

После вычисления коэффициентов, уравнение (1) примет вид

$$\begin{aligned} Z = & -485,6 + 203,2X_1 + 30,1X_2 + 90,1X_3 + 69,9X_4 + \\ & + 0,125X_1X_2 + 0,125X_1X_3 - 0,125X_1X_4 - 0,125X_2X_3 + \\ & + 0,125X_2X_4 + 0,125X_3X_4 + 393,4X_1^2 + 156,6X_2^2 + 291,1X_3^2 + \\ & + 227,4X_4^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Проверка по критерию Фишера [1] ( $F = 1,1 < F_{\text{табл}} = 2,6$ ) показала приемлемость модели (6).

Взяв частные производные  $\frac{\partial Z}{\partial X_j}$  (6), приравняв их к нулю и решив полученную систему уравнений, можно определить оптимальные значения  $X_j$ . Для нашего примера  $X_1 = -0,253$ ;  $X_2 = -0,1$ ;  $X_3 = -0,078$ ;  $X_4 = -0,153$  и  $K_{\text{опт}} = 2969,9$ ;  $\Gamma_{\text{ропт}} = 66,9$ ;  $\Gamma_{\text{эопт}} = 247,7$ ;  $\Delta_{\text{эопт}} = 159,4$  тыс. руб.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ивоботенко Б.А., Ильинский Н.Ф. Копылов И.П. Планирование эксперимента в электромеханике. М., 1975. 2. Гераскин О.Т. Оптимизация режимов энергетических систем методом планирования эксперимента. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1977, № 8. 3. Хрипко В.Л., Алехин А.Б. Расчет узлов коммутации преобразователей частоты методом планирования эксперимента. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1977, № 8.

УДК 621.3.016.351

В.А.Файбисович, канд.техн. наук

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБРАТНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Усложнение схем и режимов современных электроэнергетических систем, повышение требований к надежности электропитания потребителей создает значительные трудности при проведении экспериментальных исследований. В этих условиях

становится актуальной реализация оптимальных планов экспериментов с целью получения максимума информации об изучаемом процессе при наличии ограничений на время проведения эксперимента и допустимое изменение режима. Многие объекты электроэнергетики являются нелинейными по определяемым параметрам. Например, определение параметров асинхронного двигателя по результатам измерений, выполняемых в ряде нормальных установившихся режимов, приводит к поверхности отклика следующего вида:

$$\eta(\bar{x}, \bar{\theta}) = x_1^2 \left( \frac{1}{2\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} \right) - \sqrt{\frac{x_1^4}{4\theta^2} - x_2^2}. \quad (1)$$

При экспериментальном определении предела передаваемой мощности по линии электропередачи поверхность отклика характеризуется выражением [1]

$$\eta(\bar{x}, \bar{\theta}) = \theta_1 x_1^2 - \sqrt{\theta_2^2 x_1^2 - (x_2 - x_1^2 \theta_3)^2}. \quad (2)$$

Одним из эффективных способов решения нелинейных обратных регрессионных задач является последовательное планирование [2]. При нелинейной параметризации может существовать область значений оцениваемых параметров, которой соответствует неизменный план эксперимента, оптимального в соответствии с выбранным критерием [3]. Основной задачей планирования, выполняемого до проведения эксперимента, является нахождение этой области. Если есть уверенность, что истинные значения оцениваемых параметров находятся внутри указанной области, то найденный план должен применяться при проведении натурального эксперимента. Для построения планов эксперимента, соответствующих различным значениям оцениваемых параметров, составлена и отлажена программа на языке "Алгол-60", реализующая последовательный метод планирования В.В.Федорова. Работа программы начинается с ввода данных "затравочного" эксперимента и начального приближения для оцениваемых параметров. Нахождение оценок для параметров на каждом шаге последовательного планирования осуществляется путем решения системы нелинейных нормальных уравнений. Кроме того, на каждом шаге работы программы производится выбор точки, в которой целесообразно выполнить следующее измерение. Процесс измерений моделируется путем добавления к величине поверхности отклика, вычисленной при точных зна-

чениях оцениваемых параметров, распределенной по нормальному закону ошибки. Критерием окончания итерационного процесса построения оптимального плана является близость значения нормированной дисперсии поверхности отклика к его теоретическому значению, равному числу оцениваемых параметров. С использованием данной программы производилось построение оптимальных планов и поиск областей значений оцениваемых параметров, в которых локально-оптимальные планы остаются неизменными, для моделей (1) и (2). На расчет 50 шагов планирования затрачивалось около 1 ч машинного времени ЦВМ БЭСМ-4, из которых 4 мин. занимала трансляция программы (при использовании транслятора ТА-1М). Оптимальные планы оказывались сосредоточенными в вершинах областей факторного пространства. При варьировании значений оцениваемых параметров в широком диапазоне оптимальные планы эксперимента не менялись. Это обстоятельство является весьма важным, так как позволяет для нелинейных по оцениваемым параметрам объектов произвести априорное планирование эксперимента и позволяет избежать непрерывного обращения к ЦВМ в ходе выполнения эксперимента.

#### Л и т е р а т у р а

1. Файбисович В.А. Определение предела передаваемой мощности электропередачи в условиях эксплуатации электрической системы. – Электричество, 1976, №4. 2. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. М., 1971. 3. Фомина Е.С., Фомин Г.А. Построение априорных планов эксперимента для регрессионных моделей, нелинейных по параметрам. – Тез. докл. У Всесоюзн. конф. по планированию и автоматизации эксперимента в научных исследованиях. Математическая теория эксперимента. М., 1976.

УДК 621.313.32:538.311

А.Г.Губанович

#### ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ НА ВЕЛИЧИНУ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В ЛОБОВОЙ ЧАСТИ ОБМОТКИ СТАТОРА МОЩНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

Мощные отечественные и зарубежные турбогенераторы имеют в большинстве петлевою обмотку стержневого типа с эволь-