

В случае, когда диаметр покрытия определяется технологией, необходимо условие

$$\rho < \rho_c \left( \frac{d^2}{d_c^2} - 1 \right). \quad (4)$$

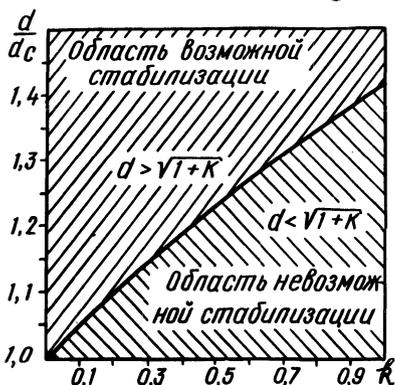


Рис. 1. Зависимость  $d/d_c$  от  $k$ .

Выражения (3) и (4) являются необходимыми, но не достаточными условиями для стабилизации сверхпроводника в аварийном режиме. Достаточным условием стабилизации является условие сохранения температуры токопровода при нарушении сверхпроводимости по каким-либо причинам.

#### Л и т е р а т у р а

1. Альтов В.А. и др. Стабилизация сверхпроводящих магнитных систем. М., 1975. 2. Боброва Г.И. и др. Экспериментальная установка для исследования теплообмена в пористом сверхпроводящем кабеле. - Изв. АН БССР. Серия физико-энергетических наук. Минск, 1976, № 2.

УДК 621.316

М.А.Короткевич, канд. техн. наук,  
М.И.Травянский

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ ФАКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Эффективность функционирования предприятия электрических сетей (ПЭС) определяется совокупностью технико-экономических показателей.

Важнейшим из названных показателей является стоимость распределения электроэнергии, значения которой зависят от конструктивных и режимных параметров электрической сети (стоимость сети  $K$ , стоимость потерь энергии  $\Gamma_{\Delta\epsilon}$ , расходы на ремонт сети  $\Gamma_p$ , расходы на эксплуатацию  $\Gamma_\epsilon$ ). Попытаемся отыскать эмпирическую зависимость стоимости распределения электроэнергии или приведенных затрат (3) от указанных факторов методом планирования эксперимента [1...3] и найти их оптимальные значения.

В этом случае находится не сама функция, а так называемая функция отклика, получающаяся путем разложения искомой функции в степенной ряд. При количестве факторов в опыте ( $n = 4$ ) функция отклика имеет вид [1]

$$\begin{aligned}
 Z = & b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_1 x_2 + b_6 x_1 x_3 + \\
 & + b_7 x_1 x_4 + b_8 x_2 x_3 + b_9 x_2 x_4 + b_{10} x_3 x_4 + b_{11} x_1^2 + b_{12} x_2^2 + \\
 & + b_{13} x_3^2 + b_{14} x_4^2, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где  $b_0, \dots, b_{14}$  - коэффициенты, которые необходимо определить по результатам эксперимента;  $x_1, \dots, x_4$  - факторы.

Матрица планирования ортогонального центрально-композиционного плана второго порядка имеет вид [3].

Пусть изменение факторов для одного ПЭС лежит в пределах:

	Минимум	Максимум
$K$ , млн.руб.	1,7	5,1
$\Gamma_p$ , млн.руб.	0,04	0,1
$\Gamma_\epsilon$ , млн.руб.	0,17	0,35
$\Gamma_{\Delta\epsilon}$ , млн.руб.	0,1	0,24

Результаты эксперимента ( $Z_i$ , тыс. руб.)

514	922	574	982	694	1102	754	1162	полный факторный эксперимент
654	1060	714	1122	834	1242	894	1302	

288,5 856,4 56,6 141,4 "звездные точки"  
 240,4 495 141,4 339,4

0 - центральная точка.

Искомые коэффициенты модели определяются по формулам [1-2]: величина "звездного" плеча ( $\alpha$ ) при  $n = 4$  равна 1,414; общее число опытов  $N_0 = 2^n + 2n + 1 = 2^4 + 2 \cdot 4 + 1 = 25$ ; число опытов на двух уровнях  $N_1 = 2^n = 2^4 = 16$ ; сумма квадратов элементов столбца на двух уровнях  $t = 2^n + 2\alpha^2 = 16 + 2(1,414)^2 = 20$ ; среднее значение квадратов элементов столбца  $a \frac{t}{N_0} = 0,8$ ; среднее значение квадратов элементов столбца матрицы независимых регрессионных функций, преобразованной к ортогональному виду  $t_1 = N_1(1 - 2a) + 2\alpha^2(\alpha^2 - 2a) + N_1 a^2 = 8$ ; сумма экспериментальных значений целевой функции, соответствующих опытам полного факторного эксперимента  $S_1 = \sum_{i=1}^{16} 3_i = 14526$ ; сумма экспериментальных значений целевой функции, соответствующих матрице планирования

$$S_0 = S_1 + \sum_{i=17}^{25} 3_i = 14526 + 2559,1 = 17085,1;$$

$$S_2 = S_1 - a S_0 = 14526 - 0,8 \cdot 17085,1 = 857,9;$$

$$b_j = \frac{1}{t} \left[ \sum_{i=1}^{16} 3_i X_{ij} + \alpha(3_{k+1} - 3_k) \right], j=1, \dots, 4; \quad (2)$$

$k=17, \dots, 24;$

$$b_{\nu} = \frac{1}{N_1} \sum_{\substack{i=1 \\ \theta \neq j}}^{16} X_{\theta} X_j 3_i; j, \theta=1, \dots, 4; \nu=5, \dots, 10; \quad (3)$$

$$b_{\lambda} = \frac{1}{t_1} \left[ S_2 + \alpha^2(3_k + 3_{k+1}) \right], \lambda=11, \dots, 14; \quad (4)$$

$$b_0 = \frac{S_0}{N_0} - a \sum_{\lambda=11}^{14} b_{\lambda}. \quad (5)$$

Здесь  $X_{\theta}, X_j$  - элемент, соответствующий подматрицы плана, равный +1 или -1.

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