

2 ПРИЙМАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Електроприймачем називається апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інші види енергії.

Приймачі електроенергії розподіляються на такі групи:

1. Приймачі трифазного струму напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
2. Приймачі трифазного струму напругою вище 1000 В, частотою 50 Гц;
3. Приймачі однофазного струму напругою до 1000В, частотою 50 Гц;
4. Приймачі, що працюють з частотою, відмінною від 50 Гц, і живляться від перетворювальних підстанцій і установок;
5. Приймачі постійного струму, що живляться від перетворювальних підстанцій і установок.

Систематизацію споживачів електричної енергії і їхніх навантажень здійснюють за наступними основними експлуатаційно-технічними ознаками: виробничим призначенням; виробничими зв'язками; режимами роботи; потужністю і напругою; родом струму; необхідним ступенем надійності живлення; територіальним розміщенням; щільністю навантаження; стабільністю розташування електроприймачів. Однак при визначенні електричних навантажень досить систематизувати споживачів електричної енергії за режимами роботи, потужністю, напругою, родом струму і необхідним ступенем надійності живлення, вважаючи інші ознаки допоміжними.

2.1 Класифікація приймачів електроенергії

За **режимами роботи** всі споживачі можна розподілити на ряд груп, для яких передбачаються три режими роботи: *тривалий*, при якому приймач може працювати тривалий час, причому перевищення температури окремих частин апарата не виходить за межі, встановлені нормативною документацією; *короткочасний*, при якому робочий період не настільки тривалий, щоб температура окремих частин апарата могла досягти сталого значення, період зупинки настільки тривалий, що апарат встигає остигнутих до температури навколишнього середовища; *повторно-короткочасний*, при якому робочі періоди чергуються з періодами пауз, а тривалість всього циклу не перевищує 10 хв., нагрівання не перевершує припустимого, а при охолодженні не досягає температури навколишнього середовища.

У тривалому режимі працює більшість електричної двигунів, які обслуговують основні технологічні агрегати і механізми. З тривалістю роботи від декількох годин до декількох змін підряд, з досить високим, незмінним або маломінливим навантаженням працюють електроприводи вентиляторів, насосів, компресорів та ін. Довгостроково, але з перемінним навантаженням і короткочасними відключеннями, за час яких електричної двигун не встигає остигнути до температури навколишнього середовища, а тривалість циклів перевищує 10 хв., працюють електричні двигуни, що обслуговують верстати холодної обробки металів, деревообробні верстати, молоти, преси та ін.

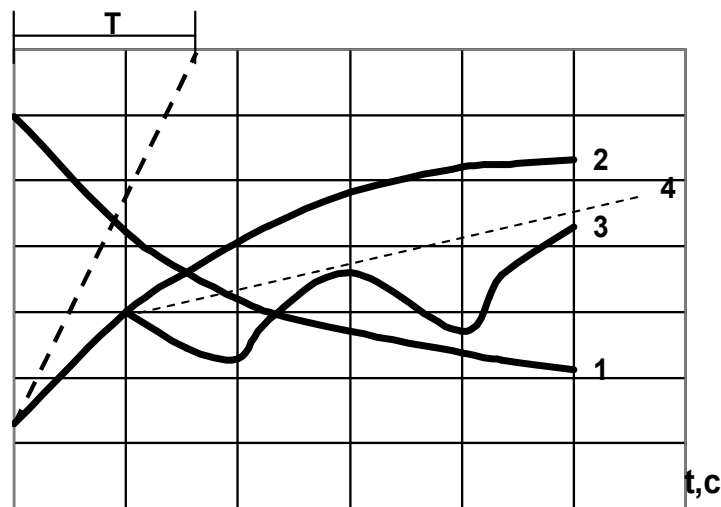


Рис.2- Криві нагрівання й охолодження

- 1- охолодження; 2- тривалий режим;
- 3- крива нагрівання при повторно-короткочасному режимі;
- 4- рівень нагрівання при повторно-короткочасному режимі.

У короткочасному режимі працює більшість електричних приводів допоміжних механізмів металорізальних верстатів, а також механізмів для відкривання гідравлічних затворів, усякого роду заслінок та ін.

У повторно-короткочасному режимі працюють електричні двигуни мостових кранів, тельферів, підйомників і аналогічних їм установок, допоміжних і деяких головних приводів. До цієї групи відносяться також зварювальні апарати, що працюють з постійними великими кидками потужності.

Нагрівальні апарати і електропечі працюють у тривалому режимі з постійним або маломінливим навантаженням. Особливістю режиму роботи електричного освітлення є різка зміна і сталість навантаження при включенні і зміні режиму роботи.

У житлових будинках до них відносяться: ліфти, пожежні насоси, системи автоматичного димовидалення, аварійне освітлення коридорів, вестибюлів, холів і сходових кліток будинків висотою 16 поверхів і більше, загороджувальні вогні, встановлювані на дахах будинків висотою більше 50 м. До першої категорії також відносяться: електроприймачі спеціального призначення незалежно від поверховості будинків – це вбудовані автоматичні телефонні станції, станції перекачування фекальних вод, опорно-підсилювальні пункти і блоки-станції радіотрансляції, водопровідні й каналізаційні вузли, приймачі будинків масового скупчення людей (театри, кіно, клуби та ін), приймачі особливих лікувальних установ – операційних залів, родильних будинків, пунктів невідкладної допомоги, у промисловості - споживачі, перерва в електропостачанні яких може викликати небезпеку для життя людей або значний матеріальний збиток, пов'язаний з пошкодженням устаткування, масовим браком продукції або тривалим розладом складного технологічного процесу виробництва.

До другої категорії відносяться приймачі житлових будинків висотою від 6 до 16 поверхів, споживачі будинків будь-якої поверховості, в яких встановлені напідложні стаціонарні електроплити, а також електроприймачі адміністративно-громадських будинків, лікувальних і дитячих установ, шкіл і навчальних закладів. На промислових підприємствах до другої категорії належать приймачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з істотною невідпусткою продукції, простоем людей, механізмів, промислового транспорту.

За **потужністю і напругою** всі споживачі електричної енергії можна розподілити на дві групи: *споживачі великої потужності* (80 – 100 кВт і вище) на напругу 3-6-10 кВ, як одержують живлення безпосередньо від мережі 3-6-10 кВ. До цієї групи відносяться могутні печі опору й дугові печі для плавки чорних і кольорових металів, які живляться через власні трансформатори; *споживачі малої і середньої потужності* (нижче 80 – 100 кВт), живлення яких можливе й економічно доцільне тільки на напругу 380-660 В.

За **родом струму** всі споживачі електричної енергії можна розподілити на три групи: ті, що працюють від мережі *змінного струму промислової частоти*; ті, що працюють від *мережі змінного струму підвищеної або зниженої частоти*; ті, що працюють від *постійного струму*.

Основний род струму, на якому працює більшість електричних приймачів – змінний трифазний струм частотою 50 Гц.

Навантаження споживачів електричної енергії є основним параметром, за яким виконується вибір всіх елементів системи електричного постачання. Тому правильне визначення електричного навантаження необхідне при проектуванні й експлуатації електричних мереж.

2.2 Компенсація реактивної потужності

Коефіцієнтом потужності ($\cos \phi$) називають величину відношення активної потужності P до повної потужності S , що споживана установкою:

$$\cos \phi = P / S \quad (2.1)$$

Навантаження окремих приймачів змінюється за часом і, як наслідок цього, змінюється коефіцієнт потужності.

Величину $\cos \phi$ у даний момент можна визначити за показанням фазометра або за одночасними показаннями вимірювальних приладів: амперметра, вольтметра і ватметра, використовуючи співвідношення цих величин для трифазної системи струмів:

$$\cos \phi = P / \sqrt{3} UI \quad (2.2)$$

Реактивна потужність, що віддається джерелу живлення, проходячи по живильних проводах, нагріває їх, і в результаті, підвищується опір живильної лінії. Підвищення опору лінії призводить до збільшення втрат активної потужності в самій лінії.

Концентрація реактивної потужності в багатьох випадках економічно недоцільна з наступних причин:

1. При передачі значної реактивної потужності виникають додаткові втрати активної потужності й електроенергії у всіх елементах системи електропостачання, обумовлені завантаженням їх реактивною потужністю. Так, при передачі активної P і реактивної Q потужностей через елемент системи електропостачання з опором R втрати активної потужності складуть

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_A + \Delta P_P \quad (2.3)$$

2. Додаткові втрати активної потужності, викликані протіканням реактивної потужності й пропорційні її квадрату. Особливо істотні виникають додаткові втрати напруги в мережах районного значення. Так, при передачі потужності P і Q через елементи системи електропостачання з активним опором R і реактивним X втрати напруги складуть

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_P + \Delta U_Q \quad (2.4)$$

3. Завантаження реактивною потужністю системи промислового електропостачання і трансформаторів зменшує їхню пропускну здатність і вимагає збільшення перерізів проводів ліній, збільшення номінальної потужності або числа трансформаторів підстанції.

Основні причини низького коефіцієнта потужності в електроустановках такі:

недовикористання потужності механізмів технологічних, енергетичних, сантехнічних і транспортних машин і відповідно встановленої потужності електродвигунів і трансформаторів, їх неповне і нерівномірне навантаження за часом;

завищення встановленої потужності трансформаторів і електродвигунів при проектуванні;

робота на холостому ходу (ХХ) електродвигунів і трансформаторів;

наявність приймачів з великим індуктивним навантаженням (дугові електропечі, електрозварювання і ін.).

На промислових підприємствах зменшення споживаної реактивної потужності може бути досягнуто природним шляхом: поліпшенням режиму роботи приймачів, застосуванням двигунів більш досконалих конструкцій, усуненням їхнього недовантаження, вдосконаленням спеціальних компенсуючих пристроїв.

Основними споживачами реактивної потужності є асинхронні двигуни, трансформатори і вентиляльні перетворювачі, тому для зниження споживання установкою реактивної потужності необхідно всебічно аналізувати такі питання:

- заміна малонавантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності;

- зниження напруги у двигунах, що систематично працюють з малим навантаженням;

- обмеження холостого ходу двигунів і зварювальних трансформаторів;

- застосування синхронних двигунів замість асинхронних у випадку, коли це можливо за умовами технологічного процесу;
- застосування синхронізованих асинхронних двигунів;
- застосування найбільш доцільної силової схеми і системи керування вентильного перетворювача.

2.3 Заміна малонавантажених двигунів двигунами меншої потужності

Реактивна потужність, що споживається асинхронним двигуном, залежить від його технічних даних і коефіцієнта завантаження. При номінальному завантаженні і номінальній напрузі асинхронний двигун споживає реактивну потужність

$$Q_{ном} = \frac{P_{ном}}{\eta} \operatorname{tg} \phi_{ном}, \quad (2.5)$$

де η – коефіцієнт корисної дії при повному завантаженні.

Реактивна потужність, споживана двигуном з мережі на холостому ході, може бути визначена як

$$Q_x \approx \sqrt{3} U_{ном} I_x. \quad (2.6)$$

Для двигуна з номінальним коефіцієнтом потужності $\cos \varphi = 0,91 - 0,93$ реактивна потужність ХХ становить близько 50% реактивної потужності при номінальному завантаженні двигуна. Для двигуна з $\cos \varphi = 0,77 - 0,79$ вона досягає 70%.

Збільшення споживання реактивної потужності при повному завантаженні двигуна в порівнянні зі споживанням на ХХ (холостому ході)

$$\Delta Q_{ном} = Q_{ном} - Q_x \approx \frac{P_{ном}}{\eta} \operatorname{tg} \phi_{ном} - \sqrt{3} U_{ном} I_x \quad (2.7)$$

При завантаженні асинхронного двигуна менше номінальної нагрзуки, приріст споживання реактивної потужності в порівнянні з приростом на ХХ пропорційний квадрату коефіцієнта завантаження двигуна:

$$\Delta Q = k_3^2 \Delta Q_{ном}, \quad (2.8)$$

де $k_3 = P/P_{ном}$ – коефіцієнт завантаження двигуна.

Реактивна потужність, споживана двигуном при довільному завантаженні, складає

$$Q = Q_X + \Delta Q_{ном} k_3^2. \quad (2.9)$$

Коефіцієнт потужності асинхронного двигуна при довільному завантаженні $P = k_3 P_{ном}$ знаходимо з

$$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{Q_X + k_3^2 \Delta Q}{k_3 P_{ном}} \right)^2}}. \quad (2.10)$$

Коефіцієнт потужності двигуна зменшується при зменшенні його завантаження. Так, якщо при 100% завантаженні $\cos \phi = 0,8$, то при 50% завантаженні він дорівнює 0,65, а при 30% – 0,51. Тому заміна систематично малонавантажених двигунів двигунами меншої потужності сприяє підвищенню коефіцієнта потужності електроустановок. Заміна двигуна повинна зменшувати сумарні втрати активної потужності як в енергосистемі, так і в приймачі. Сумарні втрати визначаються як

$$\Delta P_{сум} = k_{з.в.} Q + \Delta P, \quad (2.11)$$

де ΔP – повні втрати активної потужності в двигуні, $k_{з.в.}$ – коефіцієнт зміни втрат, кВт/квар, задається підприємству енергосистемою або приймається за довідковими даними. Коефіцієнт зміни втрат $k_{з.в.}$ чисельно дорівнює питомому зниженню втрат активної потужності у всіх елементах системи електропостачання (від джерела живлення до місць споживання електроенергії), отриманому при зменшенні переданої підприємству реактивної потужності. Як показали розрахунки, найменше значення $k_{з.в.}$ дорівнює приблизно 0,02 кВт/квар для трансформаторів, приєднаних безпосередньо до шин станції, а найбільше значення $k_{з.в.}$ дорівнює 0,15 для трансформаторів 10-6/0,4 кВ, що живляться від районних мереж.

Більш зручно сумарні втрати розраховувати за виразом

$$\Delta P_{\text{сум}} = [Q_X (1 - k_3^2) + k_3^2 Q_{\text{ном}}] \cdot k_{3.в.} + \Delta P_X + k_3^2 \Delta P_{a,\text{ном}}, \quad (2.12)$$

$$\text{де } \Delta P_X = P_{\text{ном}} \left(\frac{1 - \eta}{\eta} \right) \frac{k_{\text{дв}}}{1 + k_{\text{дв}}} \quad (2.13)$$

– втрати активної потужності при ХХ двигуна, кВт;

$$\Delta P_{a,\text{ном}} = P_{\text{ном}} \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot \frac{1}{k_{\text{дв}} + 1} - \text{приріст втрат активної потужності в}$$

двигуні при 100% завантаженні, кВт;

$k_{\text{дв}} = \Delta P_X / \Delta P_{a,\text{ном}}$ - розрахунковий коефіцієнт, що залежить від конструкції двигуна і дорівнює

$$k_{\text{дв}} = \frac{\Delta P_X \%}{(100 - \eta\%) - \Delta P_X \%}. \quad (2.14)$$

Тут $\Delta P_X \%$ – втрати ХХ,% активної потужності, споживаної двигуном при завантаженні 100%.

Рядом робіт показано, що якщо середнє завантаження двигуна менше 45% номінального значення його потужності, то заміна двигуна менш потужним завжди доцільна і перевірка розрахунками не потрібна. При завантаженні двигуна більше 70% номінальної потужності можна вважати, що заміна його в загальному випадку недоцільна. При завантаженні в межах 45-70% треба виконувати перевірочні розрахунки, і заміна доцільна при достатньому зменшенні сумарних втрат активної потужності.