

Модели систем электроснабжения городов

А.Б. Логов, Б.В. Лукьянов

Институт угля и углехимии СО РАН

По исходным данным отмечается полимодальный характер распределений функциональных показателей систем электроснабжения городов, на основе которых диагностируются различные виды состояния. В качестве рабочей гипотезы предложено рассматривать суммирование

$X_N = \sum_{i=1}^N X_{1,i}$ и линейное преобразование $F_N = F_{N,0} + X_N \cdot \Delta F$ случайных величин.

Для моделирования «порции» случайного функционального показателя X_1 используется распределение Пуассона:

$$p(x_1) = \beta \cdot \exp(-\beta x_1) \quad \text{при } x_1 \geq 0.$$

В произвольном случае, для N слагаемых находим общее выражение плотности распределения

$$p(x_N) = \frac{\beta^N}{(\alpha - 1)!} x_N^{\alpha-1} \exp(-\beta x_N) \quad N = 2, 3, \dots$$

Модель подчиняется закону гамма-распределения. Максимумы функции, соответствующие модам распределений

$x_{N,\max} = \text{mod}[X_N] = \frac{N-1}{\beta}$, образуют последовательность, удобную для выбора параметров модели.

Используя принцип максимального правдоподобия в виде $p(Q_\alpha = Q_{\alpha;\alpha+1}) = p(Q_{\alpha+1} = Q_{\alpha;\alpha+1})$, получаем правило: до границы $Q_{\alpha;\alpha+k}$ случайной характеристикой служит модель Q_α , а после – некоторая модель $Q_{\alpha+k}$. Построение такой композиции требует дополнительное нормирование, чтобы общая вероятность равнялась единице.

По мощности сетей выделено 4 локальных максимума – наиболее часто встречающиеся значения и идентифицированы структурные параметры $\alpha_A = 2$; $\alpha_B = 9$; $\alpha_C = 24$; $\alpha_D = 36$.

Таким образом, модель распределения описывается выражением

$$p(X) \approx \frac{1}{3,575} \begin{cases} \frac{1}{11} \left(\frac{X-3,5}{11} \right) \exp\left(-\frac{X-3,5}{11} \right) & 3,5 \leq X < 53,541; \\ \frac{1}{8! \cdot 11} \left(\frac{X-3,5}{11} \right)^8 \exp\left(-\frac{X-3,5}{11} \right) & 53,541 \leq X < 172,748; \\ \frac{1}{23! \cdot 11} \left(\frac{X-3,5}{11} \right)^{23} \exp\left(-\frac{X-3,5}{11} \right) & 172,748 \leq X < 325,758; \\ \frac{1}{35! \cdot 11} \left(\frac{X-3,5}{11} \right)^{35} \exp\left(-\frac{X-3,5}{11} \right) & 325,758 \leq X. \end{cases}$$

В итоговом результате каждый класс представлен с вероятностью $P(X_A) \approx 0,263307; P(X_B) \approx 0,259258; P(X_C) \approx 0,233345; P(X_D) \approx 0,244089$

Таким образом, в Кузбассе сложилась ситуация почти равновероятной реализации каждого из четырех классов значимо различающихся по мощности региональных электрических сетей.

Общая протяженность ЛЭП приводит к модели из 3-х видов систем с параметрами $\alpha_A = 2; \alpha_B = 5; \alpha_C = 10$.

Окончательная модель распределения описывается выражением

$$p(X) \approx \frac{1}{2,2755} \begin{cases} \frac{1}{250} \left(\frac{L-50}{250} \right) \exp\left(-\frac{L-50}{250} \right) & 50 \leq L < 771; \\ \frac{1}{4! \cdot 250} \left(\frac{L-50}{250} \right)^4 \exp\left(-\frac{L-50}{250} \right) & 771 \leq L < 1763; \\ \frac{1}{9! \cdot 250} \left(\frac{L-50}{250} \right)^9 \exp\left(-\frac{L-50}{250} \right) & 1763 \leq L. \end{cases}$$

Таким образом, выявлены существенные различия в формировании стохастических показателей функционирования электрических сетей Кузбасса, заключающиеся в изменении структуры и причинно-следственных связей. Различное число видов состояния региональных сетей не позволяет установить достоверные корреляционные связи между функциональными показателями и требует развить методику для ранжирования сетей по совокупности характеристик.

Риск эксплуатации систем электроснабжения

А.Б. Логов, Б.В. Лукьянов

Институт угля и углехимии СО РАН

Моделирование состояния региональных сетей электроснабжения осложняется следующими обстоятельствами: 1) изучаются уникальные