

# НАДЕЖНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ УСПЕШНОГО РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

**ЗАКОНЬШЕК Я.**

Россия, г. Чебоксары, ЗАО «ЭнЛАБ»,

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Релейная защита, электрические сети, моделирование, симуляция.

## ВВЕДЕНИЕ

Последние разработки в области современных электрических систем существенно зависят от экологических требований и современных технологий, направленных на увеличение их максимальной эффективности. Внедрение возобновляемых источников энергии, силовой электроники и различных гибких систем передачи переменного тока (FACTS), а также сложных конфигураций электрических сетей требует особого подхода при разработке и внедрении систем релейной защиты, автоматики и управления при нормальных и аварийных ситуациях. Все это вызывает необходимость в новейших средствах исследования, которые не использовались ранее (по крайней мере, в значительной степени). Точное моделирование различных электрических систем, их больших и малых составных частей, а также входящих в их состав электрооборудования, является необходимым условием для детальных исследований электромеханических и электромагнитных переходных процессов, что требуется для успешного проектирования новых устройств и их надежной работы в энергосистемах.

В статье рассматриваются некоторые из наиболее важных вопросов, связанных с созданием качественных систем моделирования и средств, предназначенных для указанных целей.

## ОТ ЭДИСОНА ДО СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ

Известно, что Томас Алва Эдисон смоделировал простым способом генерирующую станцию Pearl Street с ее сетью электроснабжения улиц и зданий небольшого района Нью-Йорка, прежде чем эта станция начала функционировать в 1882 году. Дальнейшее развитие моделей энергосистем проходило с использованием электромеханических методов вплоть до настоящего времени, когда стало возможным появление новых возможностей:

1. Электромеханические модели реального времени;
2. Цифровые модели расчета на компьютерах в режиме офф-лайн;
3. Цифровые симуляторы для расчета в реальном времени.

Большой вклад в развитие цифровых методов моделирования (в режимах реального времени и офф-лайн) сделал Герман Доммель в конце шестидесятых годов прошлого века. Двумя основными преимуществами его метода являются:

1. Простота: моделирование полной сети сводится к нескольким источникам тока и сопротивлений, которые легко описываются матрицей проводимостей.
2. Надежность: электромагнитные переходные процессы (EMTP) рассчитываются по методу трапеций, представляющих собой стабильную и надежную функцию интегрирования.

Электромеханические переходные процессы традиционно изучались с помощью программ исследования устойчивости, которые используют модели на основе прямой последовательности и основной частоты системы. Некоторые явления в электрических системах требуют полного трехфазного представления машин и систем, а также соответствующего представления переходных сигналов (например, для подсинхронного резонанса, переходных процессов восстанавливающегося напряжения (TRV), частоты и формы тока, колебаний напряжения при коммутациях и т.д.). Все это делает использование современных программ расчета электромагнитных переходных процессов эффективным, особенно со следующих точек зрения:

1. Короткое время вывода на рынок исследуемой аппаратуры. При проектировании новых устройств защиты и автоматики, следует рассмотреть возможность их проверки (еще в математической форме до реализации) с рядом различных файлов (COMTRADE), воспроизводящих различные ситуации в реальной электрической системе. Указанное исключает необходимость проведения длительных испытаний в действующей электрической сети.

2. Высокое качество предлагаемых решений. Проверка проводится с помощью генерируемых EMTP сигналов и может охватывать все предполагаемые условия работы системы, а их результаты показывают надежность функционирования оборудования в аналогичных условиях в будущем.

3. Короткое время ввода оборудования в эксплуатацию. Различные виды оборудования, проверенные в конкретных условиях работы системы (можно в режиме офф-лайн, но предпочтительно средствами моделирования в реальном времени) потребуют меньший период тестовой эксплуатации. Оборудование может начать полноценно ис-

пользоваться гораздо раньше, чем оборудование, не прошедшее такие испытания.

4. Существенный экономический эффект. Все вышеупомянутые со-ставляющие обеспечивают значительный экономический эффект тем, кто их использует.

#### **НА ПУТИ К СОВРЕМЕННЫМ «УМНЫМ» И «СУПЕР» СЕТЯМ**

Учитывая, что современные системы распределения будут развиваться в так называемые умные сети «Smart Grids», а системы передачи электрической энергии в так называемые суперсети «Super Grids» с их известными и еще не выявленными особенностями, то невозможно представить их развитие без высококачественных инструментов для моделирования.

Отмеченное особенно актуально к внедрению новых технологий. В качестве типичного примера в распределительных сетях следует рассмотреть вопрос о возможных перенапряжениях в населенных пунктах с большим количеством фотоэлектрических установок, когда солнечный поток наибольший, а расход электричества минимальный. Кроме того, влияние их регулирования на направление и амплитуду тока КЗ должно быть тщательно изучено не только из коммерческих соображений, но и из соображений безопасности.

Новые технологии приходят в суперсети каждый день. Устройства векторных измерений (PMU) вместе с противоаварийной автоматикой в ряде применений уже реальны. Невозможно представить себе развитие соответствующих алгоритмов без качественных симуляторов, которые в состоянии достоверно моделировать длительные электромеханические и электромагнитные переходные процессы в разнообразных энергетических системах.

Практически невозможна разработка новых модульных многоуровневых преобразователей (MMC) для современных сетей постоянного тока (HVDC) без помощи хороших инструментов моделирования, работающих как в режиме оффлайн, так и в режиме реального времени.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Сегодня стало очевидно, что развитие современных энергетических систем, оборудования, используемого при их строительстве и его повседневная работа невозможны без высококачественных средств моделирования. В этом отношении чрезвычайно важным является то, что результаты моделирования никогда не могут быть лучше, чем качество наименее точной модели энергосистемы, используемой при исследованиях. Электроэнергетические системы представляют сегодня крупнейшие в мире системы, что требует высокопрофессиональный подход не только из-за коммерческих, но и из-за социальных факторов. Указанное означает, что они также должны исследоваться с применением профессиональных средств, предназначенных специально для таких приложений. ■

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/Emp>
2. Dommel Hermann W.: "Digital Computer Solution of Electromagnetic Transients in Single- and Multiphase Networks", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-88, No. 4, April 1969
3. Radhakrishna C.: "Basic Concept of Electromagnetic Transient Program (EMTP)", [www.sari-energy.org/.../lecture\\_46](http://www.sari-energy.org/.../lecture_46)
4. EMTP Reference Models for Transmission Line Relay Testing, <http://www.pes-psrc.org/Reports>