

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЕЕ ТРАНСПОРТ В ОСНОВНЫХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ С УЧЕТОМ ТОПОЛОГИИ СХЕМЫ

Технологический расход электроэнергии (ТРЕ) на ее транспорт в электрических сетях – один из основных показателей эффективности функционирования электроэнергетической системы. Однако определение этого параметра, являющегося основой для выбора мероприятий по снижению ТРЕ и формированию плановых заданий по ТРЕ в замкнутых сетях 110–220 кВ энергосистем, связано с трудностями, как правило, информационного характера. В связи с этим целесообразно построение регрессионных моделей (РМ), представляющих собой аналитические зависимости, связывающие потери мощности (ПМ) в сети с рядом факторов, оказывающих наиболее сильное влияние на уровень ПМ в сети с использованием методов многофакторного планирования эксперимента (МПЭ) [1]. Построение моделей проводится статистической обработкой результатов расчетов серии установившихся режимов (УР), полученных при определенном варьировании уровней выбранных факторов, заданном МПЭ. В качестве объекта исследований, моделирующего реальные процессы в электрической сети, в этом случае выступает программа расчета УР Б-6/80 [2]. Вышеуказанными факторами обычно являются: суммарная нагрузка электрической сети, генерируемая мощность основных электрических станций, уровни перетоков по межсистемным связям и состояние топологии электрической схемы. Приведенные факторы фиксируются ежедневно в документах диспетчерской службы, а источником подобной информации являются данные телеизмерений, что позволяет использовать эти параметры для расчетов ПМ по регрессионным моделям в темпе процесса.

Однако основное назначение РМ – оценка ТРЕ в замкнутых сетях по агрегированной информации о режиме сети. Как показано в работе [1], среднеквадратичная погрешность в определении ПМ по моделям в сопоставлении с "точным" расчетом по программе Б-6/80 может достигать 10–13 %, в то время как средняя погрешность в расчетах ТРЕ по РМ не превышает 2–5 % за счет нивелирования погрешностей разного знака при определении ПМ и их дальнейшего суммирования.

Изложенный в работе [1] подход имеет ряд существенных недостатков: достаточная трудоемкость проведения расчетов режимов, связанная с ручной коррекцией расчетной схемы по плану эксперимента; сложность обработки значительных объемов информации; небольшое количество получаемых моделей (обычно 2–3 для весенне-летнего и осенне-зимнего расчетного периодов) и невозможность учета схемного фактора. (Модели строятся для одной плановой схемы нормального режима).

Для преодоления указанных недостатков разработан комплекс алгоритмов и программ DPSMOD, позволяющий автоматизировать многочисленные ручные функции при построении моделей и учесть топологию и параметры

схемы электрической сети как одного из факторов, влияющих на ТРЭ. Комплекс состоит из ряда программ, функционирующих как совместно, так и раздельно (при решении частных задач). Головная программа DPSMOD осуществляет вызов и сборку остальных программ комплекса.

Программы, реализующие различные функции построения РМ и определения ТРЭ по ним, предназначены для:

PLAN — построения планов эксперимента и ввода изменений в базовую расчетную модель сети в соответствии с планом;

RURES — расчет установившегося режима электрической сети на основе модифицированной программы Б-6/80;

ANALIS — расчет ПМ в режимах, рассчитанных по плану эксперимента;

RESREG — построение регрессионных моделей;

POTSUT — расчет ПМ и ТРЭ в электрической сети энергосистемы по РМ;

PRNTP — печать результатов расчета ТРЭ в сетях.

Используются файлы на магнитном диске: RMSBAZ — базовая расчетная модель сети; REGIM — результаты расчета режимов по программе RURES; ROTERI — потери мощности по всем опытам плана эксперимента; MODEL1 — коэффициенты ПМ для различных периодов года и состояния схемы; RESULT — результаты расчетов потерь энергии в электрических сетях энергосистемы по РМ.

Работа комплекса организована следующим образом.

1. Ввод базовой расчетной схемы в файл RMSBAZ расчетных моделей сети (РМС) программы Б-6/80 (RURES).

2. По заданному числу факторов формируется план эксперимента (отсеивающего, полно- и дробно-факторного ортогонального композиционного, планы Кифера типа B_n).

3. Вводится вектор параметров факторов.

4. Матрица плана эксперимента преобразуется от нормированного к абсолютному виду — формируются векторы-строки ввода изменений в РМС по плану эксперимента.

5. РМС считывается из файла RMSBAZ и вводятся изменения в РМС, соответствующие очередной строчке плана.

6. Расчет УР по программе RURES.

7. Запись результатов расчета УР (модули и фазы напряжений, нагрузки и генерации узлов) в файл REGIM.

8. Считывание из файла REGIM результатов расчета УР, определение ПМ по заданным подрайонам схемы сети (по классам напряжения, границам принадлежности оборудования) и запись значений потерь в файл ROTERI.

9. При наличии непроведенных расчетов по плану — возврат к п. 5.

10. Построение РМ по подрайонам и запись коэффициентов моделей в файл MODEL1.

11. В соответствии с необходимостью по программе POTSUT осуществляется ввод значений факторов за каждый час рассматриваемого периода и расчет ПМ и ТРЭ в электрических сетях энергосистемы по РМ с выдачей результатов расчета по программе PRNTR.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыганков В.М., Пашенко А.В., Вериго А.Р. Использование регрессионных моделей для оценки потерь энергии в питающих сетях энергосистемы // Изв. вузов. Энергетика. – 1986. – № 12. – С. 15–17. 2. Методика, алгоритм и программа расчета установившегося режима электрической сети на ЭВМ типа 1030: Науч.-техн. отчет. – М.: ВНИИЭ ВЦ ГТУ (ОЛР), 1980. – 150 с.

УДК 621.314:621.316.718

И.А. ФЕДОРОВА, А.П. КУЗНЕЦОВ

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ИМПУЛЬСНОМ УПРАВЛЕНИИ

Рассмотрена система регулирования скоростью двигателя постоянного тока при управлении комбинированной амплитудно-импульсной, широтно-импульсной и частотно-импульсной модуляцией (АИМ-ШИМ-ЧИМ), что позволяет расширить диапазон регулирования двигателем. При этом энергетические характеристики привода в силу дискретности управления остаются неизменными.

Разностное уравнение динамики электродвигателя постоянного тока при управлении АИМ-ШИМ-ЧИМ, согласно [1], имеет вид

$$\Omega_{n+1} = \Omega_n e^{-T_n/T_1} + k_u h_n (e^{\tau_n/T_1} - 1) e^{-T_n/T_1} - k_M M_n (1 - e^{-T_n/T_1}), \quad (1)$$

где Ω_{n+1} – значение скорости вращения двигателя через период; Ω_n , M_n , h_n , τ_n – соответственно скорость, момент нагрузки двигателя, амплитуда импульса управления и его ширина на n -м периоде регулирования T_n ; T_1 – электромеханическая постоянная времени двигателя; k_u , k_M – соответственно коэффициенты передачи по напряжению и моменту.

Положим, что ШИМ осуществляется при $aT < \tau_n < bT$, где a и b некоторые постоянные: $a, b \in [0, 1]$; $a < b$. Закон ШИМ определяется неравенствами

$$\tau_n = \begin{cases} aT = \tau_1 & \text{при } k_T \epsilon_n \leq aT; \\ k_T \epsilon_n & \text{при } aT < k_T \epsilon_n < bT; \\ bT = \tau_2 & \text{при } k_T \epsilon_n \geq bT, \end{cases} \quad (2)$$

здесь k_T – коэффициент передачи комбинированного модулятора по длительности; ϵ_n – ошибка рассогласования на n -м интервале регулирования: $\epsilon_n = \omega_n - k_{oc} \Omega_n$; ω_n – сигнал задатчика скорости на n -м интервале регулирования; k_{oc} – коэффициент передачи цепи обратной связи.