

4. Ущерба энергосистемы в аварийном режиме, вызывающего увеличение стоимости производства и непроизводительных потерь электрической энергии, повреждение и дополнительный износ оборудования, привлечение дополнительного количества обслуживающего персонала энергосистемы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. М., 1974. 2. М. де Гроот. Оптимальные статистические решения. М., 1974.

УДК 621.311.1.017

Л.В.Ничипорович, канд.техн.наук,  
Л.П.Филианович

### ФАКТОРНО-КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Объективное определение величины потерь энергии в электрических сетях представляет собой сложную задачу вследствие необходимости выполнения большого количества расчетов и из-за отсутствия достоверной информации.

В этой связи актуальным является разработка методов, позволяющих снизить трудоемкость расчетов и ориентированных на использование фактически имеющейся исходной информации. Одним из таких подходов может быть использование регрессионных моделей, где в качестве параметров используются некоторые режимные и конструктивные параметры электрической сети. При этом весьма перспективным является применение уравнений регрессии, построенных не на основе непосредственно наблюдаемых параметров, а на основе так называемых главных факторов, которые в отличие от первых не коррелированы между собой и число их меньше числа непосредственно наблюдаемых параметров [1].

Регрессионная модель такого характера имеет вид

$$\Delta \mathcal{E} = C U,$$

где  $\Delta \mathcal{E}$  – потери энергии в распределительной сети;  $C$  – матрица коэффициентов регрессионной модели;  $U$  – вектор–столбец главных факторов, определяемых в соответствии с методами факторного анализа [2].

При таком подходе не исключена погрешность в определении потерь энергии вследствие значительной дисперсии набора наблюдаемых параметров. Поэтому наряду с факторным анализом представляет интерес использование метода кластерного анализа, позволяющего разбить весь массив на кластеры (классы). Классификация считается выполненной успешно, если каждый кластер объединяет в себя объекты, более близкие в определенном смысле друг другу, чем объекты разных кластеров [3]. Поэтому факторное уравнение регрессии, построенное для каждого кластера, дает более точную оценку потерь энергии, чем уравнение, построенное для выборочной совокупности. Модель регрессии имеет вид

$$\Delta \mathcal{E}_i = f_i(Y), \quad i = 1, 2, \dots, k,$$

где  $k$  – число кластеров.

Для построения такой дискретно-непрерывной модели необходимо применение обоснованного способа классификации объектов.

Для того чтобы произвести группировку, необходимо количественно определить понятия сходства и разнооднородности объектов.

Применительно к данной задаче целесообразно осуществлять классификацию с использованием в качестве меры близости (расстояния) между объектами евклидова расстояния, определяемого по формуле [3]:

$$d(x_i; x_j) = \left[ \sum_{p=1}^w (x_{pi} - x_{pj})^2 \right]^{1/2},$$

где  $w$  – количество параметров, характеризующих важный объект.

Здесь же решается вопрос о представлении исходных данных в некотором стандартном виде, общем для различных параметров. С этой целью параметры приводят к нормированной форме, что позволяет их количественно сравнивать друг с другом, несмотря на их возможную физическую разнооднородность. Нормирование производится следующим образом [3]:

$$Z_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j},$$

где  $x_{ij}$  – значение  $j$ -го признака для  $i$ -го объекта;  $\bar{x}_j$  – среднее арифметическое  $j$ -го признака;  $s_j$  – среднее квадратическое отклонение  $j$ -го признака.

Следует отметить, что кластеризация может осуществляться как по непосредственно наблюдаемым параметрам, так и по главным факторам. Применение факторно-кластерной модели для расчета потерь энергии, а особенно для прогнозирования их является более предпочтительной в силу преимуществ метода факторного анализа.

Выделение большого числа кластеров, естественно, увеличивает точность факторно-кластерной регрессионной модели, но при этом возрастает объем вычислений. Поэтому число кластеров должно соответствовать некоторому критерию оптимальности, выражающему уровни желательности различных группировок.

Таким критерием в данном случае является требуемая величина точности при определении потерь энергии в сетях.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ничипорович Л.В., Филянович, Л.П. Применение факторно-регрессионного метода для определения потерь энергии в электрической сети. – В сб.: Компенсация реактивных нагрузок и снижение потерь электрической энергии в сетях промышленных предприятий. М., 1977.
2. Харман Г. Современный факторный анализ. М., 1972.
3. Дюран Б., Одеилл П. Кластерный анализ. М., 1977.

УДК 621.315.017

Н.М.Сыч, канд.техн.наук,  
С.П.Широчин

#### ЭКВИВАЛЕНТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ СЕТИ ПО ПОТЕРЯМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Потери энергии в электрических сетях складываются из потерь холостого хода в проводимостях и нагрузочных потерь в сопротивлениях элементов сети. Основную трудность представляет расчет нагрузочных потерь. Для их определения известны три принципиальных подхода [1].

Первый из них основан на выявлении эквивалентной по потерям электроэнергии среднеквадратичной мощности  $S_{ск}$  в интервале времени  $T$ , при которой выполняется условие

$$\int_0^T S_t^2 dt = S_{ск}^2 T. \quad (1)$$