

Краткие сообщения

УДК 621.3.012.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Р.А. Алехин¹, Ю.П. Кубарьков¹, С.В. Свечкарев²

¹ Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Произведен расчет установившегося режима, а также исследованы переходные процессы, протекающие в маломашиной тестовой энергосистеме в ПО PowerFactory и всережимном моделирующем комплексе реального времени электроэнергетических систем. В установившемся режиме напряжения и перетоки активных и реактивных мощностей оказались в рамках допустимых погрешностей. При моделировании различного рода возмущений алгоритм работы всережимного моделирующего комплекса показал себя как более точный по сравнению с режимом расчета электромеханических переходных процессов в программе PowerFactory и практически идентичен методу расчета электромагнитных переходных процессов, однако благодаря наличию в комплексе аналоговой составляющей существенно повышается скорость выполнения операций, что расширяет диапазон решаемых задач. Высокая эффективность комплекса позволяет сделать вывод о его применимости в различных электроэнергетических компаниях.

Ключевые слова: *установившийся режим, электромагнитный переходный процесс, электромеханический переходный процесс, диспетчерское управление, математическая модель.*

К основным задачам, решаемым в диспетчерских центрах, относятся не только управление режимами работы энергосистем в режиме реального времени, но также и анализ нормальных, аварийных и послеаварийных режимов, проверка функционирования средств релейной защиты и автоматики и многие другие. Кроме того, для поддержания у персонала необходимого уровня квалификации необходим специализированный тренажер, способный в реальном времени моделировать режим работы электрических станций и всей электроэнергетической системы [1].

Но ввиду наличия в энергосистеме большого количества оборудования, представляющего собой нелинейные элементы, расчет динамических процессов в энергосистемах является весьма сложной задачей, требующей применения различных моделирующих комплексов [2]. Современные средства моделирования

Роман Александрович Алехин, аспирант.

Юрий Петрович Кубарьков (д.т.н.), профессор кафедры «Электрические станции».

Сергей Владимирович Свечкарев (к.т.н.), старший преподаватель кафедры «Электроэнергетические системы».

можно условно разделить на два класса: цифровые и аналоговые. Цифровые средства используют для получения результата численные методы, которые могут вносить в расчет некоторую погрешность. Для устранения данного недостатка уменьшается шаг интегрирования, а также производится упрощение задачи, то есть разделение ее на расчеты установившихся режимов, электромагнитных и электромеханических переходных процессов [3]. Аналоговые комплексы основаны на математических операциях, выполняющихся на физических элементах – операционных усилителях. Их существенными недостатками являются большие габариты и потребляемая мощность вычислительных машин, но выполнение операций интегрирования и нелинейных операций производится методически точно.

Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС) является гибридной системой, вобравшей в себя преимущества каждого из описанных выше способов моделирования. Процессы в ВМК РВ ЭЭС моделируются непрерывно и в реальном времени, поэтому моделирование начинается в тот момент времени, в который запускается сценарий динамики без задержки из режима, который существует в данный момент.

Для анализа применимости ВМК РВ ЭЭС при решении задач диспетчерского управления использовался программный продукт для расчетов установившихся и динамических режимов PowerFactory от компании DlgSILENT GmbH (Германия), зарекомендовавший себя во всем мире.

Для сравнительных расчетов установившихся режимов в программе PowerFactory и всережимном моделирующем комплексе реального времени были смоделированы одинаковые схемы тестовой энергосистемы.

Расчет установившегося режима в Power Factory и определение параметров состояния динамической модели ВМК РВ ЭЭС в квазиустановившемся режиме показали различия напряжений в комплексах менее 1 % и мощностей в диапазоне ± 3 МВт (Мвар), являющиеся допустимыми в рамках данного исследования.

Для сравнения расчетов динамических режимов в комплексах PowerFactory и ВМК РВ ЭЭС был смоделирован случай трехфазного автоматического повторного включения после отключения короткого замыкания на одной из линий энергосистемы с последующей импульсной разгрузкой и ограничением мощности турбогенераторов на близлежащей станции. После неуспешного АПВ возникает опасность наступления асинхронного хода генератора. В этом случае действует автоматика предотвращения нарушения устойчивости параллельной работы генератора с сетью и производится глубокая импульсная разгрузка с последующим ограничением мощности.

Выводы

1. Полученные во всережимном моделирующем комплексе осциллограммы практически идентичны осциллограммам в ПО PowerFactory при моделировании электромагнитных процессов, а результаты расчетов электромеханических процессов заметно отличаются от остальных. Это объясняется тем, что моделирование электромеханических процессов связано с некоторым упрощением математических моделей элементов энергосистем, а также с довольно большим шагом интегрирования, которые вносят погрешность в расчеты. Моделирование электромагнитного процесса отличается высокой точностью расчета параметров энергосистемы, использует меньший шаг интегрирования, но также и большее количество итераций, что приводит к увеличению времени выполнения опера-

ции. Время проведения расчета переходного процесса тестовой энергосистемы составило 15 минут, а для крупных энергосистем этот показатель может сильно увеличиться.

2. ВМК РВ ЭЭС, обеспечивая высокую точность вычислений, совершает эти операции в режиме реального времени, что позволяет использовать данный комплекс при исследовании режимов работы крупных энергосистем, а также для проведения тренировок персонала диспетчерских центров по управлению энергосистемами и устранению аварийных ситуаций. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что гибридная моделирующая система, в частности всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем, применима при решении задач диспетчерского управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровиков Ю.С., Прохоров А.В., Сулайманов А.О. Всережимный моделирующий комплекс реального времени и его использование для решения задач управления в ИЭС ААС // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 01 (06). – С. 54–59.
2. Вайнштейн Р.А., Коломиец Н.В., Шестакова В.В. Математические модели элементов электроэнергетических систем в расчетах установившихся режимов и переходных процессов: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 115 с.
3. Гусев А.С. Концепция и средства всережимного моделирования в реальном времени электроэнергетических систем // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2008. – № 9. – 10/1. – С.164–170.

Статья поступила в редакцию 16 июня 2017 г.

ANALYSIS OF APPLICABILITY OF HYBRID MODELING SYSTEMS FOR PROBLEMS OF DISPATCHING MANAGEMENT

R.A. Alehin¹, Y.P. Koubarkov¹, S.V. Svechkarev²

¹ Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

² National Research Tomsk Polytechnic University
30, Lenin Avenue, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russian Federation

Calculations of the steady-state regime are carried out, as well as the processes taking place in the simulation of electromagnetic and electromechanical transients in a small-scale test power system in the PowerFactory software and in the hybrid real-time power system simulator. In steady-state conditions, the voltages and active and reactive power flows were within the permissible errors. In the simulation of various kinds of disturbances, the algorithm of the hybrid real-time power system simulator has proved to be more accurate than the electromechanical transient calculation mode in the PowerFactory program and is almost identical to the method for calculating electromagnetic transients. However, due to the presence of an analog component in the complex, the speed of operations is significantly increased, which expands the range of tasks solved by the hybrid real-time power system simulator. High efficiency of the complex allows us to conclude that it is applicable in various power companies.

Keywords: *steady-state regime, electromagnetic transient, electromechanical transient, dispatching control, mathematical model.*

Roman A. Alehin, Postgraduate Student.

Youry P. Koubarkov, (D. Techn), Professor.

Sergey V. Svechkarev (Ph. D. (Techn.)), Assistant Professor.