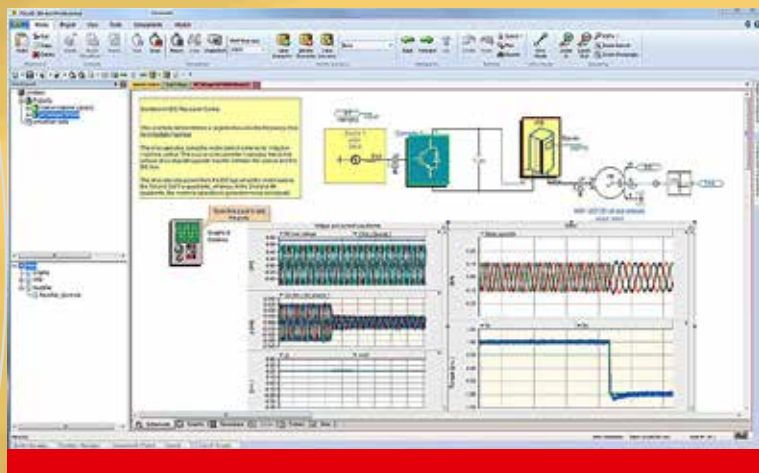


# Использование современных симуляторов энергосистем для изучения электротехники и энергетики

Михаил Шамис, генеральный директор ЗАО «ЭНЛАБ»

Цифровые симуляторы энергосистем, позволяющие демонстрировать электромагнитные переходные процессы, например [1,2], становятся в последнее время все более популярным средством для проведения различных и испытаний электротехнического оборудования, установленного на энергообъектах.



К числу наиболее интересных направлений применения симуляторов при выполнении НИР можно отнести:

- анализ переходных режимов работы объектов генерации, передачи и распределения электроэнергии, включая нетрадиционные источники энергии, сети с распределенной генерацией, оборудование с элементами современной силовой электроники;
- исследования эффективности функционирования вторичной аппаратуры: устройств РЗА, регулирования, управления.

Как показывает и отечественный, и зарубежный опыт, упомянутые симуляторы, особенно симуляторы, работающие в реальном времени, также дают возможность существенно повысить эффективность изучения различных электротехнических и энергетических учебных дисциплин. Имеется целый ряд аргументов в пользу применения указанных симуляторов:

- появляется отличная возможность очень наглядно увязать поведение вторичной аппаратуры с характером протекания переходных процессов на энергообъекте, где они установлены. Учащийся может оценить как изменение того или иного параметра процесса будет влиять на функционирование вторичного устройства, скажем, как изменение тока КЗ повлияет на быстроедействие устройства РЗА. При этом симулятор позволяет создать модель и воспроизводить переходные процессы не только на каком-то абстрактном энергообъекте, но и на конкретных реальных объектах. Последнее представляет существенный интерес при использовании симуляторов на различных курсах повышения квалификации, где учащимся часто бывает важным рассмотреть функционирование оборудования на действующих энергообъектах;

- учитывая, что цифровые симуляторы очень легко и быстро перенастраиваются, учащимся может быть показана не одна ситуация, а группа (серия) связанных между собой ситуаций, например, функционирование ступенчатых защит ВЛ при перемещении точки КЗ вдоль линии с переходом точки КЗ из зоны действия одной ступени в зону действия другой ступени. Подход к формированию группы моделируемых ситуаций может основываться и на учете роста знаний учащихся. Вначале учащиеся моделируют электрические сети или энергообъект в более простом виде, без учета каких-то видов оборудования, например, ограничителей перенапряжений, или каких-то видов явлений, например, насыщения трансформатора тока, затем с учетом этих видов оборудования или явлений. Описанный подход позволяет наглядно продемонстрировать учащимся, в чем проявляется воздействие на процессы влияния исследуемого фактора;

- в симуляторах предусмотрены очень широкие математические возможности осуществления оптимизационных процедур. Это позволяет демонстрировать наиболее характерные, наиболее интересные режимы, повышая эффективность использования учебного времени. Например, для устройств РЗА, наиболее подверженных воздействию высокочастотных составляющих во входных сигналах, можно найти режим, в котором значения этих составляющих достигают максимума, и посмотреть, как ведет себя исследуемое устройство в данном режиме;



- современные симуляторы энергосистем обладают очень большими библиотеками с математическими описаниями компонентов энергосистем, позволяющими моделировать самые разные энергообъекты. По мере прогресса энергетики упомянутые библиотеки регулярно дополняются моделями новых видов оборудования. Вследствие наличия в симуляторах развитого программного обеспечения их достаточно просто адаптировать к решению новых задач. По этим причинам учебные стенды, реализуемые на базе симуляторов, по сравнению с традиционными стендами обладают:
  - гораздо большей универсальностью: один и тот же стенд вследствие изменений, вносимых только в программную часть симулятора, может использоваться для выполнения большого числа лабораторных работ;
  - гораздо меньшей подверженностью моральному старению: симуляторы очень легко приспособить для изучения новых типов устройств, и даже для изучения новых учебных дисциплин. Очень удачным примером последнего является использование симулятора реального времени RTDS для проведения занятий по такому актуальному направлению, как кибербезопасность в энергетике.

У большинства цифровых симуляторов имеется (или может быть легко обеспечено) большое число рабочих мест, например, в симуляторе PSCAD может быть предусмотрено 25 рабочих мест. Описанное позволяет, с одной стороны, максимально индивидуализировать процесс обучения каждого специалиста, а с другой, обеспечить расширенный персонализированный контроль за его активностью во время занятий, за результатами, которые он показывает. Подобно тому, как применение симуляторов повысило объективность при проведении сертификации и аттестации аппаратуры, их использование в учебном процессе, несомненно, делает более объективным процесс оценки знаний. Также появляются дополнительные возможности сделать занятия более наглядными и зрелищными, усилить в них соревновательные и игровые моменты, эмоциональную составляющую, что очень нравится молодежи.

Обобщая приведенную информацию, можно утверждать, что современные цифровые симуляторы энергосистем являются эффективным инструментом для повышения качества и эффективности занятий по изучению электротехники и энергетики в вузах и на курсах повышения квалификации. **ЭС**

#### Литература

1. Мочалов Д. О., Законшек Я., Шамис М. А. Комплексы моделирования в реальном времени современных энергосистем. «Релейная защита и автоматизация», № 1, 2013.
2. PSCAD User's Guide: Ver.4.6, Manitoba HVDC Research Centre, 2017. <https://hvdc.ca/>