

ВСТУП

Електроенергетика є базовою галуззю економіки України. Надійне й ефективне її функціонування, безперебійне постачання споживачів – основа поступального розвитку економіки країни і невід’ємний фактор забезпечення цивілізованих умов життя всіх її громадян.

Електроенергетичний потенціал України повністю покриває потреби народного господарства і населення країни, а також експорт електроенергії. Виробництво електроенергії є високотехнологічним, цілком автоматизованим процесом, при якому в електроенергетичній системі України синхронно працюють сотні потужних генераторів електричних станцій. Вироблювана ними електроенергія безупинно перетворюється на напруги різних рівнів, необхідних для передачі, розподілу і споживання. Розподільні системи перетворення та передачі електроенергії (трансформаторні підстанції і лінії електропередачі) за потужністю в кілька разів перевищують сумарну потужність електродвигунів джерел, і також працюють строго погоджено за багатьма електричними параметрами.

Характерною рисою електроенергетики, що визначає специфіку її роботи, є нерозривність процесу виробництва, передачі й споживання електроенергії, оскільки вона використовується безпосередньо в момент її вироблення і не може бути складована як інші енергоносії.

Безперервність процесу електропостачання споживачів забезпечується тільки при постійному балансі вироблюваної і споживаної електроенергії і потужності, що безупинно міняється (за часом доби, днем тижня, сезоном). Від ступеня збалансованості вироблюваної і споживаної електроенергії і потужності залежить частота електричного струму, що є однаковою для всієї України. При нестачі палива або електродвигунів потужностей, щоб уникнути розвалу роботи енергетичної системи України і припинення електропостачання споживачів використовують змушене відключення надлишкової частини споживачів електричної енергії і потужності для того, щоб зберегти стійкість роботи енергосистеми. Забезпечення безперервного електропостачання споживачів особливо важливо, оскільки збиток (економічний, соціальний, оборонний) від порушення електропостачання в десятки разів перевищує втрати від руйнування пошкодженого устаткування.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Основні терміни та визначення

Електроустановка – сукупність машин, апаратів, ліній і допоміжного устаткування, які призначені для виробництва, перетворення, передачі і розподілу електричної енергії.

Приймач електричної енергії (електроприймач) – апарат, механізм або агрегат, який призначений для перетворення електричної енергії в інші види енергії.

Споживач електричної енергії – електроприймач або група електроприймачів, які об'єднані технологічним процесом і розташовані на певній території.

Трансформаторна підстанція – електроустановка, призначена для прийняття, перетворення і розподілу електричної енергії. Складається з трансформаторів, розподільних пристроїв, пристроїв керування, релейного захисту і автоматики, а також допоміжних споруд.

Розподільний пристрій – частина підстанції або окремий пристрій, що призначений для прийому і розподілу електричної енергії, який складається з комутаційних апаратів, шин, пристроїв захисту і автоматики та ле.

Електропостачання – процес забезпечення споживачів електричною енергією.

Система електропостачання – сукупність комплектів електротехнічного устаткування, призначеного для забезпечення споживачів електричною енергією.

Електрична мережа – сукупність електроустановок для передачі і розподілу електричної енергії, яка складається із підстанцій, розподільних пристроїв, струмопроводів, повітряних і кабельних ліній електропередачі, які працюють на певній території.

Енергетична система – сукупність електростанцій і мереж сполучених між собою і зв'язаних загальним режимом в безперервному процесі виробництва, перетворення і розподілу електричної енергії.

Об'єднана енергосистема – сукупність енергетичних систем, об'єднаних загальним режимом роботи.

Єдина енергосистема – сукупність об'єднаних енергосистем, що охоплюють всю територію країни при загальному режимі роботи.

1.2 Загальні відомості про виробництво, передачу, розподіл та споживання електричної енергії

Перші електростанції в Україні (Київ, Костянтинівка, Катеринослав, Львів) були введені в експлуатацію в 1890 році. В 1913 р.

потужність електростанцій України становила 304,3 тис кВт і було вироблено за рік 543 млн. кВт·год електричної енергії.

У Радянській Росії в 1920 р. було вироблено близько 0,5 млрд. кВт годин електроенергії. У тому ж 1920 р. був розроблений план електрифікації Росії ГОЕЛРО, який передбачав спорудження 30-ти потужних районних електростанцій загальною потужністю 1,75 млн. кВт з виробництвом електроенергії до 8 млрд. кВт годин на рік.

План ГОЕЛРО передбачав, зокрема, будівництво 4 теплових електростанцій на Донбасі і Дніпрогесу у Запоріжжі.

З перших днів існування радянської енергетики розпочалося об'єднання дрібних районних електростанцій в енергосистеми. Перші енергосистеми були утворені на базі ліній електропередачі напругою 35 і 110 кВ.

Пізніше були створені енергосистеми на базі ліній електропередачі напругою 150 і 220 кВ, далі 330, 500, 750 кВ.

У 1935 році створено Донбаську, Дніпровську і Харківську енергетичні системи.

У 1961 році збудовано першу в Україні ЛЕП-330 кВ Кременчуг-Черкасси-Київ.

У 1962 році збудовано першу в світі лінію електропередачі постійного струму Волгоград-Донбас з напругою 800 кВ протяжністю 473 км.

Станом на 1965 рік в Україні працювало близько 1600 малих ГЕС. Сформована цілісна енергетична система України.

У 1970 році введено в експлуатацію першу в СРСР Київську гідроакumuлюючу електростанцію потужністю 225 МВт.

У 1975 році завершено будівництво каскаду Дніпровських гідроелектростанцій. В цьому ж році розпочато будівництво Південно Українського енергетичного комплексу

У 1991 році загальна довжина електричних мереж України перевищила 1 млн. км.

У 1995 році завершено спорудження найбільшої в Європі Запорізької АЕС потужністю 6 млн кВт.

Електроенергетична система (ЕЕС) України до 1991 року входила до складу єдиної енергетичної системи СРСР у вигляді об'єднаної енергосистеми «Південь». Після 1991 року, із розпадом СРСР, енергосистема України якийсь час працювала у складі енергосистеми Росії. Далі енергосистема України працювала в автономному режимі. В цей час відбулося ряд кризових явищ, які супроводжувалися відключенням ряду генераторних потужностей. На той час гостро стояли проблеми із підтримки рівня напруги і частоти, збереження статичної і динамічної стабільності системи.

Оскільки енергосистеми Росії і України знаходяться в безпосередній близькості, а в деяких випадках навіть перетинаються, то

за економічною доцільністю вони знову були об'єднані в загальну систему і зараз працюють паралельно.

На сьогодні всі сільські райони України повністю електрифіковані. Сучасні сільськогосподарські підприємства використовують електроенергію для механізації виробничих процесів, водопостачання, первинної обробки сільськогосподарської продукції, для створення мікроклімату тощо.

На сучасному етапі розвитку електрифікації сільського господарства, при використанні тваринницьких комплексів промислового типу, птахофабрик, тепличних комбінатів, заводів із виготовлення кормів, всяке відключення споживачів від джерела живлення, як планове, так і непередбачене (аварійне) завдає значних збитків споживачам і самій енергосистемі.

Оскільки будівництво сільських електричних мереж можна вважати завершеним, основним завданням підприємств енергопостачання є забезпечення якості електроенергії і високої надійності електропостачання сільських споживачів.

Одним із шляхів вирішення цього завдання є проведення реконструкції сільських електричних мереж, впровадження сучасних електричних апаратів та пристроїв та сучасних технологій транспортування електроенергії.

1.3 Джерела електричної енергії. Передача та розподіл електроенергії

Для виконання будь-якої роботи треба витратити певну кількість енергії. Людина у своїй діяльності використовує різні види енергії, але на сьогодні найбільш поширено використовується електрична енергія. Її виробляють на електричних станціях перетворенням теплової, механічної або хімічної енергії природних джерел, насамперед палива (вугілля, нафти, газу, торфу, сланців та ле). Крім того в якості джерела енергії може використовуватися вітер, сонячна енергія, морські припливи, але такі електростанції мають малу потужність і їх застосування обмежене.

Значного поширення на даному етапі розвитку людства набули електростанції в яких використовуються атомна енергія. Атомні електростанції є різновидом теплових електростанцій, в яких джерелом енергії є ядерне паливо: уран-233, уран-235, плутоній-239.

В залежності від енергоносія, який використовується для живлення первинного двигуна розрізняють теплові, гідравлічні та атомні електростанції.

На сьогодні в Україні на атомних, теплових і гідроелектростанціях виробляється електричної енергії близько 180...200 млрд. кВт год на рік.

На чотирьох АЕС (13...15 енергоблоків) виробляється до 90 млрд. кВт год на рік (близько 50 %).

Решта електроенергії виробляється на 44 ТЕС (ТЕЦ) – до 70 млрд. кВт год на рік (40%), і на 10 ГЕС – 14 млрд. кВт год на рік (7%). До 3% електроенергії виробляється на малопотужних комунальних ТЕЦ.

На Запорізькій АЕС генерується до 50 % електроенергії від загального обсягу електроенергії, яку виробляється на всіх АЕС України (до 25% від загальної кількості виробленої в Україні електроенергії).

Атомні електростанції:

- 2 Запорізька АЕС (6 енергоблоків, до 42 млрд. кВт год на рік);
- 3 Південноукраїнська АЕС (3 ен.блоки, до 18 млрд. кВт год на рік);
- 4 Рівненська АЕС (3+1 енергоблоки, до 12 млрд. кВт год на рік);
- 5 Хмельницька АЕС (2 енергоблоків, до 7 млрд. кВт год на рік).

Теплові електростанції:

- Запорізька державна районна електростанція (ДРЕС), встановлена потужність 3600 МВт;
- Вуглегірська ДРЕС, встановлена потужність 3600 МВт;
- Криворізька ДРЕС, встановлена потужність 3000 МВт;
- Старобешевська ДРЕС, встановлена потужність 2300 МВт;
- Зміївська ДРЕС, встановлена потужність 2400 МВт;
- Ладижинська ДРЕС, встановлена потужність 1800 МВт.

Гідроелектростанції:

Київська ГЕС, Київська ГАЕС, Кременчуцька ГЕС, Дніпродзержинська ГЕС, Дніпровська ГЕС 1, Дніпровська ГЕС 2, Каховська ГЕС, Дністровська ГЕС – встановлена потужність 3940 + 700 МВт. Продовжується будівництво Ташлицької ГАЕС (потужність 906/1378МВт).

У 2006 році Україна експортувала до країн Східної та Центральної Європи близько 5 млрд. кВт год, а до країн СНД – 6 млрд. кВт год.

На електростанціях України виробляється трифазна змінна напруга частотою 50 Гц. Генератори потужних електростанцій виробляють електроенергію напругою 6,3...21 кВ. Напруга основних споживачів електроенергії не перевищує 380...660 В. Електропостачання сільських споживачів здійснюється через електричні мережі, які живляться від енергосистеми (об'єднаної енергосистеми) яка об'єднує велику кількість електростанцій.

Електроенергія від енергосистеми до споживача передається на значні відстані, що супроводжується втратою потужності:

$$\Delta P = I^2 r_0 l, \quad (1.1)$$

де I – струм трифазної системи, А;
 r_0 – опір 1 км проводу, Ом;
 l – довжина лінії електропередачі, км.

Струм трифазної системи:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} , \quad (1.2)$$

де P – потужність, кВт;
 U – напруга, кВ;
 $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

Як видно із (1.2), підвищуючи напругу в мережі можна збільшувати потужність, що передається при незмінному струмі. А при незмінній потужності із збільшенням напруги зменшується сила струму. З цього слідує, що без збільшення втрати потужності в лінії можна значно збільшити довжину ліній електропередачі.

При передачі електроенергії на значні відстані доводиться підвищувати напругу на підвищувальних трансформаторних підстанціях. Для живлення споживачів на зниженій напрузі споруджують ряд знижувальних підстанцій.

Знижувальні трансформаторні підстанції розподіляються на **районні** та **споживчі**. На районних підстанціях електрична енергія з напруги 35...500 кВ знижується до напруги 6...110 кВ і передається в розподільчі мережі.

Трансформаторні підстанції, розміщені безпосередньо біля споживачів, на яких електроенергія трансформується до напруги споживачів називаються **споживчими**.

Електростанції в будь-який момент виробляють скільки електроенергії скільки її споживають у той самий момент. Баланс виробництва і споживання електроенергії підтримується регулюванням напруги і частоти струму. Необхідно забезпечити таку організацію виробництва і споживання електроенергії при якій кількість електроенергії, що виробляється буде дорівнювати кількості електроенергії що споживається.

1.3 Завдання електропостачання

Особливості роботи систем електропостачання підприємств та сільських населених пунктів

До завдання електропостачання входить розрахунок навантажень, розробка систем, вибір числа і потужності підстанцій, проектування електричних мереж, підвищення їх пропускної спроможності, регулювання напруги і компенсація реактивної потужності, конструктивне виконання електромереж, а також захист мереж, їх автоматизація та підвищення надійності з метою безперебійного забезпечення споживачів електроенергією заданої якості.

Електропостачання виробничих підприємств та населених пунктів у сільській місцевості має ряд особливостей у порівнянні із електропостачанням промисловості та міст.

Головною особливістю є необхідність підведення електроенергії до великої кількості малопотужних об'єктів, які розосереджені на значній території. Результатом цього є значна довжина сільських електричних мереж, висока вартість електричних ліній із розрахунку на одиницю потужності.

Наявність протяжних повітряних ліній електропередачі, в свою чергу призводить до частих переривів в електропостачанні споживачів внаслідок аварій – тобто до зниження рівня надійності електропостачання.

1.4 Якість електричної енергії

Якість електроенергії при живленні електроприймачів від енергосистеми визначається стабільністю і рівнями частоти струму і напруги, а також ступенем несиметрії і несинусоїдальності напруги (ГОСТ 13109-97).

Коливання частоти в першу чергу впливає на навантаження представлене електродвигунами – змінюється їх частота обертання, струм, момент та інтенсивність нагрівання. В електричних мережах України прийнята частота змінної напруги 50 Гц. У системі електропостачання допускається **відхилення частоти** (різниця між фактичним та номінальним значенням) не більше ніж на $\pm 0,2$ Гц (допускається тимчасове відхилення до $\pm 0,4$ Гц). Для електроприймачів, які приєднані до автономних електростанцій потужністю до 1000 кВт допустиме відхилення частоти становить $\pm 0,5$ Гц, а для приймачів, які приєднані до електростанцій потужністю до 250 кВт – допустиме відхилення частоти лежить в межах ± 2 Гц.

Підтримання частоти в заданих межах не є основною задачею сільського електропостачання, яке займається лише розподіленням, а не виробництвом електроенергії.

Рівень напруги – важливий параметр, що характеризує будь-який елемент електричної мережі. Підтримка необхідного рівня напруги – одна із основних задач електропостачання.

Номінальною (U_n) називається така напруга приймачів електроенергії, генераторів і трансформаторів, при якій вони нормально і найбільш економічно працюють. Для установок трифазного струму номінальною напругою прийнято вважати значення електродви напруги (лінійної).

Відхиленням напруги (усталеним відхиленням напруги) називається алгебраїчна різниця між напругою в будь-якій точці мережі та номінальною напругою мережі. Відхилення напруги – це повільна плавна зміна напруги, зумовлена зміною навантаження. Напруга в мережі змінюється поступово при зміні навантаження на протязі доби, місяця, року. Відхилення напруги вимірюється у вольтах або відсотках.

Коливання напруги – це швидка, стрибкоподібна зміна напруги, викликана, наприклад, включенням потужного асинхронного електродвигуна.

Коливання напруги характеризується розмахом та частотою зміни напруги й інтервалом часу між змінами напруги.

Збільшення напруги на 5% зменшує термін служби ламп розжарювання в 3 рази, але підвищує світловий потік. Зменшення напруги на 5% збільшує термін служби лам розжарювання в 2 рази.

Для асинхронних електродвигунів момент на валу електродвигуна змінюється прямо пропорційно квадрату напруги, тому при зниженні напруги нормально завантажені електродвигуни перекидаються. При відхиленні напруги в будь-яку сторону від номінального збільшується струм в електродвигуні, що веде до підвищеного нагріву обмотки.

За встановленими нормами відхилення напруги на затискачах у споживача повинне бути не більше $\pm 5\%$. Максимально допустиме короткочасне відхилення напруги до $\pm 10\%$.

Номінальна напруга генератора на 5...10% вища за номінальну напругу мережі і становить (для потужних електростанцій): 6,3; 10,5; 11; 13,8; 15,75; 21,0; та 24,0 кВ. Вторинна напруга підвищувальних та знижувальних трансформаторів також на 5% вища за номінальну напругу мережі. Напруга первинної обмотки трансформатора рівна номінальній напрузі мережі: 3, 6, 10, 20, 35, 110, 220, 330 кВ і т.д.

Для підтримання необхідних рівнів напруги у споживачів в системі сільського електропостачання використовують спеціальні пристрої: відгалуження обмоток трансформаторів, пристрої регулювання під навантаженням, автотрансформатори, мережні регулятори, конденсаторні установки.

Коефіцієнт несиметрії – відношення напруги зворотної послідовності основної частоти до номінальної лінійної напруги.

Несиметрія напруги характерна для сільських електричних мереж напругою 0,38/0,22 кВ із переважаючим однофазним навантаженням. У цих мережах навіть нормальні режими роботи часто не симетричні. В результаті несиметрії відхилення напруги у однофазних приймачів, які приєднані до різних фаз будуть різними і можуть виходити за допустимі межі. При несиметрії характерна поява складових нульової і зворотної послідовності, що приводить до додаткового нагрівання електродвигунів.

Допустимий коефіцієнт несиметрії – 2% тривало і 4% – максимально, короткочасно.

Для зменшення впливу несиметрії на якість напруги необхідно: забезпечити рівномірний розподіл навантаження однофазних споживачів між фазами, потужні споживачі електроенергії підключати на лінійну напругу, збільшити переріз проводів, встановлювати трансформатори 10/0,4 кВ із схемою з'єднання обмоток «зірка – зигзаг-нуль».

1.5 Надійність електропостачання та способи її підвищення

Під надійністю електропостачання розуміють безперебійне забезпечення споживачів електричною енергією заданої якості.

Відповідно до ПУЕ, у відношенні забезпечення надійності

електропостачання, електроприймачі діляться на три категорії:

I-а категорія – електроприймачі, перерва в електропостачанні яких може створити небезпеку для життя людей, значні збитки, хворобу і загибель тварин, масовий брак продукції, порушення складного технологічного процесу.

Електроприймачі I-й категорії забезпечуються електроенергією від декількох незалежних джерел живлення. Допускається перерва в електропостачанні на час автоматичного відновлення живлення від резервного джерела живлення.

II-га категорія: електроприймачі, перерва в електропостачанні яких приводить до масового недовідпускання продукції, масового простою устаткування, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів.

Електроприймачі II-ї категорії рекомендується також забезпечувати електроенергією від двох джерел живлення.

Допускається перерва в електропостачанні на час, необхідний для підключення резервного живлення черговим персоналом або виїзною бригадою (до 30 хвилин). При живленні від однієї лінії або від одного трансформатора допускається перерва в електропостачанні до однієї доби (на час заміни або ремонту обладнання).

III-я категорія – решта споживачів.

Електроприймачі III категорії забезпечуються живленням від одного джерела живлення, при умові, що перерви в електропостачанні не будуть перевищувати одну добу.

Для підвищення надійності електропостачання існують організаційно-технічні і технічні заходи.

Організаційно-технічні заходи:

- підвищення кваліфікації персоналу;
- підвищення вимог до експлуатаційного персоналу;
- раціональна організація поточних і капітальних ремонтів;
- раціональна організація відшукання і ліквідації пошкоджень;
- організація заходів із визначення утворення ожеледі та її плавка;
- забезпечення аварійних запасів матеріалів і устаткування.

Технічні заходи:

- підвищення надійності окремих елементів мереж;
- скорочення радіусу дії електричних мереж;
- застосування підземних кабельних мереж;
- застосування ліній електропередач з ізольованими проводами;
- мережеве та місцеве резервування;
- автоматизація сільських електричних мереж.

1.6 Економічність роботи електричних мереж

Підвищення економічності системи електропостачання – це велика комплексна задача, яка тісно пов'язана із підвищенням якості

електроенергії та надійності електропостачання. У зв'язку із цим заходи, які були розглянуті вище, вирішують одночасно і задачу підвищення економічності електропостачання.

Важливе значення для вирішення вказаної задачі мають заходи із зниження втрат електричної енергії та її раціонального використання. Розрізняють організаційні та технічні заходи із зниження втрат електроенергії.

До організаційних заходів відносяться:

- підтримання оптимальних рівнів напруги на шинах 6...10 кВ підстанцій 110...35/6...10 кВ;
- відключення одного із трансформаторів двотрансформаторної підстанції при їх незначному завантаженні;
- зменшення часу роботи електродвигунів на холостому ході;
- вирівнювання навантажень за фазами в мережі 0,38 кВ;
- скорочення строків ремонту обладнання;
- зменшення витрат енергії на власні потреби підстанцій;
- удосконалення систем обліку електроенергії.

До основних технічних заходів відносяться:

- встановлення в мережах конденсаторних установок із автоматичним регулюванням ємності;
- встановлення на підстанціях 110...35/10...6 кВ пристроїв регулювання напруги під навантаженням (РПН);
- спорудження нових ліній електропередачі та трансформаторних підстанцій;
- заміна проводів на перенавантажених лініях;
- переведення електричних мереж на більш високу напругу.

1.8 Характеристика споживачів електричної енергії

Від електричних мереж в районах отримує живлення велика кількість різноманітних споживачів. Під споживачем електричної енергії розуміють приймач, або групу приймачів електричної енергії які об'єднані технологічним процесом і розташовані на певній території.

Споживачі електричної енергії:

- житлові будинки;
- установи та підприємства із обслуговування населення (школи, дитсадки, лікарні, клуби, магазини тощо);
- виробничі споживачі (Підприємства, заводи, тваринницькі ферми, теплиці, зерноочисні пункти, млини та ін.);
- підприємства АПК (молокозаводи, м'ясокомбінати, консервні заводи та ін.);
- інші споживачі, серед яких можуть бути промислові підприємства.

В особливу групу сільських споживачів необхідно виділити великі підприємства із виробництва сільськогосподарської продукції на промисловій основі: тваринницькі комплекси, птахофабрики, тепличні комбінати. Схеми електропостачання цих споживачів наближені до схем електропостачання промислових підприємств.

Як уже відмічалось, генератори електростанцій в кожний момент часу повинні розвивати таку потужність, яку в сумі мають споживачі із врахуванням потужності втрат на власні потреби та в елементах мережі. Втрати потужності на власні потреби електростанцій та в елементах мережі становлять незначну і досить рівномірну частину від загальної потужності. Внаслідок цього можна стверджувати, що характер роботи джерел електричної енергії (генераторів) повністю визначається характером роботи споживачів.

Для проектування електричних ліній та підстанцій необхідно знати навантаження окремих електроприймачів та їх груп.

Електричне навантаження в промисловості та сільському господарстві, як і в інших галузях народного господарства є величиною яка безперервно змінюється, тобто – одні споживачі підключаються, а інші відключаються.

Окрім того, потужність електроприймачів підключених до електричної мережі також змінюється на протязі їх роботи, наприклад, для електродвигуна вона змінюється із зміною завантаження робочої машини, яку він приводить в дію і т.д.

Всі ці зміни навантаження в мережі носять виключно випадковий характер, але для них справедливі закони ймовірності, які можуть бути встановлені із заданою точністю шляхом обробки дослідних даних.

Номінальне навантаження (потужність) – корисна потужність яка направлена на здійснення певної роботи. Номінальна потужність вказується в паспортних даних електроустановок.

Встановлена потужність – найбільша активна електрична потужність, з якою електроустановка може тривало працювати без перевантаження відповідно до технічних умов або із паспортом на устаткування.

Розрахункове навантаження – найбільше значення повної потужності на вводі до споживача або на ділянці електричної мережі за період часу 0,5 години в кінці розрахункового періоду.

За розрахунковий період приймається час, який пройшов із моменту введення установки в експлуатацію до досягнення навантаженням розрахункового значення.

Розрізняють **денний** S_d та **вечірній** S_e максимуми навантаження споживачів або групи споживачів.

1.9 Графіки електричних навантажень споживачів і трансформаторних підстанцій та їх використання

Для проектування і експлуатації систем сільського електропостачання необхідно точно знати, як змінюються із часом основні параметри в усіх елементах системи.

Розрізняють два види параметрів системи: *режимні і схемні*.

Режимні параметри: струм, потужність, енергія, коефіцієнт потужності, напруга, частота та ін., тобто параметри, які пов'язані безпосередньо з режимами виробництва, передачі та розподілу електроенергії.

Схемні параметри: тип та марка проводів, силових трансформаторів, довжина ділянок ліній та ін., тобто параметри, які характеризують елементи електричної схеми системи.

Основними режимними параметрами системи електропостачання є **потужність і напруга** (максимальна, мінімальна, номінальна).

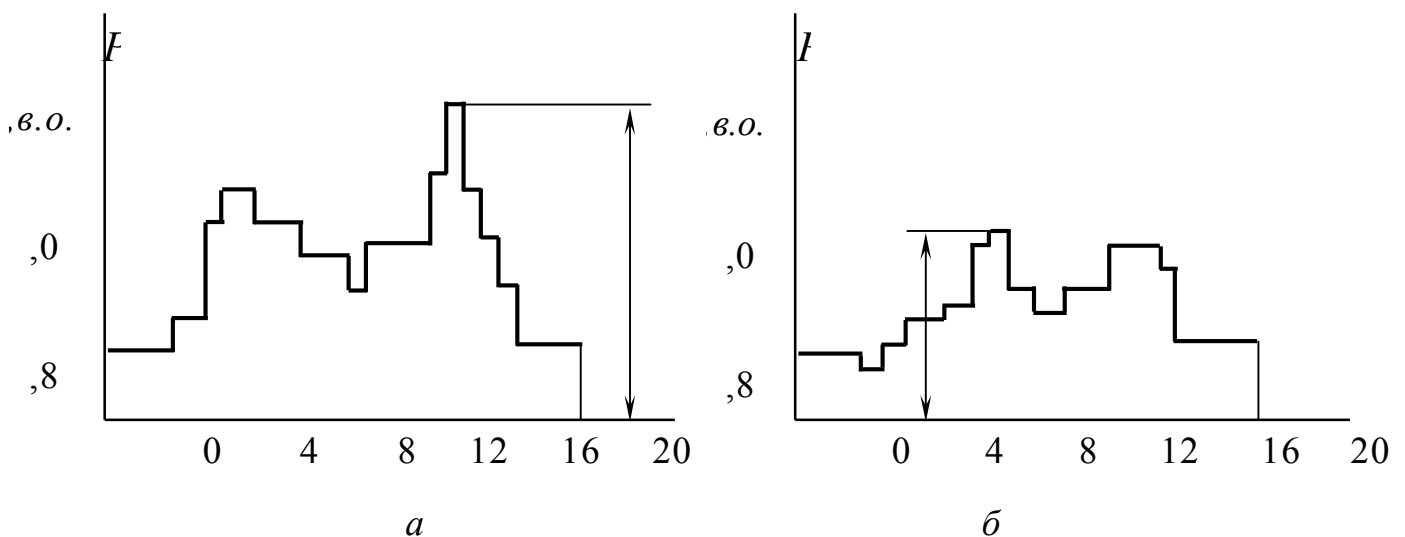
У проектній практиці користуються типовими проектами, або даними РУМ для визначення навантажень на вводах до споживачів. Для основних споживачів електричної енергії показники навантаження приймаються за встановленими нормативами.

У таблицях РУМ приведені потужності на вводах всіх сільськогосподарських споживачів з урахуванням характеру технологічного процесу.

При визначенні навантажень, про які відсутні дані в типових методиках, використовують реальні графіки електричних навантажень.

Графік навантажень – залежність потужності (P , Q або S) від часу на протязі певного періоду (добові, сезонні, річні графіки).

В практиці розрахунків використовують **східчасті графіки**, які отримують із безперервних графіків шляхом усереднення крайніх значень (рисунк 1.1).\

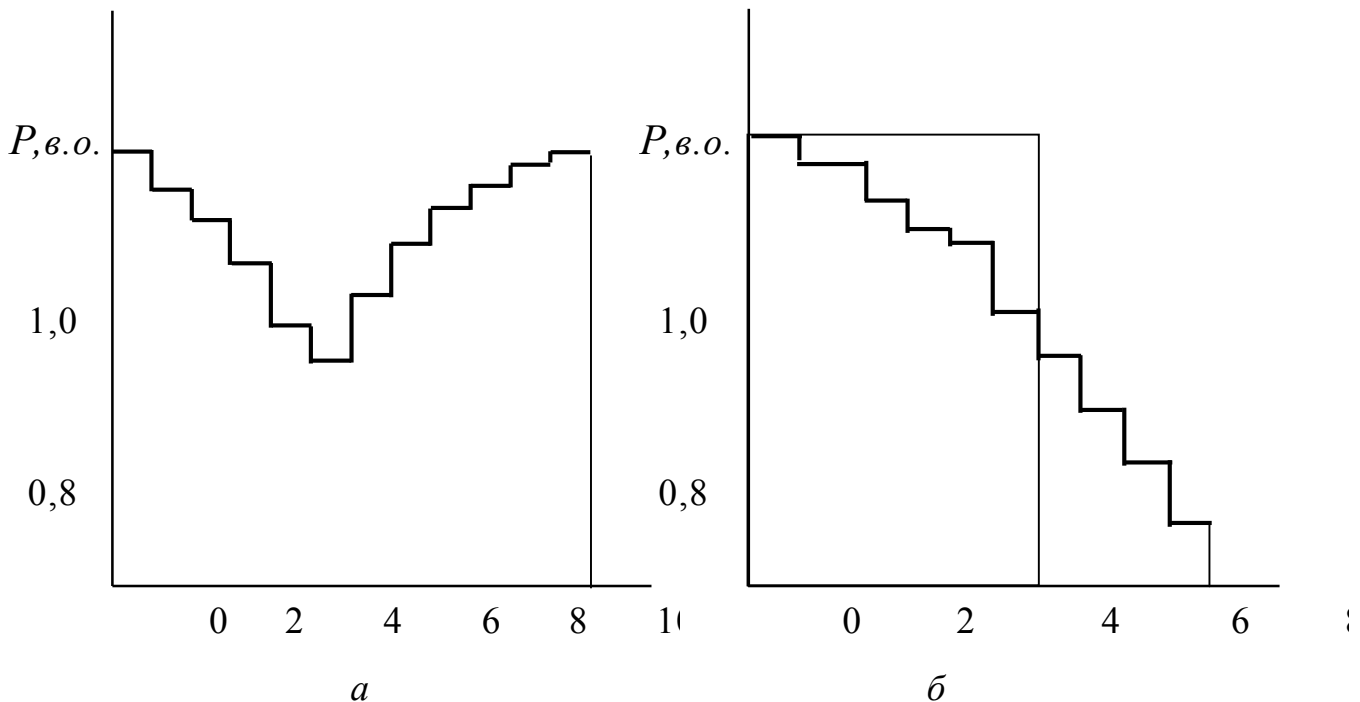


a – для зимового дня; *б* – для літнього дня

Рисунок 1.1 – Добові графіки навантаження

Також існують сезонні графіки навантаження: зимовий та літній. **Річний графік навантаження** – це зміна по місяцях року максимального півгодинного навантаження (рисунк 1.2 а). Він характеризує коливання розрахункової потужності об'єкту на протязі року.

Для практичних цілей зручно користуватися **річним графіком навантаження за тривалістю** (рисунк 1.2 б).



a – річний; *б* – річний за тривалістю

Рисунк 1.2 – Графіки навантаження

Річний графік навантаження за тривалістю будується за даними добових графіків навантаження зими і літа за всі дні року. На осі ординат в спадному порядку відкладають навантаження, а на осі абсцис відкладають тривалість цих навантажень (час).

Із достатньою точністю можна побудувати річний графік навантаження за тривалістю, користуючись лише двома добовими графіками навантаження – зимового та літнього (рисунк 1.1). При цьому приймають, що споживачі працюють на протязі року 200 днів за зимовим графіком і 165 днів – за літнім.

Із графіків (рисунк 1.1), в порядку зменшення, по черзі вибирають ординати (навантаження P_1, P_2, \dots, P_n) на річний графік. Розрахунок тривалості кожного ступеня (P_1, P_2, \dots, P_n) річного графіка ведуть за формулами:

$$t_1 = 200 \cdot t_{1\text{зим}} + 165 \cdot t_{1\text{літ}}; \quad (1.3)$$

$$t_2 = 200 \cdot t_{2\text{зим}} + 165 \cdot t_{2\text{літ}};$$

$$t_n = 200 \cdot t_{n\text{зим}} + 165 \cdot t_{n\text{літ}}.$$

За графіками навантаження можна визначити всі величини, які необхідні для проектування системи електропостачання, параметри, пов'язані з передачею потужності і енергії.

Для визначення розрахункового навантаження на графіку беруть ділянку, для якої потужність на протязі не менше ніж півгодини найбільша. У випадках коли максимум навантаження триває менше ніж пів години, еквівалентну потужність визначають за формулою:

$$P_{екв} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (1.4)$$

де P_1, P_2, \dots, P_n – найбільші навантаження, кВт;
 t_1, t_2, \dots, t_n – тривалість дії відповідних навантажень, год.

Для того, що б визначити розрахункове еквівалентне навантаження, виражене повною потужністю необхідно знати коефіцієнт потужності навантаження в період його максимуму:

$$S_{екв} = \frac{P_{екв}}{\cos \varphi_{екв}}. \quad (1.5)$$

Енергія, яка передається по лінії, може бути визначена безпосередньо з графіка навантаження, оскільки вона чисельно дорівнює його площі:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i, \quad (1.6)$$

де P_i – ордината i -го ступеню в одиницях потужності;
 t_i – час i -го ступеню, години.

Якщо замінити східчастий річний графік навантаження прямокутником рівновеликим за площею фігурі, що обмежена графіком та координатними осями, у якого одна сторона – це максимальна потужність P_{\max} , а інша – максимальний час T_{\max} (рисунк 1.2, а), то енергію, яка передається лінією за рік можна визначити за виразом:

$$W = P_{\max} \cdot T. \quad (1.7)$$

Основу цього прямокутника називають часом використання максимального навантаження T . Це умовний час, який необхідний для того що б вся річна енергія була передана лінією при незмінній максимальній потужності (струмі).

Із виразу (1.7) видно, що, чим більше значення T , тим ефективніше використовується електроустановка (лінія). Але в реальних умовах, при постійній зміні навантаження споживачів на протязі доби та року, час використання максимального навантаження T для сільських мереж знаходиться в межах 900...3400 годин.