

УДК 621.3

Г.І. Лагутін¹, В.М. Лисенко²¹Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків,²Сумський національний аграрний університет, Суми

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ АЕРОДРОМІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СТОХАСТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Пропонується спосіб визначення розрахункового навантаження військового аеродрому на етапі її проектування, заснований на використанні стохастичної моделі. Пропонується розглядати процес функціонування системи електропостачання як найпростіший марковський процес випадкових подій. Це дає можливість знайти розрахункове навантаження для об'єктів, режими роботи яких істотно відрізняються від аналогічних показників раніше створених систем.

Ключові слова: військовий аеродром, система електропостачання, розрахункове навантаження, стохастична модель.

Вступ

При розв'язанні задачі визначення оптимальної кількості джерел електричної енергії для споживачів військових аеродромів визначальним фактором є характер і величина навантаження споживачів електричної енергії.

Задача коректного визначення розрахункових навантажень системи електропостачання військового аеродрому є одною з основних задач при її проектуванні [1]. Завищене значення навантажень пов'язане з нераціональною витратою коштів і призводять до недовантаження елементів системи електропостачання, Занижене значення навантаження викликає перегрів струмоведучих частин електроустаткування, а тим самим передчасний вихід його з ладу.

На основі аналізу навантажень споживачів військового аеродрому визначають максимальну потужність електричних станцій (підстанцій), число й потужність джерел і перетворювачів електричної енергії, переріз ліній електропередачі, визначають величину втрат електроенергії в лініях і силових трансформаторах, підраховують ряд показників, що характеризують режими роботи електроустановок, установлюють норми витрати електроенергії.

Можливі два підходи до визначення навантажень [4, 5]. По першому з них розрахунки навантажень проводиться виробничо-статистичними методами. Цей підхід дозволяє одержати орієнтовні дані, прийнятні при проектуванні системи електропостачання.

Другий підхід ґрунтується на експериментальних даних, одержуваних при знятті добових графіків навантажень.

Природно, що при цьому підході точність результатів розрахунків набагато вище.

При проектуванні нових об'єктів і при їх реконструкції звичайно застосовують виробничо-статис-

тичні методи. Однак при розробці систем електропостачання об'єктів, режими роботи яких істотно відрізняються від аналогічних показників раніше створених систем, точність отриманих результатів може виявитися незадовільною.

Основна частина

Основними з виробничо-статистичних методів, що використовують при проектуванні систем електропостачання військових аеродромів, є [1]:

- метод коефіцієнтів попиту;
- метод двочленної формули;
- метод питомих показників;
- метод Г.М. Каялова.

Метод коефіцієнтів попиту дозволяє визначити розрахункове навантаження P_{δ} за встановленою потужністю P_y й відомою величиною коефіцієнта попиту k_i .

Для визначення розрахункового навантаження в ряді випадків застосовують уніфікований метод коефіцієнтів попиту, який заснований на застосуванні коефіцієнтів використання k_a , які враховують, наскільки в середньому використовується номінальна потужність приймачів електроенергії.

Близький до методу коефіцієнтів попиту метод двочленної формули. Для групи $n+m$ приймачів електричної енергії розрахункове навантаження визначається за формулою

$$P_{\delta} = b_n \sum_{i=1}^n P_{yi} + b_m \sum_{j=n+1}^m P_{yj},$$

де b_n й b_m – постійні коефіцієнти, обумовлені для характерних груп приймачів електричної енергії;

$\sum_{i=1}^n P_{yi}$ – установлена потужність n приймачів електричної енергії;

$\sum_{j=n+1}^m P_{yj}$ – установлена потужність m приймачів електричної енергії з найбільшою потужністю.

Застосування даного методу утруднене, тому що, по-перше, коефіцієнти b_n й b_m визначені не для всіх груп приймачів електричної енергії, а, по-друге, розбивка приймачів електричної енергії на характерні групи з великою й малою встановленою потужністю досить умовна.

Методи питомих показників найбільше широко застосовуються при проектуванні міського електропостачання. Звичайно використовують такі показники, як питома щільність навантаження на одиницю виробничої площі P_i , питомої витрати електроенергії на одиницю продукції ω_i тощо.

Визначення навантаження за методом Г.М. Каялова зводиться до побудови впорядкованих діаграм і обчисленню коефіцієнта максимуму.

Для розв'язання задачі визначення оптимальної кількості джерел електричної енергії для споживачів військових аеродромів необхідно провести аналіз досить великої кількості різномірних споживачів електроенергії, які працюють у різних режимах роботи. Тому визначення розрахункового сумарного навантаження для різних військових аеродромів є досить складною задачею. Використання для цих цілей наведених вище статистичних методів оцінки сумарного очікуваного навантаження обмежується тією обставиною, що в кожній аналізованій системі електропостачання склад

споживачів електричної енергії, режим їхньої роботи й умови навколишнього середовища можуть істотно відрізнятися від аналогічних показників раніше створених систем.

Очевидно, що в цьому випадку вихідними даними по очікуваному навантаженню споживачів можуть служити показники, що характеризують функціонування безпосередньо аналізованої системи.

Режими роботи споживачів і електроустановок для наочності дуже зручно відбивати графіками електричних навантажень, що представляють собою залежність величини спожитої потужності у функції часу. Пропонується для визначення розрахункових навантажень застосовувати розрахункові графіки електричних навантажень, побудовані з використанням стохастичної моделі [2].

Можна показати [3], що в загальному випадку процес функціонування систем електропостачання можна розглядати як найпростіший марковський процес випадкових подій.

Якщо встановлені очікувані середні значення інтенсивностей λ_{kr} (k – умовний індекс споживача електроенергії; r – умовний номер режиму роботи системи електропостачання) переходу споживачів електроенергії в робочий стан (інтенсивність вмикання) і середнє значення очікуваної тривалості робочого циклу k -го споживача T_{kr} , то, виходячи з системи рівнянь Колмогорова для безперервного марковського кола, можна визначити ймовірність знаходження розроблювальної системи в можливих з погляду навантаження станах:

$$\begin{cases} \left[s + \sum_{r=1}^n \lambda_{kr} \right] P_{0r}(t) - \sum_{r=1}^n \mu_{kr} P_{kr}(t) = 0 \\ \left[s + \mu_{kr} + \sum_{a=1, a \neq k}^n \lambda_{ar} \right] P_{kr}(t) - \lambda_{kr} P_{0r}(t) - \sum_{a=1, a \neq k}^n \mu_{ar} P_{ar}(t) = 0 \\ \left[s + \sum_{i=k, a, i \neq n}^n \mu_{ir} + \sum_{e=1, e \neq k, a}^n \lambda_{er} \right] P_{kra}(t) - \sum_{i=a, k, j=k, a}^n \lambda_{ir} P_{jr}(t) - \sum_{e=1, e \neq k, a}^n \mu_{er} P_{kra}(t) = 0 \\ \dots \\ \left[s + \sum_{k=1}^n \mu_{kr} \right] P_{\sum_{k=1}^n kr}(t) - \sum_{k=1}^n \lambda_{kr} P_{\sum_{k=1}^n kr}(t) = 0, \end{cases}$$

де $\mu_{kr} = \frac{1}{T_{kr}}$ – величина, зворотна середньому значенню очікуваної тривалості робочого циклу k -го споживача в r -му режимі роботи;

$P_{kr}(t)$ – імовірність знаходження k -го споживача в робочому стані при розглянутому r -му режимі роботи проектованої системи;

$P_{nr}(t)$ – імовірність одночасного знаходження в робочому стані всіх N_{ad} споживачів при розгляну-

тому r -му режимі роботи системи.

Розв'язання даної системи дозволяє визначити показники ймовірності P_{kr} ($k = 1, 2, \dots, 12, 13, \dots$) можливих станів (працює споживач 1, споживач 2, споживачі 1 і 2 і т.д.) аналізованої системи електропостачання. Це дає можливість при заданих значеннях очікуваної тривалості T_r можливих режимів роботи аналізованої системи визначити очікуваний час знаходження системи в цих станах $T_{kr} = P_{kr} T_r$. На під-

ставі отриманих оцінок може бути побудований графік навантаження проекрованої системи електропостачання. Приклад побудови такого графіка для енергетичної системи наведений на рис. 1.

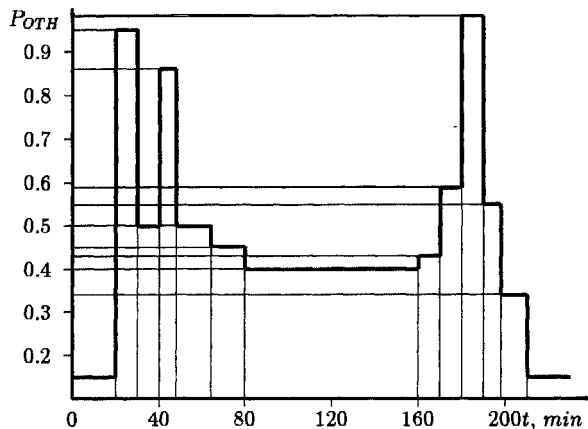


Рис. 1. Графік навантаження системи електропостачання

Отриманий графік може розглядатися як частковий графік очікуваного навантаження аналізованої системи електропостачання, тобто як деяка реалізація випадкового процесу. Відповідно до відомих положень теорії навантажень, сумарне навантаження в системі можуть бути охарактеризоване очікуваним середнім навантаженням $S_r(h)$ і середнім квадратичним відхиленням $\sigma(h)$ величини $S_r(t)$ від $S_r(h)$, де h – тривалість досягнення в елементах системи сталого теплового режиму та може бути використано для розв'язання задачі визначення оптимальної кількості джерел електричної енергії для споживачів військових аеродромів. Так, за графіком навантаження в подальшому може бути визначене максимальне річне навантаження, кількість електроенергії, споживаної за рік, середньорічне навантаження,

тривалість використання максимального навантаження і коефіцієнт навантаження.

ВИСНОВКИ

При розробці систем електропостачання об'єктів, режими роботи яких істотно відрізняються від аналогічних показників раніше створених систем, застосування традиційних методів розрахунку навантаження, точність отриманих результатів може виявитися неприпустимо низькою.

В статті пропонується метод розрахунку, оснований на використанні стохастичної моделі споживання електричної енергії, який дозволяє урахувати особливості функціонування конкретного об'єкту та визначити необхідні показники з необхідною точністю.

Список літератури

1. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования: учеб. пособие для вузов / Д.И. Батищев. М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.
2. Веников Г.В. Подобие стохастически определенных физических систем // Известия АН СССР. Сер. "Энергетика и транспорт". – 1978. – № 1. – С. 136-142.
3. Лазарев И.А. Синтез структуры систем электроснабжения летательных аппаратов / И.А. Лазарев. – М.: Машиностроение, 1976. – 254 с.
4. Проектирование систем электроснабжения: учеб. пособ. / В.Н. Винославский, А.В. Праховник, Ф. Клепель, У. Бутц; пер. с нем. – К.: Вища школа, 1981. – 340 с.
5. Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Проектирование: учеб. пособ. для вузов / Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин. – Мн.: Выш. школа, 1988. – 180 с.

Надійшла до редколегії 11.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ВОЕННЫХ АЭРОДРОМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Г.И. Лагутин, В.Н. Лисенко

Предлагается способ определения расчетной нагрузки военного аэродрома на этапе ее проектирования, основанный на использовании стохастической модели. Предлагается рассматривать процесс функционирования системы электроснабжения как самый простой марковский процесс случайных событий. Это дает возможность найти расчетную нагрузку для объектов, режимы работы которых существенно отличаются от аналогичных показателей ранее созданных систем.

Ключевые слова: военный аэродром, система электроснабжения, расчетная нагрузка, стохастическая модель.

FEATURES OF DETERMINATION OF CALCULATION LOADING OF THE SOLDIERY AIR FIELDS WITH THE USE OF STOCHASTIC MODEL

G.I. Lagutin, V.N. Lisenko

The method of determination of the calculation loading of the military air field is offered on the stage of its planning, based on the use of stochastic model. It is suggested to examine the process of functioning of the system of power supply as simplest Markov process of random events. It enables to find the calculation loading for objects, the modes of operations of which substantially differ from the analogical indexes of the before created systems.

Keywords: military air field, system of power supply, calculation loading, stochastic model.