

Полученные выражения позволяют проводить расчет распределения радиальной и вертикальной составляющих вектора плотности тока в каждом слое модели и определять области растекания токов в заземлителе, а также активные и индуктивные параметры заземляющих устройств.

Таким образом, разработанный численный метод может быть использован для решения инженерных задач, связанных с проектированием, расчетом и оценкой заземляющих устройств.

#### Л и т е р а т у р а

1. Правила устройства электроустановок. – Москва : Энергоатомиздат, 1987.
2. Бургсдорф, В. В. Заземляющие устройства электроустановок / В. В. Бургсдорф, А. И. Якобс. – Москва : Энергоатомиздат, 1987.
3. Рябкова, Е. Я. Заземления в установках высокого напряжения / Е. Я. Рябкова. – Москва : Энергия, 1978.
4. Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – 9-е изд. – Москва : Наука, 1976.
5. Герасимович, Д. А. Электромагнитные процессы в уединенном вертикальном цилиндрическом заземлителе / Д. А. Герасимович, Е. А. Дерюгина // Компьютерные технологии в технике и экономике : сб. докладов междунар. науч. конференции : в. 2 ч. Ч. 2 / отв. ред. А. И. Шиянов. – Воронеж : Междунар. ин-т компьют. технологий, 2007. – С. 52–57.

### ОТОБРАЖЕНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ПЭВМ

**М. А. Драко**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель О. А. Жерко

Одной из важнейших служб в электрических сетях энергосистем является диспетчерская служба, выполняющая функции управления и распределения потоками энергии. Необходимо отметить, что для районов электрических сетей объем исходной информации невелик и составляет порядка 40–90 распределительных линий (фидеров). В то же время для персонала ОДУ (оперативно диспетчерского управления) схема электрической сети может состоять из тысячи узлов и более, причем узлы являются свернутыми схемами электрических сетей более низкого номинального напряжения. Управление электрическими сетями персоналом диспетчерских служб осуществляется по текущим схемам, которые корректируются, «поддерживаются» и постоянно контролируются на диспетчерском щите.

В настоящее время диспетчерские щиты оснащаются современными средствами визуализированного контроля за режимной информацией (сигнальные диоды, электронные табло и т. д.) и являются удобным средством ориентации о текущем состоянии показателей режима. Тем не менее диспетчерские щиты являются лишь «статичной» картинкой. Решение таких задач, как прогнозирование нагрузок, оптимизация режимных параметров и схем электрических сетей, возможно лишь с использованием средств вычислительной техники, при этом возникает закономерная трудность в отображении на ПЭВМ всех элементов электрических сетей.

В силу специфики технического оснащения приборами учета электрических сетей соответствующие диспетчерские службы обладают разным набором режимной информации, а с точки зрения решения электротехнических задач и разным набором топологической информации.

Параметры линий отличны для разных номинальных напряжений и конструктивных исполнений и на практике по-разному учитываются при расчетах и анализе показателей режимов. Для кабельных линий низких напряжений, выполненных ма-

лыми сечениями, пренебрегают индуктивным сопротивлением в силу незначительности по сравнению с активным. В линиях напряжением 35 кВ и ниже влияние зарядной мощности мало, поэтому схема замещения линии электропередач состоит только из активного и индуктивного сопротивлений. Распределительные электрические сети 6–20 кВ характеризуются своими особенностями: эксплуатация электрических сетей данных классов номинальных напряжений осуществляется по разомкнутым схемам; определены марки проводов и кабелей, типы и номинальные мощности трансформаторов, типы и положения коммутационных аппаратов. Низковольтные электрические сети характеризуются большим объемом, работой в разомкнутом режиме и возможностью подключения однофазных или трехфазных потребителей. В воздушных линиях напряжением 35 и 110 кВ пренебрегают активной проводимостью. В воздушных линиях напряжением 330 кВ активная проводимость заменена потерями активной мощности на корону, а емкостная проводимость – зарядной мощностью.

В целях унификации программного обеспечения и удобства обучения и восприятия схем электрических сетей имеет смысл рассмотреть вопрос о разработке единой формы отображения графической информации об электрических сетях энергосистем.

В настоящее время результаты расчета электрических сетей на ПЭВМ представляются, главным образом, в виде таблиц. Это создает для пользователя определенные трудности при анализе результатов расчета. Одним из путей преодоления указанного недостатка служит графическое отображение топологии и параметров режима электрических сетей. Представление электрической сети в виде графической схемы обеспечивает наиболее удобное восприятие информации о расчетах режима, а для диспетчерского персонала носит первостепенный характер в связи с тем, что реагирование на показатели режима с выходной информацией, представленной графически, вызывает наименьшие затруднения.

На данный момент разработано множество алгоритмов и программ для графического отображения схем и режимных параметров электрических сетей. К таким программам можно отнести РАСТР (RastrWin), КОСМОС, Анаpec, Eurostang, РТП-3 и др.

При проведении расчета режимов электрических систем важны удобство подготовки и коррекции исходных данных, а также наглядность получаемых результатов, поэтому средствами программного обеспечения осуществляется объектное моделирование и графическое представление электрических схем с поэтапным нанесением на граф схемы необходимой топологической и режимной информации. Связь программных комплексов с телемеханикой должна обеспечивать автоматическое производство расчетов по мере поступления телесигналов, телеизмерений, т. е. в режиме реального времени.

В качестве примера отображения схем электрических сетей 35 кВ и выше может служить программа РАСТР (RastrWin), разработанная в г. Екатеринбурге Региональным общественным объединением и кафедрой «Автоматизированные электрические системы» имени Д. А. Арзамасцева. Графическое отображение схемы формируется программным путем на основе топологии сети. Для удобства работы с графикой пользователю предоставляется ряд сервисных возможностей:

- автоматизированная подготовка графической схемы на основе заданной расчетной, автоматический контроль соответствия расчетной и графической схем;
- отображение текущей расчетной информации, быстрая замена типа отображаемой информации;
- проведение коммутаций (отключение/включение) и коррекций режимных параметров непосредственно на графической схеме;

- цветовое выделение номинальных напряжений и районов схемы, выделение номинальных напряжений толщиной;
- динамическая «заливка» схемы в зависимости от значения выбранного параметра (например, отклонения напряжения от номинального);
- отображение энергетической схемы в виде «псевдоэлектрической» сети.

В качестве «отечественной» разработки на территории Республики Беларусь представляем программу ДЕЛЬТА, разработки Белорусского национального технического университета кафедры «Электрические системы» и НИЛ «Производство и распределение электроэнергии» [1, с. 31–43].

Фрагмент графической схемы, выполненный с использованием графического модуля комплекса «Дельта» с привлечением специалистов электрических сетей на примере реальной схемы, показан на рис. 1.

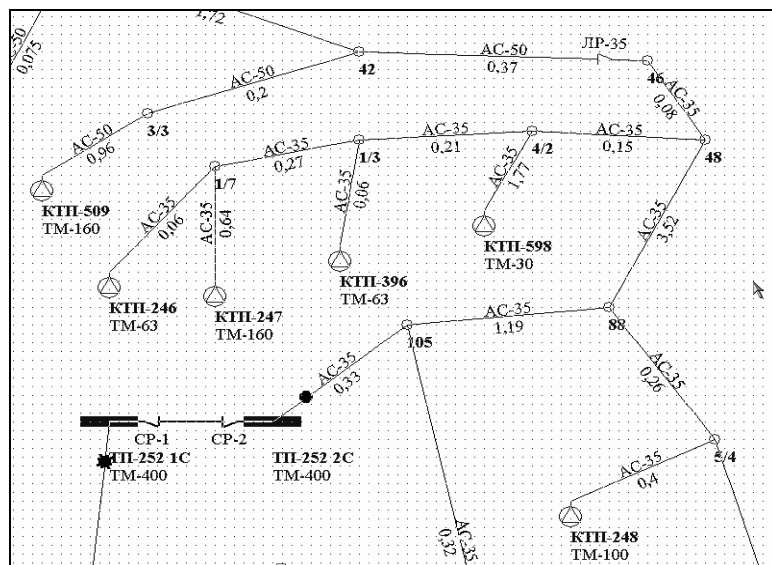


Рис. 1. Данные о топологии сети и параметрах элементов в графическом виде

Для удобства работы с графикой пользователю комплекса «Дельта» предоставляется ряд сервисных возможностей:

- просмотр схемы сети с использованием прокрутки и масштабирования изображения;
- изменение конфигурации сети с целью приближения к реальным условиям, корректировка параметров и добавление (удаление) элементов схемы (секций шин, разъединителей, выключателей, воздушных и кабельных линий, трансформаторов и т. д.);
- оперативный поиск информации на схеме.

Комплексы программ RastrWin, «Дельта» и другие значительно упрощают принятие решений специалистами диспетчерских служб, используя в качестве графической картинки настраиваемый граф, а также помогают проводить обучение, прогнозировать различные режимы, более качественно проводить оптимизационные задачи.

#### Литература

1. Фурсанов, М. И. Оценка и анализ режимов и потерь электроэнергии в электрических сетях 6–20 кВ на основе программно-вычислительного комплекса «Дельта» / М. И. Фурсанов, О. А. Жерко // Энергетика. – 2005. – № 1.