

3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

У практиці проектування систем електропостачання застосовують різні методи визначення електричних навантажень, які підрозділяють на **основні й допоміжні**. У першу групу входять методи розрахунку по:

- установленій потужності й коефіцієнту попиту;
- середній потужності й відхиленню розрахункового навантаження від середньої (статистичний метод);
- середній потужності й коефіцієнту форми графіка навантажень;
- середній потужності й коефіцієнту максимуму (метод упорядкованих діаграм).

Друга група містить у собі методи розрахунку за:

- питомою витратою електроенергії на одиницю продукції при заданому об'ємі випуску продукції за певний період часу;
- питомим навантаженням на одиницю виробничої площі.

Застосування того або іншого методу визначається допустимою погрішністю розрахунків. При проведенні укрупнених розрахунків (зокрема, на стадії проектного завдання) користуються методами, що базуються на даних про сумарну встановлену потужність окремих груп приймачів – відділення, цеху, корпусу. Методи, засновані на використанні даних про одиничні приймачі, відносять до найбільш точних.

Метод коефіцієнта попиту. Для визначення розрахункових навантажень по цьому методу необхідно знати встановлену потужність $P_{НОМ}$ групи приймачів і коефіцієнти потужності $\cos \varphi$ і попиту $K_{П}$ даної групи, що визначаються по довідникам.

Розрахункове навантаження групи однорідних по режиму роботи приймачів визначають по формулах:

$$\begin{aligned}P_P &= K_{П} \cdot P_{НОМ}; \\Q_P &= P_P \cdot \operatorname{tg} \varphi; \\S_P &= \sqrt{P_P^2 + Q_P^2},\end{aligned}$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ відповідає $\cos \varphi$ даної групи приймачів.

Розрахункове навантаження вузла системи електропостачання, що містить групи приймачів електроенергії з різними режимами роботи, визначають із урахуванням різночасності максимумів навантаження окремих груп:

$$S_P = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{P,i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{P,i}\right)^2} \cdot K_{P.M},$$

де $\sum_{i=1}^n P_{P,i}$ – сума розрахункових активних навантажень окремих груп ЕП;

$\sum_{i=1}^n Q_{P,i}$ – сума розрахункових реактивних навантажень окремих груп ЕП;

$K_{P.M}$ – коефіцієнт різночасності максимумів навантажень окремих груп.

Значення $K_{p,m}$ можна приблизно приймати рівним 0,9. При цьому сумарне розрахункове навантаження вузла системи електропостачання не повинна бути менше його середнього навантаження.

Визначення розрахункового силового навантаження по встановленій потужності й коефіцієнту попиту є наближеним методом розрахунку, тому його застосування рекомендують для попередніх розрахунків і визначення загальнозаводських навантажень.

Статистичний метод розрахунку навантажень. По цьому методу розрахункове навантаження групи приймачів визначають двома інтегральними показниками: середнім навантаженням $P_{сер,T}$ і середньоквадратичним відхиленням $\sigma_{сер,T}$ з рівняння:

$$P_{p,T} = P_{сер,T} \pm \beta \cdot \sigma_{сер,T},$$

де β – прийнята кратність міри розсіювання, а індекс T вказує на відношення величини до тривалості інтервалу осереднення навантаження.

Для групового графіка середнє навантаження при досить великому m дорівнює

$$P_{сер,T} = (p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_m) / m,$$

де m – число відрізків тривалістю $T = 3T_0$ (протягом якої нагрівання розглянутої струмоведучої частини може майже досягти сталого значення; T_0 – постійна часу нагрівання провідника), на яке розбитий груповий графік навантаження, побудований для досить тривалого періоду часу.

Середньоквадратичне відхилення для групового графіка навантажень визначають за формулою:

$$\sigma_{сер,T} = \sqrt{(p_1 - P_{сер,T})^2 + (p_2 - P_{сер,T})^2 + \dots + (p_m - P_{сер,T})^2} / m.$$

Статистичний метод дозволяє визначати розрахункове навантаження з будь-якою прийнятою ймовірністю її появи. Застосування цього методу доцільно для визначення навантажень по окремим групам і вузлам приймачів електроенергії напругою до 1 кВ.

Визначення розрахункового навантаження по середній потужності й коефіцієнту форми. В основі методу лежить рівність розрахункового й середньоквадратичного навантажень. Для груп приймачів з повторно-короткочасним режимом роботи прийняте допущення справедливе у всіх випадках. Воно прийнятно також для груп приймачів із тривалим режимом роботи, коли число приймачів у групі досить велике й відсутні потужні приймачі, здатні змінити рівномірний груповий графік навантажень.

Даний метод може застосовуватися для визначення розрахункових навантажень цехових шинопроводів, на шинах нижчої напруги цехових трансформаторних підстанцій, на шинах РП напругою 10 кВ, коли значення коефіцієнта форми перебувають у межах 1–1,2. Розрахункове навантаження групи приймачів визначають із виразів:

$$P_p = K_{\phi,a} \cdot P_{\text{сер.М}};$$

$$Q_p = K_{\phi,p} \cdot Q_{\text{сер.М}} = K_{\phi,p} \cdot P_{\text{сер.М}} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad \text{або} \quad Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi;$$

Значення коефіцієнта $K_{\phi,a}$ досить стабільні для цехів і заводів з малозмінною продуктивністю. Тому при проектуванні коефіцієнт форми приймають за експериментальним даними, отриманим для діючих підприємств із аналогічною технологією. У випадку відсутності експериментальних даних можна приймати $K_{\phi,a} = 1,1-1,2$. При цьому найменші значення відповідають вищим ступеням системи електропостачання.

Середні навантаження за найбільш завантажену зміну $P_{\text{сер.М}}$ і $Q_{\text{сер.М}}$ для визначення розрахункового навантаження за коефіцієнтом форми визначають будь-яким зі способів: по встановленій потужності й коефіцієнту використання; по питомій витраті електроенергії на одиницю продукції й кількості продукції, що випускається за зміну; в умовах експлуатації – за показниками лічильників активної й реактивної енергії.

Метод упорядкованих діаграм. По цьому методу розрахункове активне навантаження приймачів електроенергії на всіх ступенях живильних і розподільних мереж (включаючи трансформатори й перетворювачі) визначають по середній потужності й коефіцієнту максимуму з виразу:

$$P_p = K_M \cdot P_{\text{сер.М}} = K_M \cdot K_{\text{ВИК}} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.і}}$$

Значення коефіцієнта максимуму залежить від коефіцієнта використання $K_{\text{ВИК}}$ даної групи приймачів і ефективного числа приймачів $n_{\text{еф}}$. Під **ефективним числом приймачів** групи різних по номінальній потужності й режиму роботи приймачів розуміють число однорідних по режиму роботи приймачів однакової потужності, що обумовлює те ж розрахункове навантаження, що й дана розглянута група різних по номінальній потужності й режиму роботи приймачів:

$$n_{\text{еф}} = \left(\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.і}} \right)^2 / \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.і}}^2$$

Коефіцієнт максимуму можна визначати за спеціальними кривими (діаграмами) таблицями, наведеним в довідниках.

Розрахункове реактивне навантаження за цим методом приймають рівним:

$$\text{при } n_{\text{еф}} \leq 10 \quad Q_p = 1,1 Q_{\text{сер.М}};$$

$$\text{при } n_{\text{еф}} > 10 \quad Q_p = Q_{\text{сер.М}};$$

У методі впорядкованих діаграм прийнята припустима для інженерних розрахунків погрішність, рівна 10 %. Однак на практиці застосування цього методу обумовлює погрішність 20–40 %, і тому застосування його вимагає ретельного аналізу вихідних даних і результатів розрахунку.

Метод питомої витрати електроенергії на одиницю продукції.

Ряд приймачів електроенергії характеризується незмінними або малозмінними графіками навантажень. До таких ЕП відносять електроприводи вентиляторів, насосів, перетворювальних агрегатів електролізних установок, печі опору, ЕП паперової й хімічної промисловості, поточно-транспортних систем.

Для приймачів з незмінним в часі навантаженням розрахункове навантаження збігається із середнім за найбільш завантажену зміну й може бути визначене за питомою витратою електроенергії на одиницю продукції при заданому обсязі випуску продукції за певний період часу:

$$P_p = P_{\text{сер.м}} = E_{\text{пит}} \cdot N_{\text{зм}} / T_{\text{зм.м}},$$

де $E_{\text{пит}}$ – питома витрата електроенергії на одиницю продукції, кВт·год;

$N_{\text{зм}}$ – кількість продукції за зміну (продуктивність установки за зміну);

$T_{\text{зм.м}}$ – тривалість найбільш завантаженої зміни, год.

При наявності даних про питоми витрати електроенергії на одиницю продукції в натуральному вираженні $E_{\text{пит}}$ і річному обсязі випуску продукції $N_{\text{рік}}$ цеху (підприємства) розрахункове навантаження визначають по формулі

$$P_p = E_{\text{пит}} \cdot N_{\text{рік}} / T_{\text{мах.ц}},$$

де $T_{\text{мах.ц}}$ – число годин використання максимуму активного навантаження цеху (приймається по галузевим інструкціям і довідковим даним).

Метод питомого навантаження на одиницю виробничої площі застосовують при проектуванні універсальних мереж машинобудування, для яких характерна велика кількість приймачів малої та середньої потужності, що рівномірно розподілені по площі цеху. Універсальні мережі виконують магістральними шинопроводами й прокладають із урахуванням можливих переміщень технологічного устаткування.

Розрахункове навантаження групи приймачів визначають за формулою:

$$P_p = p_{\text{пит}} F,$$

де $p_{\text{пит}}$ – питома розрахункова потужність на 1 м² виробничої площі, кВт/м²;

F – площа розміщення приймачів групи, м².

Питоме навантаження визначають за статистичним даними. Значення його залежить від роду виробництва, площі цеху, що обслуговується магістральним шинопроводом, і змінюється в межах 0,06–0,6 кВт/м².

Розглянутий метод розрахунку доцільно застосовувати для визначення розрахункового навантаження на стадії проектного завдання при техніко-економічному порівнянні варіантів, а також для інших орієнтовних розрахунків.