

Список використаних джерел:

1. Ворона В.Є., Бунько В.Я. Обґрунтування науково-технічних аспектів щодо підвищення якості електричної енергії. Матеріали X Всеукр. наук.-практ. конф.: зб. наук. праць. 5-6 травня 2016.) – С. 249.
2. Бунько В.Я. Обґрунтування вибору технічних засобів для забезпечення якості електричної енергії. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: тези доп. (м. Ужгород, 8-9 квітня 2016 р.). – Х.: Вид-ий дім Гельветика», 2016. – Ч. 1. – С. 82-85.
3. Бунько В.Я. Питання якості електричної енергії в розподільних пристроях систем електропостачання. Науковий журнал «Молодий вчений». № 1(28) січень, 2016 р. Ч. 3. – С. 99-103.

Білокінь В.В.*студент,**Науковий керівник: Ткаченко В.Ф.**кандидат технічних наук, доцент,**Черкаський державний технологічний університет*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРУПОВОГО ГРАФІКА НАВАНТАЖЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

Житлові будинки, у тому числі багатоквартирні будинки (БКБ) поряд з промисловими об'єктами повинні бути спроектовані і побудовані таким чином, щоб в процесі їх експлуатації забезпечувалося ефективне використання енергетичних ресурсів. Як відомо, проектування систем електропостачання (СЕП) всіх споруджуваних житлових і громадських будівель, об'єктів комунально-побутового починається з розрахунку електричних навантажень (ЕН). Такі розрахунки повинні виконуватися за нормативною методикою [1]. Але істотні зміни у характері і структурі електричного навантаження сучасних БДБ змушують вносити певні зміни у розрахунок ЕН таких споруд. При таких розрахунках у якості індивідуальних графіків $P_i(t)$ ЕН прийняті графіки введів до житлових БКБ, а групові графіки електричних навантажень (ГЕН) отримують в результаті підсумовування цих індивідуальних ГЕН. Конкретні графіки ЕН отримують у результаті експериментальних обстежень будинків.

Нижче пропонується вдосконалення алгоритму математичної обробки отриманих результатів вимірювань ГЕН.

Груповий ГЕН відносно-розподільного пристрою житлового будинку та мікрорайону в цілому може бути представлений у вигляді суми індивідуальних ГЕН, які є його складовими [2]:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n p_i(t). \quad (1)$$

При цьому кожен індивідуальний ГЕН визначається середнім P_{ci} і ефективним P_{ei} електричними навантаженнями, дисперсією Dp_i , коефіцієнтом

форми $K_{\phi i}$. Розрахункове електричне навантаження індивідуального ГЕН, при допущенні того, що воно дорівнює ефективному електричному навантаженню на інтервалі θ , можна записати:

$$p_i = p_{ei} = \sqrt{Dp_i + p_{ci}^2} = p_{ci} \cdot K_{\phi i}. \quad (2)$$

Тобто груповий ГЕН набуде вигляду:

$$P = \sum_{i=1}^n \sqrt{Dp_i + p_{ci}^2} = \sum_{i=1}^n p_{ci} \cdot K_{\phi i}. \quad (3)$$

Наявність кореляційних зв'язків між ГЕН говорить про необхідність їх врахування при визначенні електричного навантаження групи електроприймачів.

Тоді дисперсія групового графіка навантаження [3] може бути записана:

$$DP = \sum_{i=1}^n Dp_i + 2 \sum_{i < j} K_{ij}(m), \quad (4)$$

де $K_{ij}(m)$ – коефіцієнт взаємної кореляції.

Визначимо вирази, що зв'язують коефіцієнти форми і дисперсію групового графіка і його індивідуальних ГЕН без урахування і з урахуванням кореляції трендових складових цих графіків.

Розглянемо додавання індивідуальних ГЕН без урахування їх взаємної кореляції. З припущення про відсутність взаємної кореляції випливає, що $K_{ij}(m) = 0$, при всіх $i \neq j$, $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, n$.

Дисперсія сумарного графіка визначається в цьому випадку по формулі:

$$DP = \sum_{i=1}^n Dp_i.$$

Дане припущення було прийнято в методі впорядкованих діаграм, що і є однією з причин високої похибки даного методу розрахунку.

За умови, що додаються графіки однакові (наприклад, графіки електричних навантажень квартир), можна записати:

$$DP = nDp. \quad (5)$$

Тоді:

$$\begin{aligned} P_c &= np_c; \quad P^2 = n^2 p_c^2; \\ DP &= n(p_e^2 - p_c^2) = P_e^2 - P_c^2; \\ P_e^2 &= n(p_e^2 - p_c^2) + P_c^2 = np_e^2 - np_c^2 + n^2 p_c^2 = np_e^2 + n(np_c^2 - p_c^2) = np_e^2 + np_c^2(n-1). \end{aligned}$$

Коефіцієнт форми групового графіка:

$$\begin{aligned} K_{\phi}^2 &= \frac{P_e^2}{P_c^2} = \frac{np_e^2 + np_c^2(n-1)}{n^2 p_c^2} = \frac{p_e^2 + p_c^2(n-1)}{np_c^2} = \frac{1}{n} \left(\frac{p_e^2 + p_c^2(n-1)}{p_c^2} \right) = \\ &= \frac{1}{n} (k_{\phi}^2 + n - 1) = \frac{k_{\phi}^2}{n} + 1 - \frac{1}{n} = 1 + \frac{k_{\phi}^2 - 1}{n}; \end{aligned}$$

$$K_{\phi} = \sqrt{1 + \frac{k_{\phi}^2 - 1}{n}}. \quad (6)$$

Проаналізуємо додавання індивідуальних ГЕН з урахуванням їх взаємної кореляції. З припущення про наявність взаємної кореляції, дисперсію сумарного графіка можна записати:

$$\begin{aligned} DP &= \sum_{i=1}^n Dp_i + 2 \sum_{i < j} K_{ij}(m) = \sum_{i=1}^n Dp_i + 2 \sum_{i < j} k_{ij} \sqrt{Dp_i \cdot Dp_j} = \\ &= \sum_{i=1}^n Dp_i + 2 \sum_{i < j} k_{ij} \sigma_i \sigma_j. \end{aligned}$$

За умови, що додаються графіки однакові, $\sigma_i = \sigma_j$ і $Dp_i = Dp_j$, а також за умови, що зрушення в часі t_i і t_j між ними дорівнюють нулю (справедливо для електричного навантаження групи квартир), тобто $\Delta t_{ij} = t_i - t_j = 0$, отримаємо такий вираз:

$$\begin{aligned} DP &= \sum_{i=1}^n Dp_i + 2 \sum_{i < j} \sigma_i^2 k_{ij}; \\ DP &= nDp + n(n-1)Dpk_{ij} = nDp + (n^2 - n)Dpk_{ij} = \\ &= nDp + n^2 Dpk_{ij} - nDpk_{ij} = n^2 Dpk_{ij} + nDp(1 - k_{ij}) = \\ &= Dp(n^2 k_{ij} + n(1 - k_{ij})) = Dpn(nk_{ij} + 1 - k_{ij}); \\ DP &= nDp(1 + k_{ij}(n-1)). \end{aligned} \quad (7)$$

Коефіцієнт форми групового графіка:

$$\begin{aligned} K_{\phi}^2 &= \frac{DP + P_c^2}{P_c^2} = \frac{DP}{n^2 p_c^2} + 1 = \frac{nDp(1 + k_{ij}(n-1))}{n^2 p_c^2} + 1 = \\ &= \frac{DP(1 + k_{ij}(n-1))}{np_c^2} + 1 = \frac{(p_e^2 - p_c^2)(1 + k_{ij}(n-1))}{np_c^2} + 1 = \\ &= (k_{\phi}^2 - 1) \frac{(1 + k_{ij}(n-1))}{n} + 1; \\ K_{\phi} &= \sqrt{1 + \frac{(k_{\phi}^2 - 1)}{n} (1 + k_{ij}(n-1))}. \end{aligned} \quad (8)$$

З урахуванням виконаних розрахунків DP і K_{ϕ} можна записати електричне навантаження групового графіка (див. формулу 3), отриманого в результаті складання однакових індивідуальних ГЕН:

$$K(p_i p_j) = 0: \quad P = \sqrt{nDp + n^2 p_c^2} = np_c \sqrt{1 + \frac{k_\phi^2 - 1}{n}};$$

$$K(p_i p_j) \neq 0: \quad P = \sqrt{nDp(1 + k_{ij}(n-1)) + n^2 p_c^2} = np_c \sqrt{1 + \frac{k_\phi^2 - 1}{n}(1 + k_{ij}(n-1))}.$$

Дана модель розрахунку ЕН, що заснована на складання ГЕН з урахуванням кореляції, надалі може буде використана при розробки уточнюючої методики розрахунку електричних навантажень квартир.

Оцінимо граничні значення для дисперсії і коефіцієнта форми сумарного ГЕН при додаванні однакових індивідуальних ГЕН. Як показано в [3] при рівномірних законах розподілу зрушень у часу графіків навантаження щодо загального початку циклу, випадкові величини $DP(t)$ і $K_\phi(t)$ змінюються в діапазонах:

$$0 \leq DP(t) \leq n^2 Dp; \quad (9)$$

$$1 \leq K_\phi \leq k_\phi. \quad (10)$$

Випадок $DP = n^2 Dp$ і $K_\phi = k_\phi$ відповідає кореляційному резонансу, а випадок $DP = 0$ і $K_\phi = 1$ – кореляційному антирезонансу [3].

Використання понять кореляційного резонансу і антирезонансу може бути використано при вирішенні завдання вирівнювання сумарного ГЕН за критерієм мінімуму дисперсії сумарного графіка. На практиці це може бути реалізовано зсувом у часі початку технологічних циклів електроприймачів щодо загального початку. В силу усталеного характеру електроспоживання комунально-побутового навантаження, зміщення ГЕН відносно один одного практично неможливо. При цьому для ГЕН житлових багатоквартирних будинків і квартир спостерігається режим близький до кореляційного резонансу, при якому спостерігається максимальне значення дисперсії сумарного графіка електричних навантажень.

Список використаних джерел:

1. ДБН В. 2.5-23-200.3 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. Київ 2004. – 131 с.
2. Надтока И.И. Предельные законы распределения для взаимной корреляции нагрузок электроприёмников – Изв. вузов. Электромеханика, 2008 г. – С. 10–13.
3. Гордеев В.И. Расчет дисперсии групповых графиков электрической нагрузки. – Электричество. – 1971. – № 10. – С. 86–88.