

УДК 621.313

С.С.Илюхин (5 курс, каф. ЭСиС), Е.Н.Попков, д.т.н., проф.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИННО-ВЕНТИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Машинно-вентильными системами называются системы, имеющие в своем составе электрические вращающиеся машины и различные преобразовательные устройства. Такие системы обладают рядом особенностей, среди которых можно выделить основные: сложность и разнообразие расчетных схем; различная степень идеализации элементов расчетных схем; взаимодействие силовых электрических и механических устройств, систем управления и регулирования; переменность структуры. Этими особенностями машинно-вентильных систем обусловлена значительная сложность задач, которые необходимо решать при исследовании существующих, а также при создании новых систем.

Исследование машинно-вентильных систем методом физического моделирования не всегда может быть реализовано, так как предполагает сначала наличие натуральных образцов элементов системы, с помощью которых можно получать результаты исследований, и связано с большими финансовыми затратами.

В качестве альтернативы можно рассматривать метод имитационного моделирования. Суть метода состоит в получении математической модели системы и исследовании ее свойств с помощью компьютера с последующим изучением и корректированием ее свойств без физического моделирования. При этом получение математической модели должно быть автоматизировано.

Несмотря на разнообразие машинно-вентильных систем, они могут быть представлены ограниченным набором типовых элементов: вращающиеся электрические машины, трансформаторы, линии электропередачи, преобразовательные устройства различного назначения, реакторы и др. С учетом возможного набора элементов имитационная модель ЭЭС должна обеспечивать совместное моделирование процессов, протекающих как в силовой электрической части системы, так и в механических подсистемах, образованных соединением валопроводов вращающихся машин и приводных механизмов, подсистемах автоматики, управления и регулирования. Наличие, например, трансформаторного оборудования предполагает необходимость совместного моделирования электрических процессов в силовой части и процессов в магнитных системах. Моделирование электрических машин требует одновременного воспроизведения приводных механизмов. Моделирование преобразователей требует учета систем управления и регулирования. Таким образом, имитационная модель ЭЭС в общем случае должна допускать совместное моделирование процессов в силовой электрической части, в механических и магнитных подсистемах, в цепях регулирования.

В условиях различных схемных вариантов построения ЭЭС для успешного решения задачи получения имитационной модели наиболее перспективным является реализация принципа блочного представления исследуемой системы. Для блоков должны разрабатываться макромодели типовых элементов вычислительного комплекса. Очевидно, что для одного и того же реального объекта в зависимости от решаемой задачи могут быть предложены различные макромодели. Так, например, синхронный генератор в моделируемой ЭЭС может быть представлен как простейшим эквивалентом в виде э.д.с. за реактивностью, так и макромоделью, при получении которой не вводятся других допущений, кроме принимаемых при описании синхронной машины по уравнениям Парка-Горева. Напряжение возбуждения синхронного генератора может задаваться как воспроизведением подключенных устройств регулирования, так и алгоритмически описанием регулятора. Аналогично, вращающий момент на валу генератора может

задаваться либо моментно-скоростной характеристикой турбины, либо ее более подробной моделью с учетом необходимого регулирования. Общим подходом в получении макромоделей различных элементов является использование электрических схем замещения, уравнений и алгоритмов.

Наличие в составе системы вентильных преобразовательных устройств, работающих совместно с вращающимися машинами как переменного, так и постоянного тока, предъявляет специфические требования к моделированию электрических машин. Поскольку для правильного отражения работы преобразователей необходимо определение мгновенных значений токов и напряжений для вентильных элементов, то при макромоделировании электрических машин нецелесообразно использовать традиционные $d, q, 0$ - координаты. Для исключения преобразования результатов численного решения уравнений, описывающих процессы в электрических машинах, и обеспечения возможности подключения к силовым электрическим полюсам машин любых других элементов моделируемой ЭЭС естественным является использование фазных координат.

Для ЭЭС свойственна высокая степень идеализации. Это, с одной стороны, облегчает проведение анализа, поскольку позволяет пренебрегать малозначимыми процессами, а с другой стороны, в системах с преобразовательными устройствами приводит к новым проблемам. Одна из проблем состоит в том, что в идеализированных расчетных схемах при коммутациях возможны мгновенные изменения напряжений конденсаторов и токов катушек индуктивности. Другая проблема состоит в появлении бесконечных по величине токов и напряжений, обусловленных коммутациями. Эти токи и напряжения учитывать необходимо, поскольку под их воздействием возможны дальнейшие коммутации в расчетной схеме.

В настоящее время разработаны теоретические основы имитационного моделирования ЭЭС любой степени идеализации и методика макромоделирования элементов. На их основе создан вычислительный комплекс "РИТМ", автоматизирующий получение имитационных моделей машинно-вентильных ЭЭС и моделирование необходимых процессов.