

ЭНЕРГЕТИКА

ԿՕ Վ. ՈՇԵՐԲԻՆԱ, Վ. Դ. ԼԵՍՈՐՏՔԻՆ, Ա. Ա. ԱՐՄՅՈՒՆՅԱՆ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО
УПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Традиционные методы выбора решений в проектировании и эксплуатации электрических систем основаны на математическом моделировании рассматриваемых объектов в простейших постановках задач — применительно к максимальному расчетному режиму, двум экстремальным (максимальному и минимальному) режимам либо, наконец, статистической совокупности всех мгновенных режимов в течение рассматриваемого интервала времени. При этом выпадает из рассмотрения последовательность явлений в электрической системе и звеньях управления ею, что существенно уменьшает возможности технико-экономического анализа и обоснованного выбора оптимальных решений. Для многих задач, результаты решения которых зависят от последовательности возмущений и времени реакции на эти возмущения, такой подход оказывается практически бесполезным.

Альтернативный метод получил применение в анализе динамической устойчивости энергосистем, а затем — в анализе длительных переходных процессов. В его основе лежит имитационное (кибернетическое) моделирование последовательности процессов, происходящих в системе управления сложным объектом, с помощью ЭВМ.

Имитационной моделью называют комплекс программ для ЭВМ, которые имитируют (отображают) в дискретном времени поведение каждого элемента сложной системы в зависимости от суммы воздействий всех прочих элементов и внешней среды. В составе имитационной модели можно различать информационные блоки, отображающие предысторию, текущее состояние и прогнозируемое поведение каждого элемента, функциональные блоки, имитирующие преобразование входных воздействий в реакции элементов, счетчик дискретного времени и блок передачи информации между элементами по графу причинно-следственных связей. Применение имитационного моделирования к исследованию переходных процессов энергосистем в аварийных ситуациях дало положительные результаты [1].

Современное энергетическое управление энергообъектами носит явно выраженный адаптивный характер, хотя адаптация осуществляется за

счет творческих функций персонала. Переход к прямому ЭВМ — управлению требует формализации и автоматизации адаптационных процессов [2]. Принципиальная особенность таких процессов заключается в их развитии во времени, исключающем возможность адекватного представления с помощью одного, двух, группы или даже бесконечного количества независимых расчетных режимов. Имитационные модели легко отражают взаимодействие элементов во времени и обеспечивают новое качество проектных и эксплуатационных решений, что позволит получить существенный полезный народнохозяйственный эффект.

Рассмотрим постановку задачи и алгоритм имитационного моделирования на примере простейшей адаптивной системы регулирования напряжения в распределительной электрической сети. Регулирование осуществляется изменением под нагрузкой коэффициентов трансформации основных трансформаторов питающих подстанций. Каждый трансформатор имеет микропроцессорный контроллер, получающий по телеметрии информацию о напряжении в нескольких контрольных точках питаемого района и принимающий автономные решения о необходимости изменения коэффициента трансформации своего трансформатора в ту или другую сторону в зависимости от результатов регулярного автоматического анализа. На стадии проектирования требуется решить вопросы и возможности эксплуатации конкретной распределительной сети в замкнутом или разомкнутом режиме, о целесообразности установки регулирования под нагрузкой (РПН) на всех или некоторых питающих подстанциях, количестве и расположении контрольных точек, оптимальных алгоритмах регулирования, устойчивости системы автоматического оптимального управления и др. В условиях эксплуатации могут решаться вопросы о целесообразности дополнительной установки или демонтажа РПН на некоторых подстанциях, развитии сети телеизмерений, параметрах настройки алгоритмов регулирования на каждой подстанции и т. п. Различие проектного и эксплуатационного подходов проявляется в сочетаниях исходных данных, предъявляемых имитационной модели, в свойствах вариантов, сопоставленных с ее помощью, и в характере выводов, которые может сделать человек на основании результатов моделирования. Внутренняя реализация имитационной модели для решения проектных и эксплуатационных вопросов может быть практически одинаковой.

Возможность имитации работы исследуемой системы управления в дискретном времени позволяет получить от модели соответствующие исходным условиям данные о частоте срабатывания каждого РПН, влиянии системы регулирования напряжений на технологический расход (потери) энергии в питаемой сети и т. п. Частоту срабатывания следует связать с интенсивностью выработки ресурса РПН и, следовательно, с затратами на профилактические и капитальные ремонты. Кроме того, каждое срабатывание РПН в какой-то мере угрожает аварией, вызванной отказом внутренней коммутации. Технологический расход энергии

в сети при работе РПН в зависимости от конкретных условий может как уменьшаться, так и возрастать.

В качестве исходных данных для имитационной модели необходимы расчетные нагрузки в узлах электрической сети, усредненные конфигурации графиков нагрузок для потребителей различных типов, статистические характеристики разброса фактических нагрузок вокруг усредненных графиков, статистические характеристики изменения расчетных нагрузок по дням недели, месяцам года и по годам проектного интервала, а также аналогичные данные о напряжениях в точках подключения подстанций к основной электрической сети. Возможны двухуровневые модели, имитирующие одновременно последовательность режимов распределительной и основной сети.

По этим исходным данным можно проиграть на модели одну или несколько вероятных реализаций режимов рассматриваемой сети в течение расчетного интервала и получить данные, характеризующие эффективность заданного варианта архитектуры системы адаптивного управления, алгоритмов работы контроллеров и параметров их настройки. Сопоставляя варианты, можно принимать обоснованные проектные и эксплуатационные решения.

Функциональный блок, имитирующий РПН, должен отрабатывать исследуемые алгоритмы микропроцессорных контроллеров при априорно заданных человеком параметрах их настройки. Модуль, имитирующий электрическую сеть, должен отрабатывать обычные соотношения электрического режима при текущих значениях нагрузок и задаваемых имитатором РПН значениях коэффициентов трансформации.

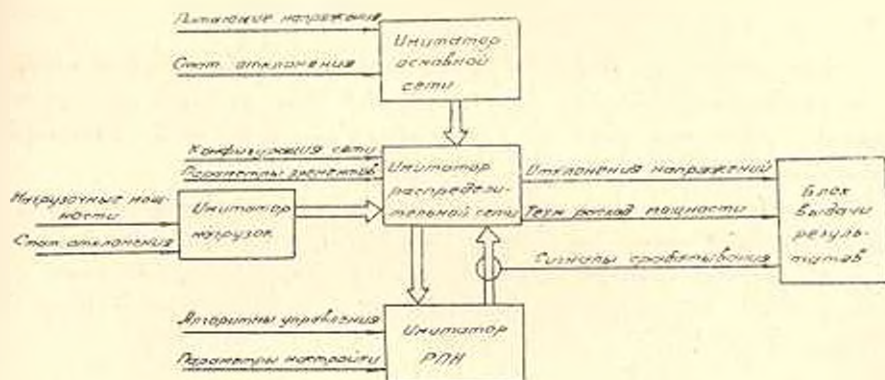


Рис. Имитационная модель для исследования системы адаптивного оптимального регулирования в электрической распределительной сети.

Причинно-следственная сеть имитационной модели показана на рисунке. Простые стрелки показывают однократный ввод исходных данных и регулярную выдачу приращений для суммирования результатов. Двойные стрелки обозначают движение информации между функциональными блоками при каждом такте модельного времени. Имитатор нагрузок выдает значения нагрузочных мощностей, а имитатор основной

сети — значения питающих напряжений в дискретные моменты натурального времени. Имитатор РПН получает значения напряжений в контрольных точках и выдает имитатору распределительной сети требования об изменении коэффициентов трансформации.

Выдача результатов имитационного моделирования целесообразна в натуральных единицах измерения рассматриваемых величин. Человек, использующий имитационную модель, сможет при этом применить в зависимости от ситуации различные способы формального или интуитивного выбора компромиссных решений в многоэкстремальных проектных и эксплуатационных задачах. Качество напряжения можно оценивать по квадратам отклонений от нижних и верхних допустимых границ; блок выдачи результатов может усреднить эти квадраты с учетом коэффициентов веса нагрузочных узлов, суммировать средневзвешенные оценки и делить сумму на длительность расчетного интервала. Технологические расходы мощности в каждом такте модельного времени и сигналы срабатывания РПН могут аналогично суммироваться и усредняться на длительности интервала.

Арм. энергосист. проект

10. VI. 1983

ՀԱՅԻ Վ. ՇԵՐԲԻՆԱ, Վ. Գ. ԼԵՎՈՐՍԿԻ, Ս. Ս. ԼՈՒԻՍՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐՈՎԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԿԵՐԻ ՆԱԿԱԳԾՄԱՆ ՈՒ ՀԱՀԱԳՈՐԾՄԱՆ ՀԱՐՄԱՐՎՈՂ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՆՐԱՆԱԿԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆՈՒՄ

Ս. Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հուլիսամուսնի շարադրված է էլեկտրական համակարգերի նորմայի սեփականության նորմավորող կառավարման հարցերի նրանց ինտեգրման և շահագործման տրոհմաներում ծառայող մի շարք խնդիրների լուծման համար նմանակալիս ստանդարտման կիրառման նպատակահարմարությունը:

Մասնավորապես, դիտարկվում է էլեկտրական ցանցերում լարման կարգավորման հարմարվող համակարգը: Երաժշտությունը հնարավոր է դառնում կատարել մի շարք հետադրություններ, որոնք հնարավորություն կտան դեպի հատկապես լարման կարգավորման գոյություն ունեցող եղանակների կիրառման շահավետությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Щербина Ю. В., Мельник В. П., Ронгелович Н. Г. Моделирование энергосистемы для выбора автоматической частотной разгрузки. — Электричество, 1980, № 5, с. 15—20.
2. Леворский В. Д., Лукаш Н. П. Адаптивная система оптимального управления нормальными режимами электрической системы. — Изв. вузов. Энергетика, 1979, № 10, с. 3—8.