

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТА КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ И ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

*Антонов А.А., Гусев Ю.П., Трофимов В.А.
Национальный исследовательский университет «МЭИ»*

Введение

Повышение спроса на электроэнергию, а также увеличение требований потребителей к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии приводят к необходимости развития и модернизации распределительных сетей. В настоящее время в распределительных сетях активно внедряется новое оборудование: кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, вакуумные и элегазовые выключатели, микропроцессорные терминалы защит, расширяется использование резистивно-заземленной нейтрали. Принципиально новым для распределительных сетей является появление распределенной генерации. Изменение условий эксплуатации и требований к планированию развития распределительных сетей обуславливают необходимость применения современных компьютерных технологий моделирования электрических сетей, при оценке принимаемых технических решений [1].

Расчетные модели распределительных сетей

На кафедре «Электрические станции» «НИУ «МЭИ» накоплен значительный опыт моделирования и комплексных расчетов распределительных сетей среднего и низкого напряжений. В качестве инструмента для создания расчетных моделей распределительных сетей используется программный комплекс NEPLAN, который был выбран из большого числа отечественных и зарубежных специализированных программ.

Программный комплекс NEPLAN представляет собой набор из 42 модулей [2], каждый из которых предназначен для решения конкретной задачи, например: «расчет токов короткого замыкания», «надежность», «оптимизация потоков мощности» и т.д. Выполнение хозяйственных работ, по заказам сетевых компаний, позволило кафедре «Электрические станции» накопить опыт работы со следующими модулями программы NEPLAN:

1. Network Reduction – модуль создания модели сети. Модуль располагает инструментами для ввода электрической сети в модель и её отображения;
2. Модули для расчета токов короткого замыкания и установившихся режимов;
3. Over Current Protection (Selectivity Analysis) – модуль токовых РЗА и анализа селективности;
4. SQL Database Driver – программный драйвер для работы с базой данных;
5. NEPLAN Programming Library (C/C++) – библиотека для программирования в NEPLAN.

При выборе программы внимание уделялось следующим факторам:

1. поддержка электрических схем большой размерности;
2. возможность создания центра коллективного пользования с удаленными клиентскими местами;
3. возможность экспорта/импорта баз данных в едином формате, совместимом с CIM моделями, соответствующими МЭК 61970;
4. наличие встроенных инструментов программирования, позволяющих учесть нелинейные сопротивления электрической дуги, тепловой спад тока короткого замыкания, уточненное влияние генераторов и двигателей в узлах нагрузки и др.;

5. возможность автоматизации обновления расчетной модели и формирования протоколов с результатами расчетов.

Среди выполненных хоздоговоров, в рамках которых были разработаны расчетные модели в программе NEPLAN, можно выделить следующие:

1. Работы по договору с ОАО «МОЭСК» «Создание расчётной модели токов короткого замыкания для областной распределительной сети ОАО «МОЭСК»;
2. Работы по договору с ОАО «МОЭСК» «Оказание услуг по расчету уставок устройств релейной защиты и автоматики в электрических сетях ОАО «МОЭСК»;
3. Работы по договору с ОАО «РусГидро» Расчет электрических параметров схем питания собственных нужд ГЭС (ГАЭС) филиалов ОАО «РусГидро».

Расчетные модели содержат информацию, как о первичном (шины, линии, трансформаторы, коммутационные аппараты), так и вторичном оборудовании (измерительные трансформаторы, реле). В модель также включена информация об уставках защит и времятоковых характеристиках предохранителей и реле. Разработанные модели позволили, на основе единого комплекта исходных данных, решить ряд задач, среди которых:

- расчет токов короткого замыкания и остаточных напряжений во всех узлах схемы и различных режимах работы;
- проверка термической стойкости и невозгораемости кабелей;
- проверка чувствительности защит и построение карт селективности с учетом разброса времятоковых характеристик релейных защит и плавких предохранителей, рис. 1.
- разработка рекомендаций по замене электромеханических защит микропроцессорными терминалами;
- выявление слабых мест в сетях, перегрузок, отклонений от нормативного качества электроэнергетики.

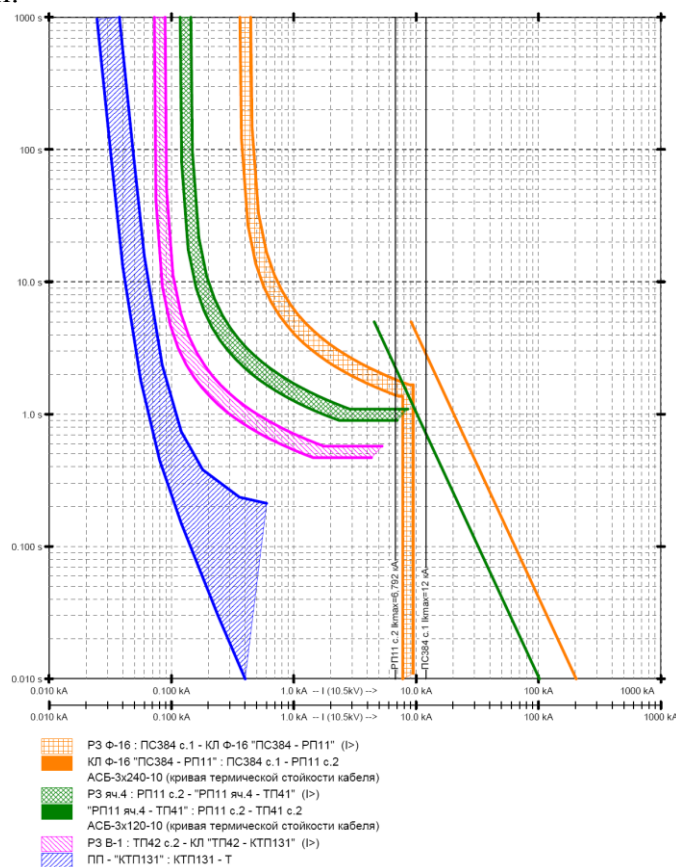


Рис. 1. Карта селективности защит

Информационные модели

Одним из требований, предъявляемым к современным программам, является возможность обмена информацией с программными продуктами других компаний. Для этих целей в Европе был разработан стандарт МЭК 61970 (CIM), который в настоящее время активно внедряется крупнейшими российскими электросетевыми компаниями. Для взаимодействия с другими CIM-совместимыми программными продуктами NEPLAN предоставляет возможность экспорта и импорта базы данных в формате SQL, содержащей полную информацию о расчетной модели электрической сети.

Помимо взаимодействия с другими программами, возможность экспорта и импорта базы данных позволяет автоматизировать процесс ввода исходных данных и обеспечить контроль достоверности исходных данных.

Адаптация программы

Эффективность использования программы NEPLAN можно повысить за счет ее адаптации под специфические задачи разработчика модели. Для этого в программе NEPLAN предусмотрен модуль «NEPLAN Programming Library» (NPL). Модуль NPL представляет собой набор из встроенных библиотек программ, на основе которых пользователь получает возможность создавать собственные подпрограммы для автоматизации расчетов. Пользовательские подпрограммы запускаются непосредственно из программы NEPLAN. После запуска подпрограмма берет управление на себя, при этом она может обращаться к встроенным функциям программы NEPLAN и внешним, специально разработанным программам.

Наличие встроенных инструментов программирования позволило реализовать следующие функции:

1. Обеспечение топологического контроля вводимой схемы;
2. Автоматическое изменение положения коммутационных аппаратов и потоковый анализ генерируемых схем, позволяющее автоматически анализировать режимные ограничения для ремонтных состояний сетей.
3. Автоматизация расчетов токов короткого замыкания для проверки термической стойкости и невозгораемости кабелей и выбора установок защит с учетом всех особенностей анализируемой распределительной сети.
4. Комплексный анализ результатов расчетов.

Выводы

Опыт создания расчетных моделей распределительных сетей подтвердил возможность эффективного использования программы NEPLAN для решения широкого круга задач эксплуатации и планирования развития электрических сетей.

Наличие в программе NEPLAN возможности импорта/экспорта базы данных и встроенного языка программирования позволяет обеспечить высокую эффективность создания и использования расчетных моделей распределительных сетей большой размерности.

Сложность освоения программного обеспечения, обладающего широкими функциональными возможностями для планирования развития и оптимизации эксплуатации распределительных сетей, предполагает создание методического центра для создания новых и сопровождения ранее разработанных расчетных моделей, а также, для подготовки кадров для работы с моделями.

Список использованных источников

1. Гусев Ю.П. Интеллектуальным сетям России комплексную интеллектуальную поддержку МЭИ // Труды Второй Всероссийской научно-практической конференции «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций

и энергетических систем» - ЭНЕРГО-2012 (Москва, 4-6 июня 2012 г.). – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 26-31.

2. NEPLAN Packages // NEPLAN Power System Analysis and Engineering. Zurich, Switzerland. URL: http://www.neplan.ch/html/e/e_electricity_packages_default.htm.