Определение расчетной электрической нагрузки по суточному графику в виде функции Чебышева

Саидходжаев Анвар Гулямович – профессорТашкентского государственного технического университети (Узбекистан)

Минаваров Мухриддин Бахтиярович – магистрант Ташкентского государственного технического университети (Узбекистан)

Точное определение расчетных электрических нагрузок в настоящее время является очень актуальной проблемой, так как электрические нагрузки лежат в основе всех электротехнических расчетов.

Как показали измерения в микрорайонах Ц-4, Куйлюк-5, Ц-7, ТТЗ-2 г.Ташкента и др. электрические нагрузки имеют в некоторых случаях разницу с реальными электрическими нагрузками в 1,5 – 2 раза. Достоверная информация об электрических нагрузках необходима не только при построении новых или реконструкции существующих городских сетей, но и для решения важнейших вопросов их эксплуатации.

Суточный график электрической нагрузки, показывает изменение режима потребления электроэнергии потребителем в течение суток и может быть представлен в виде кривой функции на плоскости, где нагрузка дана по оси ординат, а время изменения режима работы по оси абсцисс. Это значит, что эту кривую можно выразить для каждого потребителя в виде уравнения, формулы, показывающей кривую на плоскости этого графика. Расчет и подбор формулы для построения суточного графика каждого типа потребителей возможен на основе интерполяционного уравнения Чебышева, Лагранжа, Ньютона, Бесселя, Стирлинга, Сплайн функции и др.

Анализ показывает, что характерные суточные графики, имеющие пологие формы и с малым числом экстремальных точек, с достаточной точностью можно выразить формулой на основе уравнения Лагранжа. Более сложные кривые суточного графика электрических нагрузок можно выразить формулой на основе уравнения Ньютона, а резко изменяющие форму кривые суточного графика любой конфигурации можно выразить формулой на основе Сплайн функции 3 порядка в виде системы из 24 уравнений. Главная задача это подобрать такую формулу, которая выражала, как можно ближе функцию кривой характерного (типового) суточного графика нагрузки. Определение вида функциональных зависимостей, полученных в физическом эксперименте, имеет очень важное значение. Обычно экспериментальные результаты представляются в виде таблиц или сеточных функций $y_i = f(x_i) \pm \varepsilon_i$, где ε_i - погрешности измерений.

Если их построить на графике, соединяя экспериментальные точки отрезками прямых, то получится ломанная, не имеющая ничего общего с той или иной функциональной зависимостью, которая затем могла бы быть исследована средствами математического анализа. На практике удобно представить искомую зависимость в виде обобщенного многочлена

$$y_i = f_m(t,\bar{b}) = \sum_{j=1}^{n} b_j \varphi_j(t) = b_0 \varphi_0 + b_1\varphi_1(t) + \dots\dots + a_m\varphi_m(t) \qquad (1)$$

где $\bar{b} = \{b_0, b_1, \dots\dots, b_m\}^T$ - вектор неизвестных коэффициентов, $\{\varphi_j\} = \{\varphi_0, \varphi_1, \dots\dots, \varphi_m\}$ - заданная система базисных функций. В качестве базисных функций могут выбираться, например, степенные функции, $\{\varphi_j\} = \{x^j\}$, многочлена Чебышева, тригонометрические функции $\{\varphi_j\} = \{\cos^j x\}$

$$R = \sum_{i=1}^{n} \left[b_0 \varphi_0(t_i) + b_1\varphi_1(t_i) + \dots\dots + b_m\varphi_m(t_i) - y_i \right]^2 \longrightarrow \min \qquad (2)$$

Так как на коэффициенты не наложено никаких ограничений, применим необходимые условия безусловного экстремума:

$$\frac{\partial R}{\partial b_0} = 0, \ \frac{\partial R}{\partial b_1} = 0, \dots\dots\dots \ \frac{\partial R}{\partial b_k} = 0,$$

В результате получаем систему нормальных уравнений

$$\begin{aligned}
(\varphi_0, \varphi_0)b_0 + (\varphi_0, \varphi_1)b_1 + \dots\dots\dots + (\varphi_0, \varphi_m)b_m &= (y_i, \varphi_0) \\
(\varphi_1, \varphi_0)b_0 + (\varphi_1, \varphi_1)b_1 + \dots\dots\dots + (\varphi_1, \varphi_m)b_m &= (y_i, \varphi_1) \\
\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\
(\varphi_m, \varphi_0)b_0 + (\varphi_m, \varphi_1)b_1 + \dots\dots\dots + (\varphi_m, \varphi_m)b_m &= (y_i, \varphi_m)
\end{aligned}$$

(3)

Если в обобщенном многочлене (1) система базисных функций ортогональная, то

$$(\varphi_k, \varphi_l) = 0, \ldots k \neq l \text{ , тогда}$$

$$(\varphi_0, \varphi_0) b_0 = (y_i, \varphi_0)$$

$$(\varphi_1, \varphi_1) b_1 = (y_i, \varphi_1)$$

....

$$(\varphi_m, \varphi_m) b_m = (y_i, \varphi_m)$$

т.е. все недиагональные элементы в матрице системы (3) становятся равным нулю. Следовательно, коэффициенты обобщенного многочлена находятся по формуле

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} y(t_i)\varphi_j(t_i)}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_j^2(t_i)} \quad , \qquad j=0,1,\ldots,m$$

Рассмотрим применение многочленов Чебышева в качестве системы базисных функций, которая используется для получения многочленов $f_m(t, \bar{b})$. Многочлены Чебышева $\{\varphi_j\} = \{\varphi_0, \varphi_1, \ldots, \varphi_m\}$ на множестве точек $\{t_i\}$, i=0,1,.....n называются алгебраические многочлены, которые ортогональны на этом множестве, с нормой $\|\varphi_k\|$, отличной от нуля, и определяются следующими рекуррентными формулами [1].

$$\varphi_0(t) = 1, \varphi_1(t) = t - \alpha, \ldots\ldots \varphi_k(t) = (t - \alpha_k)\varphi_{k-1}(t) - \beta_k \varphi_{k-2}(t), \ldots k = 2,3, \ldots\ldots m$$

$$\text{где } \alpha = \frac{1}{n+1}\sum_{i=0}^{n} t_i \ldots\ldots\ldots \alpha_k = \frac{\sum_{i=0}^{n} t_i \varphi_{k-2}^2(t_i)}{\sum_{i=0}^{n} \varphi_{k-1}^2(t_i)}, \beta_k = \frac{\sum_{i=0}^{n} t_i \varphi_{k-2}(t_i)\varphi_{k-1}(t_i)}{\sum_{i=0}^{n} \varphi_{k-2}^2(t_i)} \qquad (4)$$

Предложенный метод основывается на новом принципе, который считает, что расчет надо вести на основе характерных суточных графиков электрических нагрузок, определяются уравнения кривой функции изменения режимов суточного потребления электроэнергии с 15 и 30 минутным максимумом (интервалом) каждого в отдельности типа электропотребителя, используя метод Чебышева

$$P_p = \frac{\sum\limits_{\beta=1}^{m} \cdot \sum\limits_{\gamma=1}^{l} \cdot \sum\limits_{j=1}^{n} \cdot \overline{P}cp}{m \cdot l \cdot n} + \alpha \cdot \sqrt{\frac{\sum\limits_{\beta=1}^{m} \cdot \sum\limits_{\gamma=1}^{l} \cdot \sum\limits_{j=1}^{n} \cdot p^2}{m \cdot l \cdot n} - \left(\frac{\sum\limits_{\beta=1}^{m} \cdot \sum\limits_{\gamma=1}^{l} \cdot \sum\limits_{j=1}^{n} \cdot p}{m \cdot l \cdot n} \right)^2} \qquad (5)$$

$$\alpha = (P_{\text{макс}} - \overline{P}_{\text{ср.макс}}) / \sigma_p$$

где: $\overline{P}cp$ - средний максимум из среднемаксимальных нагрузок;

s - среднеквадратическое отклонение;

α - нормированное отклонение,

n – количество точек измеряемой величины суточного графика электри ческих нагрузок на базовом промежутке времени,

число дней измерения нагрузки в каждой точке электрической сети,

m - количество объектов однородных потребителей. [2]

Таким образом, определяется формула описывающая кривую суточного графика нагрузок, близко совпадающая с характерным (типовым) графиком. Для каждого типа потребителя свое уравнение кривой и своя формула расчета. Это позволяет, определить на уровнях низких напряжений системы электроснабжения города, используя набор характерных (типовых) суточных графиков нагрузки и установленную (номинальную) мощность с вероятностностью 0,75 – 0,9 определить 30 минутную максимальную электрическую нагрузку, то есть максимальную величину электрической нагрузки отдельных электропотребителей, которая является расчетной нагрузкой этого потебителя.

Литература:

1. Саидходжаев А.Г. Новый метод определения электрических нагрузок на основе интервальных аналогов интерполяционных сплайнов. Международный научно-технический журнал «Автоматизированные технологии и производства» Магнитогорск. МагГТУ. № 2 (8), 2015. с 28-30.

2. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах.- М.:Высш.шк.,2004.-480 с.: ил. ISBN 5-06-004763-6