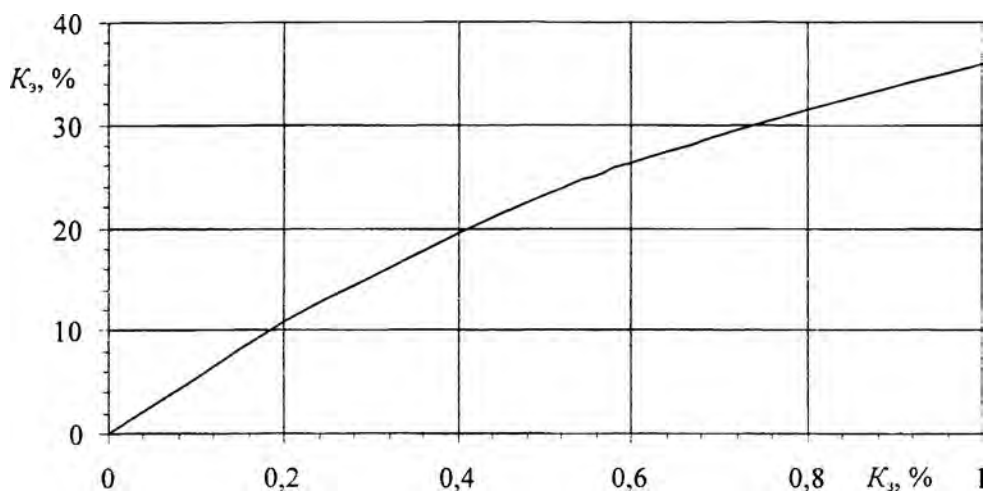


Рисунок 1. Зависимость коэффициента эффективности использования секционирующих устройств от коэффициента загрузки трансформаторных подстанций

Литература

1. Надежность электроэнергетических систем. Справочник / Под ред. М.Н. Розанова. – М.: Энергоатомиздат, 2000.
2. Короткевич, М.А. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей. – Минск: ЗАО «Техноперспектива», 2003.

УДК 621.3

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Лагун Н.А.

Научный руководитель – МЫШКОВЕЦ Е.В.

Для оптимизации был принят режим зимнего максимума сетей 35–750 кВ Белорусской энергосистемы с внешними связями. Перед проведением вычислительных экспериментов по перераспределению потоков мощности с помощью дополнительных устройств, устанавливаемых в ветвях сети, была произведена проверка, можно ли сделать это с помощью уже существующих средств.

По [1] для большинства автотрансформаторов производится регулирование отвлений на стороне среднего напряжения с диапазоном $\pm 6 \times 2\%$. На основе найденных автотрансформаторов приняли, что у всех рассматриваемых такой шаг и ступень регулирования. Далее по методике, описанной в [2], произвели выбор оптимальных коэффициентов трансформации путем их поочередного изменения. Выбирался один из трансформаторов и изменялся его коэффициент трансформации в сторону увеличения. При снижении потерь данный шаг считался успешным. Вновь увеличивали коэффициент трансформации на ступень до тех пор, пока потери мощности не начинали повышаться по сравнению с предыдущим шагом. Новый коэффициент трансформации у