

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний ВНЗ
«Національний гірничий університет»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання науково-дослідницької
лабораторної роботи **ЕГР – 1**

"Дослідження графіка електричних навантажень"

для студентів напрямів підготовки:
6.090701 "Електротехніка та електротехнології",
6.050702 "Електромеханічні системи геотехнічних виробництв"

Дніпропетровськ
2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний ВНЗ
«Національний гірничий університет»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання науково-дослідницької
лабораторної роботи **ЕГР – 1**

"Дослідження графіка електричних навантажень"

для студентів напрямів підготовки:
6.090701 "Електротехніка та електротехнології",
6.050702 "Електромеханічні системи геотехнічних виробництв"

Дніпропетровськ
Державний ВНЗ «НГУ»
2012

Методичні вказівки до виконання науково-дослідницької лабораторної роботи
ЕГР – 1 "Дослідження графіка електричних навантажень" для студентів
напрямів підготовки:**6.090701** "Електротехніка та електротехнології",
6.050702 "Електромеханічні системи геотехнічних виробництв" / Уклад.:
М.В. Рогоза, М.М. Білий - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний
гірничий університет» 2012.- 14 с.

Укладачі:

М.В. Рогоза, професор,

М.М. Білий, професор

Відповідальний за випуск заступник завідувача кафедри СЕП
С.І. Випанасенко, д-р техн. наук, проф.

I. Ціль роботи

1. Вивчити основні теоретичні положення розрахунку електричних навантажень.
2. Ознайомитися з особливостями виконання лабораторної роботи на стенді.
3. Уявити методикку побудування графіків навантажень і визначення основних розрахункових величин.

За результатами підготовки до лабораторної роботи студент повинен знати: для чого необхідно визначати електричні навантаження; що таке число годин використання максимуму, максимальне навантаження, середнє навантаження, середнє навантаження за найбільш завантажену зміну, коефіцієнт заповнення графіка, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт попиту, коефіцієнт одночасності, коефіцієнт використання; що таке півгодинний максимум і чому саме півгодинний максимум є прийнятим.

Студент повинен вміти: знімати індивідуальні та групові графіки навантажень; визначати витрати електричної енергії за визначений проміжок часу; розраховувати активну та реактивну потужність за термін якого-небудь інтервалу часу за даними лічильників; будувати півгодинні графіки активного та реактивного навантажень за даними лічильників; для певного графіку навантаження визначити максимальну потужність, середню потужність; коефіцієнт максимуму; коефіцієнт використання.

II. Методичні вказівки

Основні вихідні положення роботи та розрахункові величини.

Основою раціонального рішення усього складного комплексу техніко-економічних питань при проектуванні системи електропостачання сучасного промислового підприємства є правильне визначення електричних навантажень, що очікуються. Електричні навантаження визначають вибір усіх елементів системи електропостачання, що проектується, та на її техніко-економічні показники. Від правильного визначення електричних навантажень, що очікуються, залежать капітальні затрати на систему електропостачання, витрати дефіцитного кольорового металу, втрати електроенергії, експлуатаційні витрати.

Якщо у розрахунках щодо визначення електричних навантажень буде припущена помилка у бік їх зменшення, то це приведе к підвищенню втрат електроенергії в системі електропостачання, прискореному зносу електрообладнання, а також може обмежувати продуктивність як окремих машин і механізмів, так і усього підприємства в цілому. Тому після вводу підприємства до експлуатації виникне потреба щодо збільшення перерізів проводів електричних мереж та заміни електричних апаратів і електрообладнання на більш потужні, що безумовно важко і складно в умовах експлуатації.

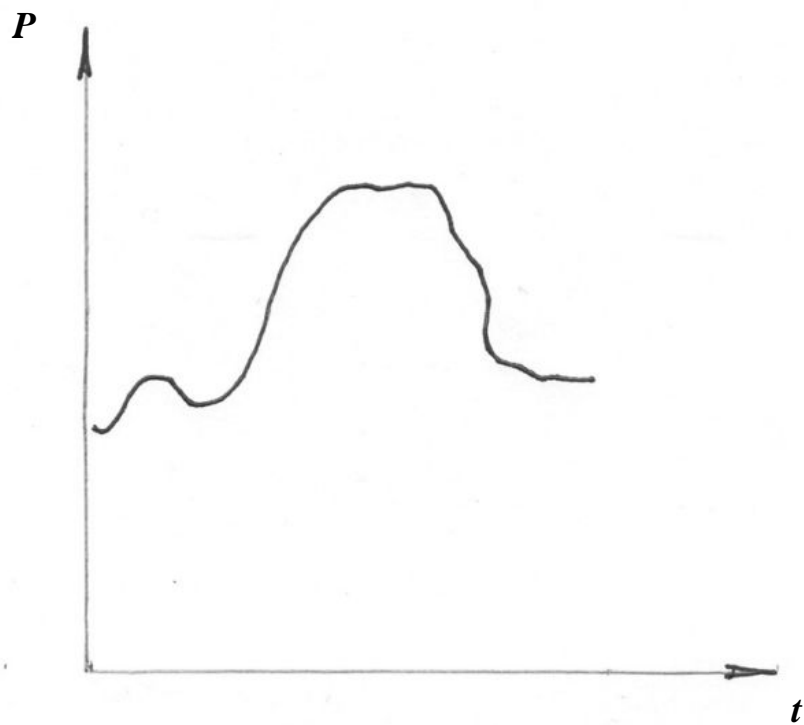


Рис. 1. Графік активного навантаження за даними самозаписувальних приладів

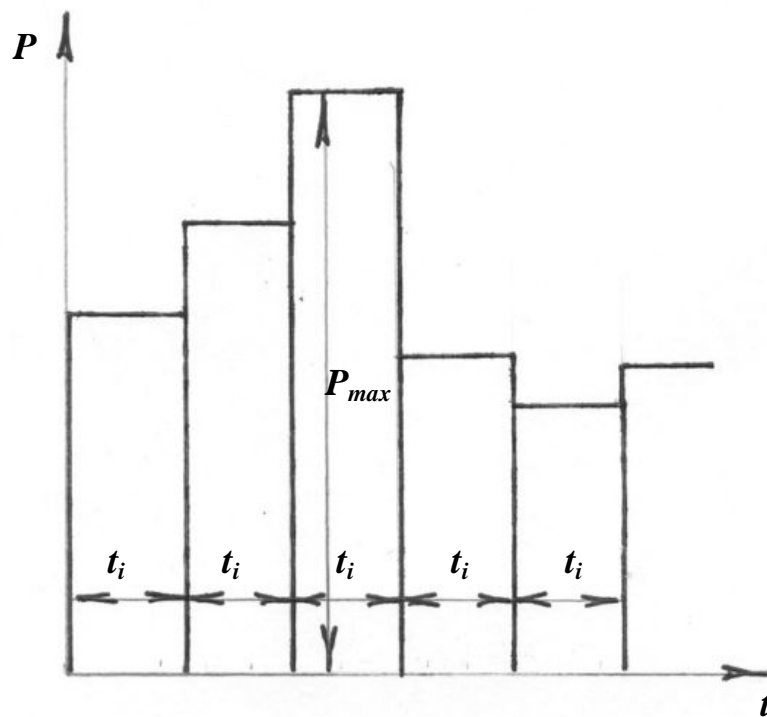


Рис. 2. Графік навантаження за даними лічильника активної електроенергії

Завищення розрахункових навантажень спричинить збільшення капітальних затрат та неповне використання дефіцитного обладнання та провідникового матеріалу.

Електричне навантаження характеризує споживання електроенергії окремими приймачами, групою приймачів, дільницею та підприємством у цілому. Основними навантаженнями є: активна потужність **P**, реактивна потужність **Q** та струм **I**.

Електричне навантаження може спостерігатися візуально за допомогою вимірювальних приборів або реєструватися самозаписувальними приладами (рис.1). В умовах експлуатації змінення навантаження по часу по активному та реактивному навантаженню записують як правило у вигляді ступінчастої кривої згідно з даними лічильників активної та реактивної енергії, які зняті через однакові інтервали часу t_i (в Україні та країнах СНД 30 хвилин).

Графіки навантажень підрозділяють на *індивідуальні* – для окремих електроприймачів та *групові* – для групи електроприймачів. Індивідуальні графіки позначаються малими літерами: **p(t)**, **q(t)**, **i(t)**. Групові графіки навантажень позначаються такими ж, але великими літерами: **P(t)**, **Q(t)**, **I(t)**.

Записи графіків **P(t)**, **Q(t)**, **I(t)** при **n** приймачах електроенергії у групі матимуть вигляд:

$$P(t) = \sum_{k=1}^{k=n} p_k(t);$$

$$Q(t) = \sum_{k=1}^{k=n} q_k(t);$$

$$I(t) = \frac{\sqrt{P^2(t) + Q^2(t)}}{\sqrt{3}U_n}.$$

За графіком навантажень за найбільш завантажену зміну (рис.2) визначаються більшість розрахункових величин, що використовуються у практиці проектування систем електропостачання:

1. Число годин роботи з максимальним навантаженням **T_m**,

$$T_m = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_k t_k}{P_{\max}}$$

2. Коефіцієнт заповнення графіка, що представляє собою результат ділення площі, що описується графіком навантаження, на площу, що визначається добутком **P_{max}** на **T_{зм}**

$$K_{з.з.} = \frac{\sum_{i=1}^k P_i t_i}{P_{\max} T_{зм}},$$

де **T_{зм}** - тривалість зміни.

3. Середнє навантаження

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^k P_i t_i}{T_{зм}} = P_{max} \cdot K_{з.г.}$$

4. Коефіцієнт максимуму

$$K_m = \frac{P_{max}}{P_{cp}}$$

Аналогічні розрахунки виконуються і для реактивної потужності, тільки замість **P** підставляється **Q**.

5. Коефіцієнт потужності $\cos j_{cm}$ та $\operatorname{tg} j_{cm}$ середньозмінний

$$\cos j_{cm} = \frac{P_{cp}}{\sqrt{P_{cp}^2 + Q_{cp}^2}}$$

$$\operatorname{tg} j_{cm} = \frac{Q_{cp}}{P_{cp}}$$

6. Коефіцієнт використання

$$K_u = \frac{P_{cp}}{P_n}$$

7. Коефіцієнт попиту

$$K_c = \frac{P_{max}}{P_n} = K_m \cdot K_u$$

Змінні графіки навантажень у процесі розрахунку перетворюють до вигляду (рис.3), що є більш зручним для обробки. Такий графік має назву упорядкованого (або графік по тривалості навантаження) і отримується, якщо навантаження розмістити у порядку убування.

III. Домашня підготовка до роботи

Підготовку до роботи слід починати з вивчення опису роботи та літератури, що рекомендується. На підставі цього вивчення необхідно скласти чітке уявлення щодо цілі роботи та методики виконання.

При підготовці до лабораторних занять необхідно вивчити:

1. Призначення та класифікацію графіків навантаження.
2. Показники графіків навантаження та їх призначення.
3. Вивчити відомості, що необхідні для виконання лабораторної роботи (таблиця 1).

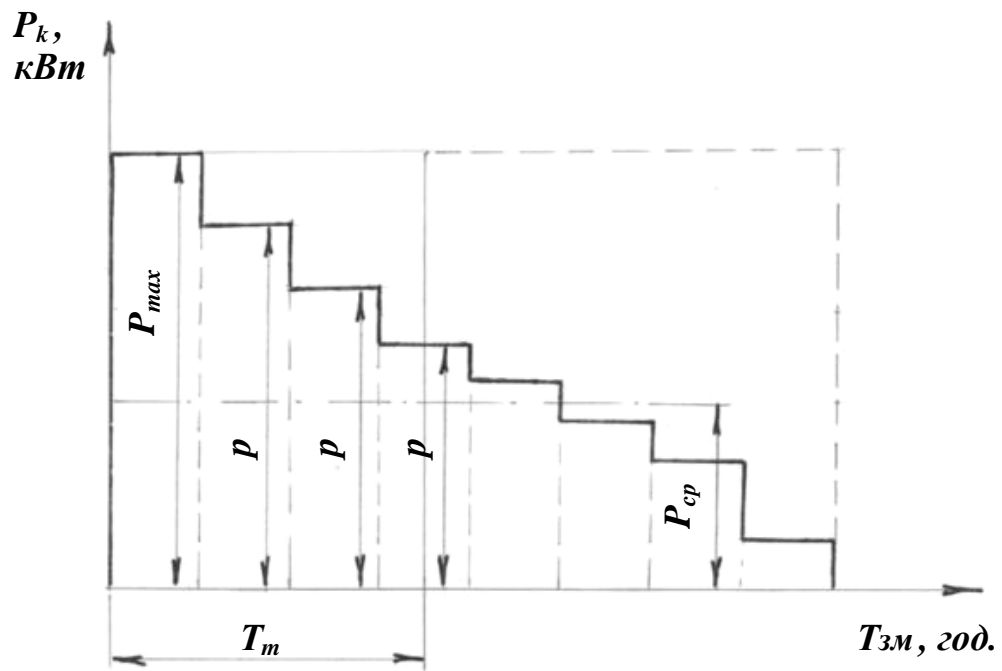


Рис. 3. Змінний графік по тривалості навантаження

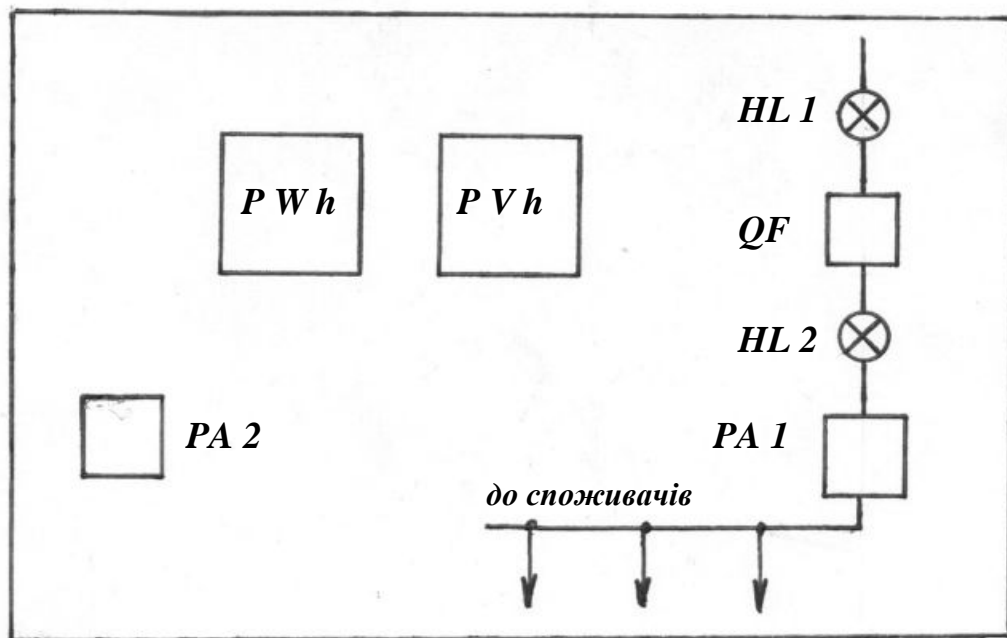


Рис. 4. Передня панель стенду для зняття графіків електричних навантажень

IV. Устрій стенду «Електричні навантаження»

Електричні навантаження промислових підприємств носять змінний характер по часу та в загальному вигляді можуть бути представлені як випадковий процес.

Ступінчастий графік навантаження підприємства отримується визначенням навантаження за розрахунковий інтервал часу, що вибирається (як правило 0,5 год.) і несе всю необхідну інформацію для визначення розрахункових величин при проектуванні елементів системи електропостачання.

Імітація змінного навантаження на стенді відбувається за рахунок змінювання завантаження асинхронного двигуна. На одному валу з двигуном знаходиться генератор, коло якого містить змінний опір. Керування величиною опору здійснюється за допомогою реле часу через силові контактори. Таким чином, змінюючи величину опору, а отож, і величину струму у колі генератора, можна отримати характерний процес змінювання активної та реактивної потужності трифазного кола змінного струму двигуна.

Графік навантаження будується за показниками трифазних лічильників активної та реактивної енергії, що встановлені на ввіді установки.

Стенд для імітації силового вузла навантаження промислового підприємства складається з таких наступних елементів:

- електромашинний посилювач ЕМУ-12А, що являє собою асинхронний двигун та генератор для навантаження;
- блок опорів;
- реле часу РВТ-1200;
- контактори;
- вимірювальні прилади.

На передній панелі (рис. 4) розташовані:

- **HL1, HL2** – лампи; сигналізують наявність напруги у колах, що контролюються;
- **QF** – автоматичний вимикач низької напруги;
- **PWh** – лічильник активної енергії;
- **PVh** – лічильник реактивної енергії;
- **PA1, PA2** – амперметри.

Амперметр **PA2** знаходиться у колі генератора навантаження та є індикатором змінення його струму.

Реле часу РВТ-1200 – шестидискове. Час повного оберту дисків – 20 хвилин.

Інтервал часу між спрацьовуванням реле у середньому складає 3 хв. При необхідності можна змінити порядок подачі імпульсів на контактори та час між спрацьовуванням реле.

Порядок взаємодії елементів стенду наступний. Реле часу із заданою послідовністю та через задані інтервали часу подає управляючі імпульси на котушки контакторів. Силові контакти контакторів шунтують окремі ступені

блоку опорів, що змінює навантаження генератора. Наприклад, під час чергового спрацьовування реле опір кола генератора збільшився. Це приведе до зменшення струму, що буде зафіксовано амперметром **РА2**. Споживання активної енергії двигуном також зменшиться, а реактивної – залишиться практично незмінним (у цьому можна переконатися, спостерігаючи показання лічильників).

V. Порядок виконання роботи на стенді

Для визначення значень розрахункових величин при проектуванні елементів системи електропостачання використовують добові графіки навантаження, а також графіки навантаження за найбільш завантажену зміну. В роботі пропонується побудова змінного графіка навантаження. Дані лічильників як правило знімаються через інтервал часу $\Delta T = 0,5$ год. Тоді змінний графік при тривалості зміни $T_{зм} = 8$ год. буде містити $K = T_{зм} / \Delta T = 16$ ступенів (значень навантаження).

При виконанні лабораторної роботи за послідовні інтервали часу $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_i, \dots, \Delta t_k$ підраховуємо фактичну кількість обертів диску лічильника $n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_k$. Інтервали часу зручно прийняти $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_i = \dots = \Delta t_k = 1,5$ хв.

Тоді за розрахунковий інтервал часу кількість обертів диску складе $n_{i0,5} = n_i \cdot (\Delta T / \Delta t_i) = 20 \cdot n_i$ за i -тий інтервал часу.

Витрата електроенергії визначається за наступною формулою

$$W_i = n_{i0,5} \cdot C_{сл} \cdot K_i \cdot K_v, \quad \text{кВт}\cdot\text{год.},$$

де $C_{сл} = 1/800$ кВт·год. об. – коефіцієнт пропорційності (1 кВт·год. відповідає 800 обертам диску лічильника); K_i - коефіцієнт трансформації трансформатора струму (згідно з завданням керівника може приймати такі наступні значення 100/5, 200/5, 300/5, 500/5); K_v – коефіцієнт трансформації трансформатора напруги (може приймати такі наступні значення: 6000/100; 10000/100).

Крім того, керівником задається установлена номінальна потужність електроприймачів вузла навантаження в кВт:

- для напруги 6 кВ $P_n = 6000; 15000; 20000; 25000$;
- для напруги 10 кВ $P_n = 10000; 15000; 20000; 25000; 30000$.

Активна та реактивна потужність за час i -го інтервалу часу визначається як:

$$P_i = W_{ia} / \Delta T, \text{ кВт}; \quad Q_i = W_{ip} / \Delta T, \text{ квар},$$

де W_{ia} та W_{ip} – витрати електроенергії згідно з даними лічильників активної та реактивної енергії.

Порядок виконання роботи такий.

1. Викладач перевіряє готовність студентів до роботи (опит, програмований контроль).

2. Після допуску до виконання роботи бригада студентів знайомиться з лабораторною установкою. Керівник задає значення K_i , K_v та P_n по вузлу навантаження.
3. За допомогою автомату QF подається напруга на схему та через інтервали часу 1,5 хв. дані лічильників заносяться до табл.1. За даними амперметрів можна відслідковувати ступінчасте змінення навантаження.
4. Згідно з отриманими даними побудувати півгодинні графіки навантажень $P(t)$ і $Q(t)$ для одної зміни (рис.2), а також змінні графіки по тривалості навантаження (рис.3).
5. Виконати розрахунки T_m , $K_{зг}$, $P_{ср}$, K_m , $K_{и}$, K_c , $\cos j_{см}$, $tg j_{см}$.
6. Наприкінці занять результати вимірів, розрахунків і графіки подаються керівнику для затвердження.

VI. Зміст звіту

1. Найменування та ціль лабораторної роботи.
2. Розрахункові формули.
3. Таблиця №1 з даними.
4. Півгодинні графіки електричних навантажень $P(t)$ і $Q(t)$, розрахунки їх показників.
5. Змінні графіки по тривалості навантаження $P_{зм}(t)$ і $Q_{зм}(t)$ та розрахунки їх показників.

VII. Питання для перевірки

1. Для чого необхідно визначення електричних навантажень?
2. Що таке графік навантаження?
3. Призначення індивідуальних і групових графіків навантажень.
4. Характеристика добових і річних графіків навантажень.
5. Поясніть, що таке T_m - число годин роботи з максимальним навантаженням.
6. Перелічіть та поясніть показники, що характеризують графік навантаження - $P_{ср}$, $K_{зг}$, K_m , $K_{и}$, K_c , $\cos j_{см}$.
7. Для чого будуються графіки по тривалості навантаження?
8. Як відбиваються помилки в розрахунках електричних навантажень при будівництві системи електропостачання?

Таблиця 1

№ В ід лі ік ів	Ча с до би	Активне навантаження					Реактивне навантаження				
		Число обертів диску за фактичний час n_i	Число обертів диску за розрахунковий час $n_{i0,5}$	Перевідний коефіцієнт	Витрати електричної енергії W_{ia} , кВт·год.	Активна потужність P_i , кВт	Число обертів диску за фактичний час n_i	Число обертів диску за розрахунковий час $n_{i0,5}$	Перевідний коефіцієнт	Витрати електричної енергії W_{ip} , квар·год.	Реактивна потужність Q_i , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											
8.											
9.											
10.											
11.											
12.											
13.											
14.											
15.											
16.											

VIII. Література

1. Волотковский С.А. и др. Электроснабжение угольных шахт. – М.: Недра, 1984.- с.23 -34.
2. Федоров А.А., Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1981.- с. 10 – 42.

Укладачі:
Рогоза Михайло Валентинович
Білий Михайло Матвійович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи ЕГР – 1

"Дослідження графіка електричних навантажень"

для студентів напрямів підготовки:
6.090701 "Електротехніка та електротехнології",
6.050702 "Електромеханічні системи геотехнічних виробництв"

Друкується в редакційній обробці авторів

Державний ВНЗ «НГУ»
Кафедра систем електропостачання