

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
ДВНЗ "Національний гірничий університет"



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПІ-8  
"ПОКАЗНИКИ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ"  
З ДИСЦИПЛІНИ "ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ"**

Дніпропетровськ  
2011

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
ДВНЗ "Національний гірничий університет"

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПП-8**  
**"ПОКАЗНИКИ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ"**  
**З ДИСЦИПЛІНИ "ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ"**  
для студентів напрямку підготовки  
6.050701 "Електротехніка та електротехнології"

Дніпропетровськ  
Державний ВНЗ «НГУ»  
2011

Методичні вказівки до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕПП-8 „Показники графіків електричних навантажень” з дисципліни „Електропостачання” для студентів напряму підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології" / Упорядн.: В.Т. Заїка, О.Р. Ковальов, Н.Ю. Рухлова, А.С. Румянцев. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2011.– 11 с.

Упорядники:

В.Т. Заїка, д-р техн. наук, професор,

О.Р. Ковальов, ст. викладач,

Н.Ю. Рухлова, асистент,

А.С. Румянцев, асистент.

Анотація:

Наведено перелік показників графіків електричних навантажень промислових підприємств та методика їх визначення на прикладі реальних ГЕН.

Відповідальний за випуск – заст. зав. кафедри СЕП

С.І. Випанасенко, д-р техн. наук, професор

## ЗМІСТ

Загальні положення	4
Порядок і методика виконання роботи	7
Зміст звіту	10
Контрольні питання	10
Список рекомендованої літератури	11

## МЕТА РОБОТИ:

- моделювання режимів споживання електричної енергії (ЕЕ) та визначення електричних навантажень її споживачів;
- побудова змінних (добових) графіків електричних навантажень (ГЕН);
- визначення та аналіз основних показників ГЕН і величин, що характеризують режими роботи електроприймачів (ЕП) та споживачів ЕЕ.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

При вивченні режимів роботи систем електропостачання користуються трьома видами електричних навантажень, які характеризують режими роботи споживачів електричної енергії. Це активна ( $P$ ) і реактивна ( $Q$ ) потужності, струм  $I$  або повна потужність ( $S$ ). Зміна цих величин в часі і прийнято називати графіками електричних навантажень.

Практичне значення мають групові ГЕН. Будують їх за даними вимірювальних приладів або інформаційно-вимірювальних систем для обліку і контролю витрат електроенергії.

Графіки електричних навантажень вивчають для виявлення закономірностей формування так званих півгодинних максимумів активної і реактивної потужностей, які визначають нагрів елементів системи електропостачання (СЕР), рівень напруги у електроприймачів; вони використовуються також при складанні договорів на користування електроенергією між підприємствами і енергопостачальними організаціями. Не менший інтерес для аналізу режимів роботи СЕР представляють мінімальні (півгодинні і більшої тривалості) значення активної і реактивної потужностей, а також середні їх значення за зміну, добу, рік та інші періоди.

Для характеристики рівня використання електроприймачів, окремих агрегатів і виробництв за потужністю і часом застосовують ті або інші, звичайно безрозмірні, коефіцієнти – показники ГЕН.

*До основних показників ГЕН відносяться:*

**Коефіцієнт використання за активною потужністю  $K_v$** , який визначається як результат відношення середньої споживаної потужності  $P_{cp}$  на встановлену (номінальну) потужність  $P_{ном\Sigma}$  групи електроприймачів, яка розглядається:

$$K_v = \frac{P_{cp}}{P_{ном\Sigma}}. \quad (1)$$

Причому встановленим вважається будь-який ЕП, підключений, згідно проекту, до електричної мережі, незалежно від того включений він в даний момент або вимкнений.

**Коефіцієнт максимуму за активною потужністю  $K_m$**  дорівнює відношенню максимального з середніх півгодинних навантажень  $P_m$ , який виявлений за розрахунковий період  $T$ , до середньої потужності  $P_{cp}$  за той самий період:

$$K_m = \frac{P_m}{P_{cp}}. \quad (2)$$

**Коефіцієнт попиту за активною потужністю  $K_n$**  – це відношення максимального навантаження  $P_m$  до встановленої потужності ЕП:

$$K_n = \frac{P_m}{P_{ном\Sigma}}. \quad (3)$$

**Коефіцієнт заповнення графіка за активною потужністю  $K_{з.г}$**  характеризує ступінь нерівномірності ГЕН:

$$K_{з.г} = \frac{P_{cp}}{P_m}. \quad (4)$$

**Коефіцієнт форми індивідуального (групового) ГЕН за активною потужністю  $K_\phi$**  має фізичний сенс, якщо визначається для конкретного провідника, апарату стосовно потужності, що передається по цих елементах СЕП:

$$K_\phi = \frac{P_{ск}}{P_{cp}}, \quad (5)$$

де:  $P_{ск} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N P_i^2 \cdot \Delta t_i}$  – середньоквадратичне (діюче) значення потужності за розрахунковий період  $T$  (цикл, зміна, доба, рік та інші). У цьому виразі  $i$  – порядковий номер інтервалу, на які розбитий досліджуваний ГЕН;  $(P_i, \Delta t_i)$  – відповідно потужність в  $i$ -ому інтервалі і тривалість цього інтервалу.

Середньоквадратична потужність використовується при оцінці втрат потужності в провідниках, які пропорційні квадрату навантаження.

**Груповий коефіцієнт ввімкнення  $K_g$**  може визначатися як середньозважене (за номінальною активною потужністю) значення коефіцієнтів ввімкнення всіх електроприймачів у вузлі навантаження СЕП, що розглядається:

$$K_g = \frac{\sum_{i=1}^n K_{вi} P_{ном i}}{\sum_{i=1}^n P_{ном i}}, \quad (6)$$

де  $K_{вi} = t_{вi} / t_u$  – коефіцієнт ввімкнення  $i$ -го ЕП;  $t_{вi}$  – тривалість ввімкнення, год.;  $t_u$  – тривалість циклу, год.

**Коефіцієнт завантаження  $K_{зв}$  групи ЕП за активною потужністю** дорівнює відношенню середньої активної потужності  $P_{ср.г}$  за час ввімкнення протягом розрахункового періоду до встановленої потужності цієї групи ЕП:

$$K_{зв} = \frac{P_{ср.в.}}{P_{ном\Sigma}} . \quad (7)$$

*Примітка.* В окремому випадку, при  $K_{\epsilon} = 1$ ,  $K_{зв} = K_{\epsilon}$ .

**Коефіцієнт різночасності максимумів навантажень за активною потужністю  $K_{рм}$**  – це відношення максимальної півгодинної потужності  $P_{M\Sigma}$  сумарного графіка навантаження, створеного окремими групами ЕП, до суми півгодинних максимумів активної потужності  $\sum_{i=1}^n D_{i i}$  цих груп ЕП в даному вузлі навантаження СЕП:

$$K_{рм} = \frac{P_{M\Sigma}}{\sum_{i=1}^n P_{M i}} . \quad (8)$$

**Коефіцієнт змінності за електровикористанням  $\alpha_E$**  характеризує нерівномірність споживання електроенергії в окремі зміни доби протягом року:

$$\alpha_E = \frac{W_p}{P_{зм} \cdot T_p} \approx \frac{W_{доб}}{P_{зм} \cdot T_{доб}} , \quad (9)$$

де  $W_p$ ,  $W_{доб}$  – споживання електроенергії за рік та добу, кВт·год.;

$P_{зм}$  – середня потужність за зміну з найбільшим завантаженням електроспоживачів, кВт;

$T_p$ ,  $T_{доб}$  – тривалість роботи споживача відповідно за рік та добу, год.

**Тривалість використання тридцятихвилинного максимуму активного навантаження  $T_m$** , год/рік:

$$T_m = \frac{W_p}{P_m} = \frac{P_{зм} \alpha_E T_p}{P_m} . \quad (10)$$

**Коефіцієнт розущільнення навантажень за активною потужністю  $K_{ру.н}$**  – це відношення енергії  $W^*$ , яка “недоспожита” за даний проміжок часу (період ранкового і (або) вечірнього максимумів або ін.) до рівня середньої за розрахунковий період (звичайно добу) потужності до фактичного значення спожитої за цей розрахунковий період енергії  $W_{доб}$ :

$$K_{ру.н} = \frac{W^*}{W_{доб}} . \quad (11)$$

## ПОРЯДОК І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

**Основні положення.** Для імітації роботи електроспоживачів (приєднання з вимикачами QF1 – QF7 на фрагменті схеми електропостачання, яка розглядається, рис. 1) і моделювання ГЕН використовується спеціально розроблена програма **err8.exe**. З метою забезпечення випадковості результатів зміна навантаження (споживання електроенергії) електроспоживачів моделюється програмно за допомогою генератора випадкових чисел.

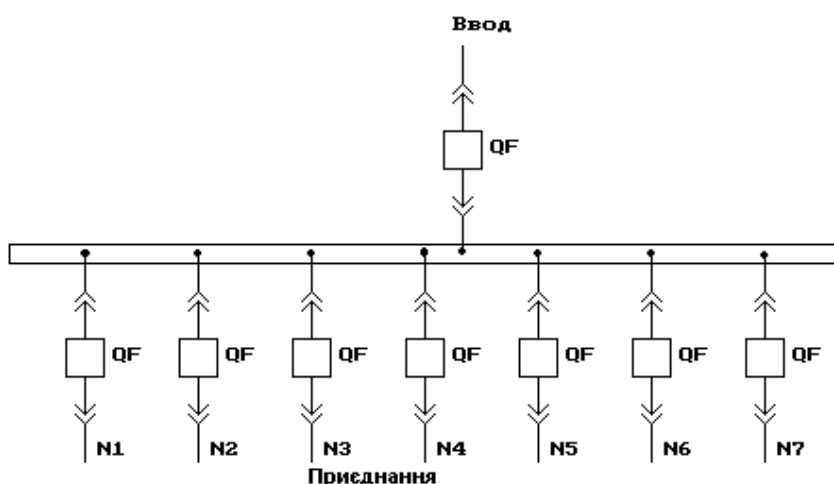


Рис. 1. Фрагмент схеми електропостачання

Режим споживання активної і реактивної енергії на приєднаннях змінюється одночасно, але незалежно один від одного.

Для зручності початкові дані про електроспоживання з приєднань можна отримати натиснувши на клавішу приєднання за завданням. Якщо після цього відбувалось повернення до перегляду схеми розподільного пункту, тобто, дія за алгоритмом „Повернутися” – „Схема”, то щоб побачити знову дані про спожиту електроенергію достатньо натиснути на відповідну клавішу. Якщо ж повернення відбувалось щоб розглянути і схему, і дані на вводі, то алгоритм дій буде той же самий, але перед контролем правильності розрахунків показників ГЕН будь якого приєднання, необхідно очистити усі віконця опції „Контроль”.

Електроприймачі приєднань, які розглядаються, належать різним технологічним установкам і тому віднесені до різних груп обліку, окремо по активній і реактивній електроенергії.

Встановлена потужність груп електроприймачів на кожному приєднанні прийнята однаковою і дорівнює  $200 \pm 50$  кВт.

**Моделювання режимів електроспоживання.** Для отримання вихідних даних з електроспоживання використовується програма у такому порядку:

1. Отримати завдання у викладача за формою:

**Завдання**

Номер приєднання \_\_\_\_\_.

Встановлена потужність електроприймачів \_\_\_\_\_ кВт.



*Тривалість дослідження – зміна.*

В завданні вказується приєднання, на якому необхідно провести виміри споживаної енергії.

2. Запустити для виконання програму **err8.exe**.

3. Надалі керуватися підказками програми у наступній послідовності.

3.1. У першому вікні з шифром та назвою лабораторної роботи натиснути на клавішу „**Продовжити**”. Віконце, яке з’явиться, перевести на повний екран і натиснути на клавішу „**Схема**”.

Для ознайомлення з формами представлення даних обліку та переліком коефіцієнтів, які контролюються, натиснути на кнопку „**Ввод – Рівень 4**”. З’явиться чергове вікно з таблицею даних про споживання усіма ЕП, які живляться від розподільного пункту, та значеннями коефіцієнтів, що характеризують ГЕН та які контролюються.

**Записати показники ГЕН вводу в табл. 1. Ця інформація буде потрібна для зіставлення з аналогічними показникам ГЕН приєднань.**

3.2. Вибрати приєднання за номером завдання. У новому вікні з’явиться таблиця з обліковими даними про активну та реактивну енергію. Дані подані набігаючим підсумком через кожні півгодини. Тривалість обліку звичайно дорівнює зміні.

Примітка. В деяких випадках викладач може порекомендувати отримати дані за добу (три зміни).

Таблиця 1.

Дані за лічильниками ввідного КРУ розподільного пункту

Показник, величина	Зміряне значення	Примітка
Сумарне споживання активної енергії, $W_a$ , кВт·год		
Сумарне споживання реактивної енергії – $W_p$ , квар·год		
Середнє значення активної потужності $P_{cp}$ , кВт		
Середнє значення реактивної потужності $Q_{cp}$ , квар		
Максимальне значення активної потужності $P_m$ , кВт		
Максимальне значення реактивної потужності $Q_m$ , квар		
Коефіцієнт використання $K_v$		
Коефіцієнт максимуму $K_m$		
Коефіцієнт заповнення графіка $K_{з.г}$		
Коефіцієнт попиту $K_n$		
Коефіцієнт форми $K_\phi$		

3.3. Дані обліку за вказаним у завданні приєднанням записати у табл. 2.

**Обробка експериментальних даних.**

1. За даними таблиці 2 побудувати ступінчасті графіки активної і реактивної потужності за зміну.

Приклад графіка електричних навантажень наведений на рис.2. Побудову ГЕН рекомендується виконати за допомогою програмного пакету Excel. При

цьому слід пам'ятати, що ГЕН це обов'язковий елемент звіту з лабораторної роботи.

2. За отриманими графіками і вимірам навантажень розрахувати показники ГЕН та величини, які характеризують режим роботи ЕП та споживачів, і занести результати в таблиці 3 та 4.

**Увага!** В першу чергу розраховуються величини і коефіцієнти, які вказані у табл. 3, тому що вони використовуються для контролю у реальному часі, тобто у процесі виконання лабораторної роботи.

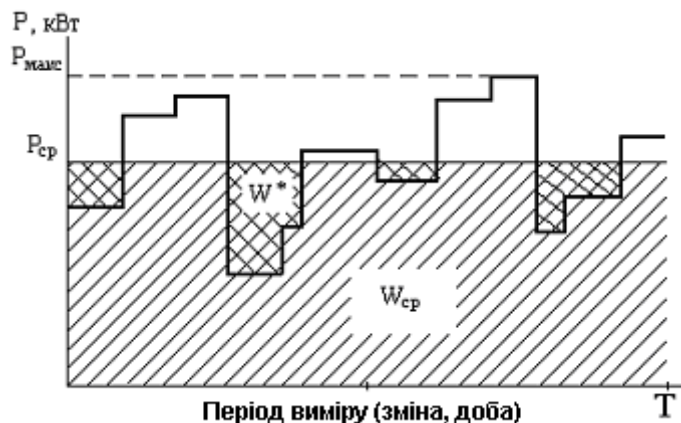


Рис. 2. Змінний (добовий) графік електричних навантажень.

Таблиця 2.

Дані про споживання електроенергії набігаючим підсумком через кожні півгодини

Номер виміру	Значення	
	Активна енергія, кВт·год	Реактивна енергія, квар·год
1		
...		
n		

Таблиця 3.

Значення розрахункових величин і показників ГЕН

Розрахункові величини і показники ГЕН								
$P_M$ , кВт	$Q_M$ , квар	$P_C$ , кВт	$Q_C$ , квар	$K_в$	$K_M$	$K_{зз}$	$K_n$	$K_\phi$

**Примітка.** Дані таблиці 3 необхідні для використання опції «Контроль» і тому повинні бути обчислені на занятті в першу чергу!

Таблиця 4.

Значення показників ГЕН

Розрахункові показники ГЕН					Примітка
$K_в$	$K_з$	$K_{рм}$	$T_M$	$K_{рн}$	

**Примітки:** 1. Коефіцієнт різночасності максимумів навантаження розрахувати в цілому для споживачів підключених до РП. Для цього необхідно отримати дані про півгодинні максимуми за досліджуваний період для всіх приєднань підстанції.

2. Активні  $P$  і реактивні  $Q$  навантаження, а також їх графіки на всіх приєднаннях, як і навантаження в реальних умовах, змінюються при кожному запуску програми. Таким чином кожний студент аналізує унікальний графік роботи досліджуваної групи ЕП.

### **Аналіз і зіставлення показників ГЕН вводу та приєднань.**

Цей етап виконується за основними отриманими коефіцієнтами на вводі до РП (табл. 1) та коефіцієнтами по приєднанням. Тобто, необхідно побудувати та дослідити груповий ГЕН (по всім приєднанням) за аналогічними основними показниками, для виконання зіставного аналізу.

### **Контроль отриманих результатів.**

1. Занесіть дані таблиці 3 у відповідні віконця опції „Контроль”.

2. Натисніть на кнопку „Контроль” і Ви отримаєте оцінку, про що повідомите викладача.

**Увага!** В ході виконання програми з клавіатури необхідно вводити тільки цифри, причому ціла і дробова частина відділяються *комою*. Розрахункові значення потужностей округляються до *цілого*, а коефіцієнти – до *сотих*.

Некоректне введення даних може призвести до збою в роботі програми і до необхідності повторного виконання роботи (запуску програми). При цьому колишні дані будуть втрачені і всі розрахунки необхідно буде повністю відновити спочатку.

**Увага!** Захист роботи у цілому проводиться після її повного оформлення.

## **ЗМІСТ ЗВІТУ**

1. Найменування та мета роботи.
2. Схема електропостачання з досліджуваними приєднаннями.
3. Таблиці з результатами вимірювань і розрахунків.
4. Графіки навантажень за активною та реактивною потужностями і струмом.
5. Розрахункові показники ГЕН і величини, що характеризують режим роботи електроприймачів.
6. Результати проміжного контролю.
7. Висновки за результатами зіставлення показників вводу і приєднань.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Як за витратами електроенергії за певний період роботи споживача розрахувати його потужність?
2. З якою метою введені показники ГЕН і для вирішення яких задач вони використовуються на практиці?

3. Що характеризують величини  $K_в$  і  $T_m$ ? Як вони визначаються в умовах експлуатації?

4. За допомогою яких пристроїв і приладів можна отримати графіки електричних навантажень?

5. За який період часу необхідно мати ГЕН, щоб в повному обсязі розрахувати показники графіків і основні розрахункові величини?

6. Чи відрізнятимуться значення півгодинного і годинного максимумів навантаження, визначені для одного і того ж ГЕН?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Электрические нагрузки промышленных предприятий / Волобринский С.Д., Каялов Г.М., Клейн П.Н., Мешель Б.С. – Л.: Энергия, 1971. – 264 с. [гл. 1, с. 9-30].

2. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов.– М.: Энергоатомиздат, 1995.– 416 с. [§ 2.2, с. 62-74].

2. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий.– М.: Энергия, 1979.– 408 с. [§ 2-1, с. 19-29].

Упорядники:  
Заїка Володимир Терентійович  
Ковальов Олександр Робертович  
Рухлова Наталія Юріївна  
Румянцев Андрій Сергійович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПІ-8**  
**"ПОКАЗНИКИ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ"**  
**З ДИСЦИПЛІНИ "ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ"**  
для студентів напряму підготовки  
6.050701 "Електротехніка та електротехнології"

Редакційно-видавничий комплекс  
Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку . . . . Формат 30x42/4.  
Папір офсетн. Умовн. друк. арк. 0,9  
Обліково-видавн. арк. 0,9. Тираж 40 прим. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49027 м. Дніпропетровськ -27, пр. К.Маркса,19.