

А.В.Булычев

**Релейная защита. Моделирование процессов в
электроэнергетических системах для целей релейной защиты**

Доклад на Вебинар 28.04.11.

Важнейшие элементы жизнеобеспечения сегодня во многом определяются надежностью электроснабжения.

Но, какими бы надежными не были энергосистемы, в них неизбежно возникают повреждения.

Аварии в этих условиях могут приводить не только к техническим нарушениям электроснабжения, но и к социальным и экономическим потрясениям. Это – материальные убытки и высокий риск потери управления процессами в электроэнергетических системах и в социальной сфере.

Нужны новые технологии совершенствования электроэнергетических систем. Мы предлагаем, не только комплексные решения, но и научное сопровождение проектов.

Электрическая энергия по праву стала одним из самых необходимых продуктов для жизни.

В связи с этим повышаются требования к управлению режимами электроэнергетических систем. Особенно - в экстремальных условиях, когда должна действовать релейная защита. Причем действовать – безукоризненно (безупречно).

Слаженность работы всей системы релейной защиты во многом определяется точностью выбора параметров срабатывания каждого устройства. Это действительно важно, т.к. большая часть устройств объединена в систему логическими, а не физическими каналами связи.

Но для того чтобы хорошо управлять, надо предвидеть. Предвидеть возможные режимы и их последствия.

Чтобы предвидеть в электроэнергетике – надо моделировать и анализировать.

В моделях должны быть учтены не только общепринятые параметры, но и те особенности электроэнергетических систем, которые сегодня начинают проявляться в виде тенденций.

Можно выделить следующие действующие тенденции:

Во-первых, в общественной жизни - стремление экономнее расходовать электрическую энергию.

Во-вторых, в сфере производства электрооборудования - все более интенсивного использования электротехнических материалов (сталь сердечников, проводники обмоток, крепежные материалы и др.). В результате новое оборудование имеет повышенную чувствительность к перегрузкам.

В-третьих, начинают активно применяться новые элементы электроэнергетических систем: генераторы небольшой мощности в заводских и городских системах электроснабжения, вставки постоянного тока, управляемые реакторы и другие элементы управления параметрами электрических сетей типа FACTS.

В-четвертых, условия эксплуатации существенно изменяются. Используется все большее число электродвигателей. Режимы работы становятся более динамичными и разнообразными по характеру. Значения токов КЗ и нормальных токов сблизились.

В-пятых, под воздействием экономических факторов наблюдается стремление к уменьшению горячего резерва генерации и снижению запаса пропускной способности некоторых связей. Следствием этого является снижение запаса устойчивости работы электроэнергетических систем.

Современные средства моделирования позволяют решать задачи еще трех видов (кроме традиционных):

1. Обоснование инвестиций. Предпроектные исследования, выявление напряженных (подверженных перегрузкам) элементов ЭЭС, оптимизация.

2. Моделирование с подключением реальных устройств противоаварийной автоматики и релейной защиты.

3. Создание библиотеки режимов для целей обучения и упреждающих действий в аварийных ситуациях.

Таким образом, моделирование – это не только метод исследований, но и отличный инструмент для правильного выбора сферы применения инноваций и инвестиций.

В нашем институте создан и начал действовать центр моделирования электроэнергетических систем.

Его программно-аппаратные и интеллектуальные ресурсы позволяют решать все эти задачи.

Программно-вычислительный комплекс PSS/E предназначен для расчета установившихся режимов, токов короткого замыкания, анализа статической и динамической устойчивости электрических систем, решения задач оптимизации и эквивалентирования. С помощью PSS/E удобно решать первый круг задач.

Программно-вычислительный комплекс PSCAD предназначен для Исследования быстрых процессов в электрических цепях. Он ориентирован на моделирование сложных электрических цепей с линейными и нелинейными элементами.

Программно-аппаратный комплекс Real-Time Digital Simulator (RTDS) позволяет осуществлять Моделирование электромеханических переходных процессов с участием реальных устройств автоматики и релейной защиты.

Теперь более подробно о средствах моделирования.

Программный комплекс PSS/E позволяет выполнить исследование режимов в полной мере. С его помощью удобно рассчитываются

установившиеся режимы. Режимы повреждений (КЗ, неполнофазные режимы, сложные виды несимметрии). Исследуется статическая и динамическая устойчивость. Решаются задачи оценки перенапряжений и многие другие.

На слайде показан фрагмент схемы электрической системы. Степень загрузки элементов отображается расцветкой. В исходном режиме ряд элементов перегружены (на первом элементе рисунка эти области показаны темными тонами расцветки). Новый режим после оптимизации отображен на втором элементе рисунка с более равномерной и светлой расцветкой.

На следующем слайде показан пример анализа устойчивости ЭЭС.

Программный комплекс PSSЕ удобно использовать для решения классических задач релейной защиты. Предварительных расчетов режимов, выбора параметров срабатывания и выполнения проверочных расчетов.

Здесь показан пример расчета релейной защиты в распределительной сети.

Программно-аппаратный комплекс RTDS содержит вычислительный модуль, набор усилительных устройств и терминалы релейной защиты.

Смысл в том, что терминалы сложны. Их модели громоздки, а часто и недоступны, т.к. производители не раскрывают их принцип действия.

С помощью программно-аппаратного комплекса RTDS проводятся испытания и проверка терминалов релейной защиты и автоматики. Реальные устройства релейной защиты включаются в модель энергосистемы RTDS. Срабатывание вызывает изменение конфигурации сети. Процесс моделирования идет с учетом новой конфигурации.

Вычислительные возможности позволяют моделировать процессы в электроэнергетической системе, содержащей до 150 узлов и нескольких десятков элементов.

Результаты моделирования могут быть представлены по-разному. В виде осциллограмм, в виде показаний измерительных приборов и др. форм

Степень детализации моделей отдельных элементов может быть разной. Например, Созданы модели электроэнергетических систем с генераторами небольшой мощности, распределенными по электроэнергетической системе. Здесь детально моделируются не только генераторы (синхронные машины), но и регуляторы возбуждения, турбины с соответствующими характеристиками своих регуляторов и др.

Программно-аппаратный комплекс RTDS идеально подходит для проверки оборудования релейной защиты с целью его аттестации.

В результате – объективная оценка возможностей исследованных терминалов и приобретение первичного опыта работы с терминалами в условиях, приближенных к реальным.

Другой пример. Обоснование инвестиций. Прежде чем реализовывать крупный дорогой проект на реальном оборудовании, его

можно реализовать на RTDS и проверить принятые решения на модели. Действительно, прежде чем строить большой корабль, целесообразно построить модель и на модели опробовать основные свойства.

Еще одно применение этих мощных средств моделирования представляется весьма привлекательным и эффективным. Это исследование процессов в первичных цепях с целью разработки алгоритмов релейной защиты. Это актуально в связи с появлением новых элементов типа FACTS и других элементов с переменными параметрами.

Имея такой набор программных и аппаратных средств можно реализовать комплексный подход к моделированию различных процессов в электроэнергетике.

Во-первых, создается база данных параметров оборудования электроэнергетических систем.

Во-вторых, формируется топология модели исследуемого объекта (электрическая схема или схема замещения).

В-третьих, значения параметров схемы вводятся из предварительно созданной базы данных. Этот процесс, по мере совершенствования базы данных, становится все менее трудоемким, и снижается риск ошибок ввода.

В-четвертых, осуществляется процедура расчетов.

В-пятых, конвертируются результаты моделирования и схемы модели в те форматы, которые необходимы для удобства дальнейшего использования.

В-шестых, создается библиотека режимов. В ней размещаются модели и результаты моделирования.

Таким образом, при решении каждой следующей задачи имеется возможность использовать накопленные данные и тем самым снизить трудоемкость процессов подготовки модели.

Резюме: Научное сопровождение проектов, предлагаемое нашим институтом, - отличный инструмент для обоснования сфер применения инноваций и инвестиций и получения реального производственного эффекта!