

При проектировании программного комплекса была разработана информационная модель базы данных, включающая как справочные, так и оперативные таблицы. Примеры справочных таблиц – «Сырье», «Параметры станков», «Нормы расхода» и др. К оперативным таблицам относятся таблицы «Сменное задание», «Расчет сырья» и др.

На рис. 2 приведен пример интерфейсного окна для работы комплекса в режиме «Заявка на расчет» в роли начальника производства при завершении расчета заявки на крашение.

Тон	Вид сырья	Номер заказа	Система нитей	Потребность
20	Пряжа х/б 25 текс х 2	133	фон	88,01
114	Пряжа х/б 25 текс х 2	133	рис	88,01
114	Пряжа х/б 25 текс х 2	133	кор	58,674
114	Пряжа х/б 34 текс	133	уток	72,331
82	Пряжа х/б 25 текс х 2	135	фон	94,298
125	Пряжа х/б 25 текс х 2	135	рис	94,298
82	Пряжа х/б 25 текс х 2	135	кор	62,865

Рис. 2. Расчет потребности в материалах

Таким образом, была разработана модель программного комплекса расчета потребности в материалах, планирования и мониторинга выполнения сменных заданий для ОАО «Речицкий текстиль», который позволит предприятию производить более точный расчет потребности в крашеной пряже, и, следовательно, повысить эффективность использования материальных и трудовых ресурсов, а также позволит заполнять сформированные шаблоны паспортов минимальным числом манипуляций, а именно проставлять количество фактически изготовленной продукции, исключая риск совершения ошибок или допущения неточностей в записях.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ

Е. В. Бондарчук

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

Научный руководитель В. И. Токочаков

Цель статьи заключается в рассмотрении различных типов и конфигураций схем, которые используются для моделирования электрических потерь в городских распределительных сетях напряжением 10 кВ с целью оптимизации дальнейших затрат на различных участках сети. Были рассмотрены основные особенности системообразующих и распределительных электрических сетей, а также радиальные и замкнутые конфигурации схем электрических сетей. На основе данной информации было разработано графическое приложение на языке программирования VB.NET с возможностью конфигурации схемы городской распределительной сети напряжением 10 кВ, после чего на ее основе, а также при по-

мощи дополнительных параметров сети производится расчет итоговых значений потерь электроэнергии.

Ключевые слова: системообразующая сеть, распределительная сеть, радиальная схема, замкнутая схема, трансформаторная подстанция, компьютерное моделирование, потери электроэнергии.

В процессе построения схем передачи и распределения электроэнергии решаются основные задачи выбора схем выдачи мощности новых, либо же реконструируемых электростанций, мест размещения новых подстанций и схем их присоединения к существующим, а также проектируемым сетям, схем электрических соединений электростанций и подстанций, мест размещения компенсирующих и регулирующих устройств.

Для построения схем системы распределения и передачи электроэнергии используют системообразующие и распределительные электрические сети.

К системообразующим относят электрические сети, которые объединяют электрические станции и крупные узлы нагрузки. Они предназначены для передачи больших потоков мощности и выполняют функции формирования энергосистемы как единого объекта. Системообразующие сети работают при напряжении 330, 500, а также 750 кВ, обеспечивая тем самым их большую пропускную способность. Основное назначение распределительных сетей – это передача электроэнергии от подстанций системообразующей сети к центрам питания сетей городов, промышленных предприятий и сельской местности. В качестве первой категории распределительных сетей относят сети напряжением 35, 110 и 220 кВ, ко второй категории относят сети напряжением 6, 10 и 20 кВ. В процессе увеличения плотности нагрузок часть сетей утрачивают системное значение, трансформируясь в распределительные. Обычно это происходит в случае надстройки сети более высокого напряжения на существующую сеть.

При разработке схем сети важно обеспечить преемственность на временном уровне, что подразумевает возможность перехода от предшествующего состояния сети в последующее состояние. Это становится возможным только в том случае, когда при выборе предшествующих решений производится оценка их влияния на последующее развитие сети и, наоборот, оценивается влияние последующих решений на первоочередные решения.

Возможные варианты конфигураций и схем электрических сетей зависят от большого количества факторов. В первую очередь это географические условия территории, место расположения источников энергии и предполагаемых потребителей и др. В этом случае количество конфигураций сети может быть очень большим. Для отбора наиболее экономичных вариантов на основе формализованного подхода к построению конфигурации сети используют специальные оптимизационные модели. Но из-за их несовершенства они могут быть использованы только в качестве дополнительного инструмента для проектировщика. В таком случае технико-экономическую оценку отработанных вариантов осуществляют с использованием оценочных моделей.

В процессе построения схем используется большое множество конфигураций электрических сетей. В основном выделяют радиальные и замкнутые. В радиальных схемах узлы получают электроэнергию от одного центра питания. При этом к одноцепной линии может быть подключен только один узел нагрузки либо несколько узлов. Линия в таком случае может быть разветвленная. В городских распределительных сетях 10 кВ центр питания может быть соединен с распределительным пунктом,

от которого уже отходят линии непосредственно к узлам нагрузки. Между центром питания и распределительным пунктом может быть проложено две цепи. В таком случае сеть трансформируется в частично резервируемую.

Радиальные сети за счет своей простоты являются менее дорогостоящими, но в то же время они являются менее надежными при электроснабжении для потребителей. Поэтому обычно используются для питания узлов нагрузки небольшой мощности, а также в случае возможности резервирования по сети низшего напряжения. В данной конфигурации для повышения надежности электроснабжения используют двойные радиальные сети. Так же как и в одинарных радиальных сетях, к ним может быть подключен один узел нагрузки либо несколько узлов. В такой сети происходит резервирование питания потребителей. Линии такой сети могут быть реализованы на двух цепных опорах либо в виде двух цепей на отдельных опорах. В зависимости от схем подключения подстанций в нормальном режиме линии могут работать параллельно либо раздельно.

В схеме, при которой сеть является замкнутой, узлы нагрузки могут получать напряжение с двух и более сторон. В основном кольцевую конфигурацию замкнутой сети, которая может быть выполнена одинарными либо же двойными, подключенными к одному центру электроснабжения, что является их недостатком. Он может быть устранен в замкнутой одинарной или двойной сети, которая, в свою очередь, получает питание от двух центральных подстанций. Для большей надежности могут использовать конфигурацию, при которой используется узловая сеть, в которой подстанции могут получать питание от трех центральных подстанций [1].

На сегодняшний день одним из главных преимуществ использования компьютерного моделирования потерь в городских электрических сетях является повышение качества электроснабжения конечных потребителей. Сейчас многие организации решают проблему потерь электроэнергии установкой современного оборудования. Однако только совместное использование программных продуктов и оборудования поможет достигнуть максимального результата. Процесс создания современных городских распределительных сетей позволяет решить следующие основные задачи:

- уменьшение затрат на вспомогательное оборудование и модернизацию линий электропередач при сохранении положительной динамики увеличения отпуска электроэнергии;

- получение дополнительного дохода за счет снижения потерь электроэнергии в городских распределительных сетях, что является очень актуальным для больших мегаполисов;

- повышение надежности и качества оборудования для обеспечения бесперебойной работы всей системы в целом [2].

Городские распределительные сети напряжением 10 кВ в зависимости от категории потребителей по надежности формируются с помощью следующих схем:

- радиальными без резервирования, где при повреждении любого линейного участка происходит полное погашение;

- замкнутыми, работающими в разомкнутом режиме, в которых при повреждении какого-либо участка сети восстановление электроснабжения происходит вручную после нахождения и отключения поврежденного участка;

- разомкнутыми с автоматическим вводом резерва для всех ответственных потребителей.

При реализации радиальной нерезервированной сети все трансформаторные подстанции питаются от одной линии, которая заходит на каждую трансформаторную подстанцию. При повреждении одного из участков линии она автоматически

отключается выключателем со стороны центральной подстанции. Если повреждение произошло на неголовном участке, то он отключается ближайшим разъединителем со стороны центральной подстанции, после чего часть трансформаторной подстанции обеспечивается питанием от центральной подстанции.

К основным преимуществам радиальной нерезервированной сети относят простоту проектирования, отсутствие повышенных нагрузок в послеаварийных режимах по сравнению с нормальным режимом, а также ее невысокую стоимость. Основным недостатком данной конфигурации сети можно назвать отключение всех трансформаторных подстанций в случае повреждения линии в любом месте.

Замкнутая распределительная сеть может быть также представлена в виде петли, которая получает питание от одной центральной подстанции. На одной из трансформаторных подстанций петлю разрывают, при этом сеть работает в разомкнутом режиме. Наиболее часто пользуются конфигурацией сети с питанием от двух центральных подстанций. Данная сеть обладает свойствами замкнутой сети, из-за того, что каждая трансформаторная подстанция может получать питание с двух сторон. При размыкании сети разъединителем в нормальном режиме первая и вторая трансформаторные подстанции получают питание от первой центральной подстанции, а третья трансформаторная подстанция – от второй центральной подстанции. Если происходит повреждение на одном из участков сети, его устранение происходит при помощи отключения выключателя на соответствующем центре питания. Далее поврежденный участок вручную может быть отключен разъединителями с двух сторон, а напряжение подается на обесточенные трансформаторные подстанции [1].

Для компьютерного моделирования электрических потерь в городских распределительных используются параметры схем замещения и режимные данные, топология, а также графики реактивных и активных мощностей, которые формируются на основе данных цифровых систем учета либо же в результате моделирования графиков электрических нагрузок с использованием факторного анализа.

В целом потери электроэнергии в городской распределительной сети 10 кВ определяются как сумма потерь электроэнергии в каждом неповторяющемся элементе схем замещения электрической сети. Потери в каждом узле сети рассчитываются с помощью метода графического интегрирования. В качестве рабочих значений напряжений могут использоваться расчетные значения напряжений в узлах схем замещения электрических сетей [3].

В результате данной работы было разработано графическое приложение на языке программирования *VB.NET* с возможностью конфигурации схемы городской распределенной сети напряжением 10 кВ, после чего на ее основе, а также при помощи дополнительных параметров сети рассчитываются итоговые значения потерь электроэнергии.

Литература

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко. – 4-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2014. – 648 с.
2. Фурсанов, М. И. Оптимальные уровни потерь в распределительных электрических сетях / М. И. Фурсанов // Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. Энергетика. – 2014. – № 5. – С. 15–26.
3. Фурсанов, М. И. Расчеты технологического расхода (потерь) электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях энергосистем : учеб.-метод. пособие / М. И. Фурсанов, А. А. Золотой, В. В. Макаревич. – Минск : БНТУ, 2018. – 111 с.