

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ВЕРХНИХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЯХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ

Вероятностно-статистическое моделирование электрических сетей предполагает получение соответствующих уравнений регрессии для каждого иерархического уровня. При этом используется соответствующий статистический материал – схемные и режимные характеристики электрических сетей, представляющие репрезентативную выборку из генеральной совокупности. Чем выше иерархический уровень, для которого осуществляется моделирование, тем больше разнообразие схем электрических сетей и их характеристик, т. е. дисперсия генеральной совокупности и, следовательно, больший объем выборки электрических сетей требуется для получения адекватных статистических моделей. В этом случае с нижнего на все последующие уровни необходимо передать огромные массивы исходных данных. Это сопряжено с чрезвычайно большими трудозатратами, повышением вероятности искажения информации. Поэтому в организационном, техническом и методическом аспектах такой процесс передачи данных следует признать нецелесообразным.

Более перспективной представляется такая форма передачи и обработки информации, при которой максимально эффективно используются результаты статистического анализа, выполненного на нижних уровнях, и на верхние уровни передается лишь агрегированная информация о параметрах электрических сетей в виде статистических оценок: средних арифметических, выборочных дисперсий, коэффициентов вариации и корреляции, а также уравнений регрессии и их коэффициентов.

Данный подход проиллюстрируем на примере вероятностно-статистического моделирования распределительных электрических сетей для задачи определения потерь электроэнергии. Применительно к этой задаче электрическая сеть моделируется эквивалентным сопротивлением, численное значение которого определяется по уравнению регрессии в зависимости от основных параметров сети [1]. Не снижая общности результатов, будем считать, что на каждом нижнем иерархическом уровне (предприятие электрических сетей – ПЭС) получены уравнения регрессии типа

$$r_{\Sigma} = a_{0i} + a_{1i}x,$$

где r_{Σ} – эквивалентное сопротивление (результативный признак); x – факториальный признак (длина линии, установленная мощность распределительных трансформаторов и др.); i – текущий номер подразделения низшего уровня (ПЭС): $i = \overline{1, n}$; n – число предприятий, входящих в состав подразделения более высокого иерархического уровня (районного энергетического управления – РЭУ); a_{0i} , a_{1i} – коэффициенты уравнения регрессии.

Считаем также, что известно количество моделируемых сетей m_i и определены средние арифметические значения $\bar{r}_{\Sigma i}$, \bar{x}_i , выборочные средние квадратические отклонения $\sigma(r_{\Sigma i})$, $\sigma(x_i)$, коэффициенты вариации $v(r_{\Sigma i})$, $v(x_i)$ и корреляции k_i , коэффициенты регрессии a_{0i} , a_{1i} .

Перечисленные агрегированные характеристики передаются на верхний иерархический уровень (РЭУ), где рассчитывается суммарное значение факториального признака $X = \sum \bar{x}_i m_i$ и его средняя арифметическая величина $\bar{x} = \sum x_i m_i / \sum m_i$.

Здесь и далее оператор Σ распространяется на все i от 1 до n .

Кроме того, на основании соответствующих правил соединения статистических характеристик [2] определяются:

коэффициент вариации факториального признака

$$v(x) = \sqrt{\frac{\Sigma \lambda_i \Sigma \alpha_i^2 \lambda_i (1 + v^2(x_i))}{(\Sigma \alpha_i \lambda_i)^2} - 1},$$

где α_i — отношение среднего арифметического значения \bar{x}_i , исчисленного для i -го ПЭС к среднему арифметическому для ПЭС, взятому за основу; λ_i — отношение доли каждого i -го ПЭС в общем объеме электрических сетей РЭУ к доли ПЭС, взятого за основу;

среднее квадратическое отклонение

$$\sigma(x) = v(x) \bar{x}$$

(аналогично определяются коэффициент вариации и среднеквадратическое отклонение результирующего признака);

коэффициент корреляции

$$k = \frac{\Sigma \lambda_i \Sigma \alpha_i \psi_i \lambda_i (1 + k_j v(x_i) v(r_{3i})) - \Sigma \alpha_i \lambda_i \Sigma \psi_i \lambda_i}{\sqrt{\Sigma \lambda_i \Sigma \alpha_i^2 \lambda_i (1 + v^2(x_i)) - (\Sigma \alpha_i^2 \lambda_i)^2} \sqrt{\Sigma \lambda_i \Sigma \psi_i^2 \lambda_i (1 + v^2(r_{3i})) - (\Sigma \psi_i \lambda_i)^2}},$$

где ψ_i — отношение среднего арифметического значения \bar{r}_{3i} , исчисленного для i -го ПЭС к среднему арифметическому для ПЭС, взятому за основу;

коэффициенты уравнения регрессии для РЭУ

$$A_1 = k \frac{r_{31} \sqrt{\Sigma \lambda_i \Sigma \psi_i^2 \lambda_i (1 + v^2(r_{3i})) - (\Sigma \psi_i \lambda_i)^2}}{x_1 \sqrt{\Sigma \lambda_i \Sigma \alpha_i^2 \lambda_i (1 + v^2(x_i)) - (\Sigma \alpha_i \lambda_i)^2}};$$

$$A_0 = \frac{\bar{r}_{31}}{\Sigma \lambda_i} (\Sigma \psi_i \lambda_i - k \Sigma \alpha_i \lambda_i \sqrt{\frac{\Sigma \lambda_i \Sigma \psi_i^2 \lambda_i (1 + v^2(r_{3i})) - (\Sigma \psi_i \lambda_i)^2}{\Sigma \lambda_i \Sigma \alpha_i^2 \lambda_i (1 + v^2(x_i)) - (\Sigma \alpha_i \lambda_i)^2}}).$$

Здесь k определяется по формуле (1).

В результате получим уравнение регрессии для РЭУ (более высокого иерархического уровня)

$$R_3 = A_0 + A_1 X.$$

Аналогичная процедура проводится при моделировании электрических сетей на всех верхних иерархических уровнях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шапиро И.З. Вероятностно-статистические модели для определения и прогнозирования потерь энергии в распределительных сетях 6–10 кВ // Изв. вузов. Энергетика, – 1978, – № 4, – С. 15–19. 2. Сиськов В.И. Корреляционный анализ в экономических исследованиях. – М.: Статистика, 1975. – 168 с.

УДК 621.311.1

В.В. ПРОКОПЧИК, О.М. ПОПОВА

ОБ УЧЕТЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Задаче определения и снижения потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях энергосистем уделяется в настоящее время большое внимание. За последние 10 лет потери электроэнергии в электрических сетях Минэнерго поддерживаются на уровне 9 % от энергии, отпущенной в сеть. В то же время пути снижения потерь электроэнергии в системах электроснабжения потребителей изучаются недостаточно. С одной стороны, это объясняется тем, что потери электроэнергии в системе электроснабжения оплачиваются потребителем и нигде не фигурируют в качестве показателя эффективности использования электроэнергии. Существующие формы государственной отчетности (№ 11-СН, 24-я энергетика и др.) не содержат четкой информации о потерях электроэнергии за отчетный период. С другой стороны, в настоящее время отсутствуют инженерные методы определения суммарных потерь мощности и электроэнергии в системах электроснабжения, состоящих из значительного числа элементов (линий, трансформаторов, электродвигателей и др.), работающих с изменяющейся во времени нагрузкой.

Потери электроэнергии в системе электроснабжения являются одной из статей расхода в электробалансе промышленных предприятий [1].

Анализ расходной части электробалансов отдельных цехов и предприятий в целом, проведенный нами по литературным источникам, показал, что потери электроэнергии в системах электроснабжения оцениваются в 1–5 % [1, 2].

В связи с необходимостью нормирования расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции отраслевые НИИ периодически составляют электробалансы промышленных предприятий. В качестве примера в табл. 1 приведена структура расходной части электробаланса ПО "Химволокно", полученная из годовых форм № 24-я энергетика.

Анализ данных табл. 1 на предприятии показал, что при этом учитываются только потери в сетях 6–10 кВ и потери в трансформаторах ГПП. Потери электроэнергии в сетях цеховых потребителей не учитываются, а относятся на основной технологический процесс. Для определения этой составляющей потерь для ряда цехов ПО "Химволокно" были составлены электробалансы с разделением потерь по составляющим (табл. 2).