

Міністерство освіти і науки України

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра електромеханіки, мехатроніки та інженерної графіки



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розділу дипломного проекту

"ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ"

для студентів технологічних спеціальностей
усіх форм навчання

Одеса 2020

Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту «Електрозабезпечення та енергозбереження» для технологічних спеціальностей /Укладачі П.М. Монтік, Є.П. Штепа. – Одеса: ОНАХТ, 2020. - 16 с.

Укладачі: П.М. Монтік, канд. техн. наук, професор
Є.П. Штепа, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск завідуючий кафедрою електротехніки П.М.
Монтік, професор

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для студентів технологічних спеціальностей, які виконують дипломний проект при рішенні практичних задач з електропостачання та енергозбереження харчових підприємств.

Електротехнічну частину дипломного проекту, яка передбачає будівництво або реконструкцію підприємства, студенти розробляють на базі конкретних матеріалів, одержаних під час переддипломної практики, а також розрахунків, виконаних в інших розділах проекту.

Розрахунково-пояснювальна записка у цьому розділі може мати обсяг до 10-ти сторінок тексту.

При оформленні обчислень треба спочатку приводить формули, потім підставляти числові значення й указувати кінцеві результати обчислень із точністю до однієї цифри після коми. Проміжні обчислення виконувати не потрібно. Одиниці фізичних величин записують після обчислень у системі SI.

1. ЗАВДАННЯ НА ПЕРЕДДИПЛОМНУ ПРАКТИКУ

Після затвердження теми дипломного проекту студент повинен до від'їзду на переддипломну практику докладно ознайомитися з цими методичними вказівками й рекомендованою літературою, визначити зміст і обсяг електротехнічної частини дипломного проекту.

Під час проходження практики необхідні матеріали й консультації студент одержує в головного електрика або головного механіка підприємства. Всі матеріали для електротехнічної частини дипломного проекту потрібно оформити окремим розділом звіту з переддипломної практики.

Навести:

1.1. Добовий графік електричного навантаження підприємства.

1.2 Технічні дані установлених трансформаторів на трансформаторній підстанції підприємства, процент їх завантаження в години максимального споживання електроенергії підприємством і місце розташування.

1.3 Однолінійну схему електропостачання підприємства і дати її описання.

1.4 Заходи для зниження енерговитрат на підприємстві, способи компенсації реактивної потужності, технічні дані компенсуючих пристроїв, вказавши місце їх установки.

1.5 Довжини кабелів від трансформаторної підстанції до розподільних пунктів споживачів електроенергії.

1.6 Дані щодо річного споживання електроенергії підприємством і її питомі витрати за окремими видами продукції.

2. ОБ'ЄМ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ

2.1 Сформулювати заходи для економії електроенергії і енергозбереження.

2.2 Розрахувати активну потужність споживання підприємством методом питомих витрат електроенергії.

2.3 Розрахувати повну потужність трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності.

2.4 Перевірити потужність трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності.

2.5 Провести техніко-економічне порівняння режиму роботи трансформаторів, користуючись добовим графіком електричних навантажень підприємства.

2.6 Вибрати переріз жил і марку кабелю від підстанції до цеху або підприємства з урахуванням допустимої втрати напруги або всього підприємства.

2.7 Визначити річну витрату електроенергії та її вартість.

2.8 Навести розрахунки відносно заходів економії електроенергії на підприємстві.

3. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ

3.1 Заходи для економії електроенергії і енергозбереження.

При формулюванні заходів для економії електроенергії і енергозбереження треба розглянути вплив на економію електроенергії компенсації реактивної потужності, режиму роботи трансформаторів в залежності від добового навантаження та заміну освітлення лампами розжарювання на освітлення люмінесцентними лампами.

3.2 Розрахування активної потужності споживання підприємством методом питомих витрат електроенергії

Розрахункову активну потужність методом питомих витрат електроенергії визначають за формулою [1, с.386]

$$P_p = \frac{W_{\text{пит}} M_{\text{річ}}}{T_{\text{max}}},$$

де $W_{\text{пит}}$ - нормована питома витрата електричної енергії (Табл. Д.1);

$M_{\text{річ}}$ – річна продуктивність підприємства;

T_{max} - кількість годин використання розрахункової активної потужності на протязі року:

для хлібозаводів $T_{\text{max}} = 5200$ год, кондитерських фабрик $T_{\text{max}} = 3000$ год,

борошномельних і круп'яних заводів $T_{\text{max}} = 5200$ год; цукрових заводів $T_{\text{max}} = 2880$ год; олійних заводів $T_{\text{max}} = 6000$ год; спиртозаводів $T_{\text{max}} = 4000$ год; винозаводів, пивзаводів і безалкогольних напоїв 3000...5000 год; молокозаводів $T_{\text{max}} = 4800$ год; рибзаводів $T_{\text{max}} = 4700$ год; елеваторів $T_{\text{max}} = 3000$ год. В середньому по харчовій промисловості $T_{\text{max}} = 4000$ год.

Розрахункову активну потужність освітлення можна приймати $P_{\text{осв}} = 0,1 P_p$.

3.3 Розрахунок повної потужності трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності

Повну потужність трансформаторної підстанції без урахування компенсації реактивної потужності знаходять так

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{осв})^2 + Q_p^2},$$

а з урахуванням компенсації реактивної потужності визначають за формулою:

$$S_{ТП} = \sqrt{(P_p + P_{осв})^2 + (Q_p - Q_{кном})^2},$$

де Q_p - реактивна розрахункова потужність;

$Q_{кном}$ - номінальна потужність компенсуючого пристрою.

Реактивну розрахункову потужність знаходять за формулою

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi,$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності, що відповідає $\cos \varphi$ споживачів (Табл. Д.2)

Потужність компенсуючого пристрою визначають за формулою:

$$Q_k = Q_p - Q_E,$$

де Q_E - оптимальна реактивна потужність, що задається енергосистемою, значення якої визначають за формулою:

$$Q_E = (0,25 \dots 0,30) (P_p + P_{осв}).$$

Номінальну потужність компенсуючих пристроїв $Q_{кном}$ визначають за допомогою таблиці технічних даних конденсаторних установок (Табл. Д.3).

Оскільки для харчових підприємств, згідно Правил технічної експлуатації електроустановок, трансформаторна підстанція повинна бути двотрансформаторною, то потужність одного трансформатора знаходять так:

$$S_{тр} = (0,6 \dots 0,8) S_{ТП}.$$

За одержаною потужністю $S_{тр}$, користуючись таблицею технічних даних трансформаторів (Табл. Д.4), вибирають номінальну потужність трансформатора. При цьому передбачається, що *кожен з них працює цілодобово з номінальним навантаженням*.

Практично таких режимів неможливо забезпечити. Економічний режим роботи вибраних трансформаторів номінальної потужності залежить від добового графіка навантажень (Табл. Д.5) і перевантажувальної здібності.

3.4 Перевірка потужності трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності

Суть економічного режиму роботи трансформаторної підстанції полягає в тому, що при наявності на ній двох паралельно працюючих трансформаторів один трансформатор доцільно відключити за мінімумом електричних втрат в них згідно добовому графіку навантаження підприємства.

Потужність трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здібності в визначають за формулою:

$$S_T \geq \frac{S_{ТП}}{2k_{ДП}},$$

де $S_{ТП}$ – розрахункова потужність трансформаторної підстанції,

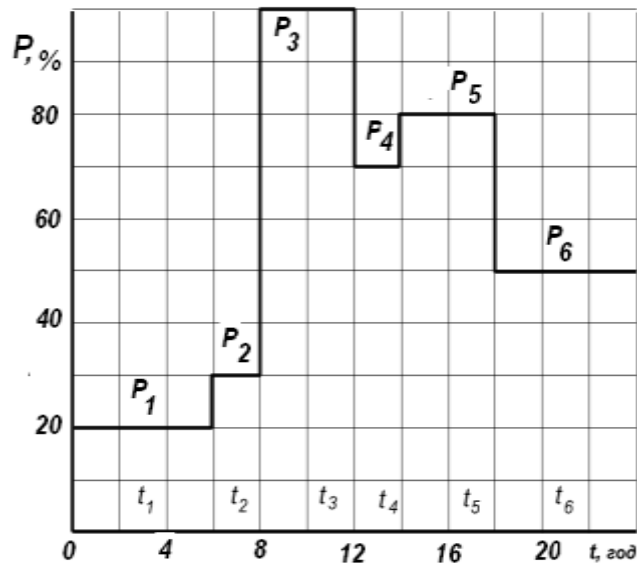
$k_{ДП}$ – коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора, що визначається за графіком $k_{ДП}(t_{ТМ})$ залежності тривалості максимального навантаження $t_{ТМ}$ від коефіцієнта заповнення графіка добового навантаження підприємства $k_{ЗГ}$ (рис .3.1)

$$k_{ЗГ} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_i t_i}{T \cdot 100\%},$$

де P_i , – навантаження в відсотках за відрізок часу t_i ;

$T = 24$ год.

Рисунок 3.1 -
Графік добового
навантаження
підприємства



Для графіка добового навантаження (рис. 3.1) тривалість максимального навантаження складає $t_{ТМ} = 4$ год (з 8 до 12 годин). Тоді, користуючись гра-

фіком допустимих перевантажень силових трансформаторів (рис. 3.2), знаходимо коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора $k_{ДП} = 1,17$. Якщо одержана потужність трансформатора не відповідає вибраній в п. 3., то за таблицею технічних даних трансформаторів уточнюють номінальну потужність трансформатора $S'_{НОМ}$ і наводять його технічні дані у вигляді таблиці, аналогічній (табл. Д.4).

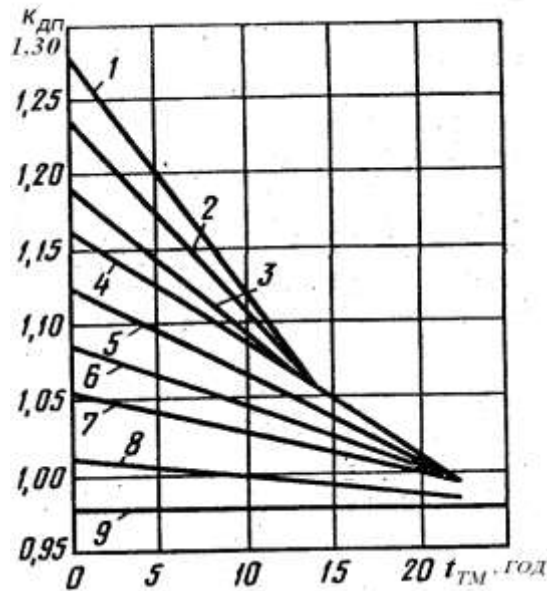


Рисунок 3.2 - Графік допустимих перевантажень силових трансформаторів: для $K_{зг}$: 1 - 0,6; 2 - 0,65; 3 - 0,7; 4 - 0,75; 5 - 0,8; 6 - 0,85; 7 - 0,9; 8 - 0,95; 9 - 1,00.

3.5 Економічність роботи трансформаторної підстанції

Економічність роботи двотрансформаторної підстанції залежить в першу чергу від величини навантаження трансформаторів (п.3.5), а також за рахунок відключення одного із трансформаторів при зменшенні навантаження у години, згідно графіка добового навантаження, тобто за рахунок зменшення тривалості їх сумісної роботи.

Потужність, при якій економічно оправдане відключення від паралельної роботи одного із двох трансформаторів, визначають за формулою:

$$S_{ЕК} = S'_{НОМ} \sqrt{2 \frac{\Delta P'_X}{\Delta P'_K}},$$

де $\Delta P'_X$, $\Delta P'_K$ - приведенні втрати при роботі трансформатора в режимах холостого ходу і короткого замикання.

Приведені втрати в трансформаторі визначаються за формулами:

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + K_E \Delta Q_X;$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + K_E \Delta Q_K.$$

В цих формулах: ΔP_X , ΔP_K - втрати активної потужності в трансформаторах при холостому ходу і при короткому замиканні, наведені в паспортних даних трансформаторів (Табл. Д.4);

K_E - економічний еквівалент реактивної потужності, що залежить від потужності енергосистеми ($K_E = 0,02 \dots 0,05$ кВт/квар);

ΔQ_X , ΔQ_K - втрати реактивної потужності в трансформаторах при холостому ходу і при короткому замиканні.

Втрати ΔQ_X і ΔQ_K знаходять за формулами:

$$\Delta Q_X = S'_{НОМ} \frac{I_X \%}{100}, \quad \Delta Q_K = S'_{НОМ} \frac{U_K \%}{100}.$$

Завантаження трансформаторної підстанції в процентах при знайденій потужності $S_{ЕК}$ буде:

$$S_{ЕК} \% = \frac{S_{ЕК}}{2S_{III}} 100\%.$$

Таким чином, при зменшенні навантаження підстанції до величини $S_{ЕК} \%$, або менше від неї, один трансформатор можна відключити на сумарний час $\sum t$, який визначають за допомогою добового графіка навантаження підприємства.

Сумарний час $\sum t$, коли один трансформатор на протязі доби $T=24$ год буде відключений, в процентах складатиме $\Delta T_{max} = \frac{\sum t}{T} \cdot 100\%$.

При цьому кількість годин використання розрахункової активної потужності на протязі року зменшиться на

$$\Delta T'_{max} = \frac{\Delta T_{max}}{100\%} \cdot T_{max}$$

і складатиме $T'_{max} = T_{max} - \Delta T'_{max}$, год.

Таким чином, зменшення часу роботи трансформатора з T_{max} до T'_{max} відповідно зменшує втрати електроенергії в трансформаторній підстанції.

3.6 Вибір перерізу жил і марки кабелю

Вибір необхідного перерізу жил кабелю напругою до 1000 В проводять для підприємства за допустимим струмовим навантаженням і допустимою втратою напруги [1, с. 322]. Для цього визначають розрахунковий струм за формулою

$$I_p = \frac{1000 S_p}{\sqrt{3} U_{НОМ}}.$$

З урахуванням умов прокладання мереж знаходять за відповідною таблицею стандартний переріз жил кабелю і його марку [2, с. 315, 316, 319].

Рекомендується застосовувати кабелі з алюмінієвими жилами. При симетричному навантаженні (асинхронні двигуни, нагрівальні прилади й ін.) використовують трижильні кабелі, при несиметричному навантаженні (освітлювальні прилади) - чотирижильні кабелі.

Перевірку перерізу жил кабелю на допустиму втрату напруги виконують за формулою:

$$\Delta U = \frac{10^5 (P_p + P_{осг})}{U_{НОМ}^2} R_{Л}, \%$$

де $U_{ном}$ - номінальна лінійна напруга, В;

$P_p + P_{осв}$ - активна потужність силового і освітлювального навантаження, кВт;

$R_{л}$ - активний опір лінії живлення, який визначають за формулою:

$$R_{л} = \rho \frac{L}{S}.$$

В цій формулі: $\rho = 0,0312$ Ом.мм²/м питомий опір жили алюмінієвого кабелю;

L - довжина кабелю, м;

S - площа перерізу жили кабелю, мм².

3.7 Річна витрата електроенергії та її вартість

Річну витрату електроенергії знаходимо за формулою:

$$W_a = (P_p + P_{осв}) T_{max},$$

де $P_p + P_{осв}$ - активна потужність споживання підприємством;

T_{max} - кількість годин використання розрахункової активної потужності на протязі року.

Річну вартість електроенергії визначають за формулою:

$$S_o = d_o W_a,$$

де d_o - вартість 1 кВт.год електроенергії.

3.8. Розрахунки відносно заходів економії електроенергії на підприємстві

Виходячи із розглянутих заходів і розрахунків (п. 3.5...3.7) економію електроенергії на підприємстві можна досягнути за рахунок:

- зменшення струму в лінії живлення в результаті компенсації реактивної потужності конденсаторною установкою до I'_p ;

- зменшення часу паралельної роботи двох з трансформаторів на протязі року з T_{max} до T'_{max} ;

- зменшення витрат електроенергії на освітлення заміною ламп розжарювання люмінесцентними лампами.

Після виконаної компенсації реактивної потужності розрахунковий струм лінії живлення буде:

$$I'_p = \frac{\sqrt{(P_p + P_{осв})^2 + (Q_p - Q_k)^2}}{\sqrt{3}U_{ном}}.$$

Втрати електроенергії в лінії живлення будуть:

- до впровадження заходів компенсації реактивної потужності:

$$W_{л} = 3I_p^2 R_{л} T_{max},$$

- після впровадження заходів компенсації реактивної потужності:

$$W'_л = 3 I_p'^2 R_л T_{\max}.$$

Річна економія електроенергії в лінії живлення буде:

$$\Delta W_л = W_л - W'_л.$$

Втрати електроенергії в трансформаторах будуть:

- при паралельній роботі двох трансформаторів на протязі часу T_{\max} :

$$W_{\text{тр}} = 2 \Delta P'_к T_{\max},$$

- при паралельній роботі двох трансформаторів на протязі часу T'_{\max} :

$$W'_{\text{ТР}} = 2 \Delta P'_к T'_{\max}.$$

Річна економія електроенергії в трансформаторах буде:

$$\Delta W_{\text{тр}} = W_{\text{тр}} - W'_{\text{ТР}}.$$

Витрати електроенергії на освітлення будуть:

- лампами розжарювання $W_{\text{осв}} = k q P_p T_{\max}$;

- люмінесцентними лампами $W'_{\text{інд}} = k q' P_p T_{\max}$;

В цих формулах приймають:

$k = 0,63$ – коефіцієнт перерахунку добового споживання електроенергії для самого короткого дня в середньодобове [4, с.18];

$q = 0,1$ для ламп розжарювання;

$q' = (0,035 \dots 0,06)$ для люмінесцентних ламп в залежності від їх типу (табл. Д. 5).

Економія електроенергії від заміни освітлення лампами розжарювання на освітлення люмінесцентними лампами буде:

$$\Delta W_{\text{осв}} = W_{\text{осв}} - W'_{\text{осв}}.$$

Результати розрахунків з економії електроенергії зводимо в таблицю.

Таблиця. Результати розрахунків з економії електроенергії

Споживачі	Втрати електроенергії, кВт.год		Економія електроенергії, кВт.год
	До впровадження заходів економії	Після впровадження заходів економії	
Кабельна лінія	$W_л$	$W'_л$	$\Delta W_л$
Трансформатори	$W_{\text{тр}}$	$W'_{\text{ТР}}$	$\Delta W_{\text{тр}}$
Освітлення	$W_{\text{осв}}$	$W'_{\text{осв}}$	$\Delta W_{\text{осв}}$
Разом			ΔW

Загальна річна економія електроенергії буде:

$$\Delta W = \Delta W_{\text{л}} + \Delta W_{\text{тр}} + \Delta W_{\text{осв}}$$

Річну вартість зекономленої електроенергії визначають за формулою:

$$\Delta S_o = d_o \Delta W.$$

За рахунок введення заходів з економії електроенергії: компенсація реактивної потужності; відключення навантаження одного із трансформаторів; заміни освітлення з лампами розжарювання на люмінесцентні лампи, досягнута економія коштів складає:

$$\Delta S = \frac{\Delta S_o}{S} \cdot 100\%$$

За виконаними розрахунками треба зробити висновки про те, який споживач найбільше впливає на економію електроенергії.

Рекомендована література

1. Монтік П.М. Електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник. - Львів: "Новий світ-2000", 2007. - 500 с.
2. Иванов А. А. Электрооборудование пищевых предприятий. - 5-е изд., перераб. и доп. - К.: Вища школа, 1985. - 287 с.
3. Иванов А. А. Справочник по электротехнике. - 5-е изд., перераб. и доп. - К.: Вища школа, 1984. - 304 с.

Додатки

Таблиця Д.1 - Нормовані питомі витрати електричної енергії

Вид продукції	Одиниця вимірювання	Питомі витрати, кВт.год/один.вимірюв.
Елеватори	1 т	18...30
Хліб, вироби хлібобулочні	1 т	14 ...35
Вироби бараночні	1 т	80 ...84
Вироби сухарняні	1 т	77 ...81
Соломка	1 т	1200 ...1800
Вироби макаронні	1 т	70 ...85
Торти, пирожні	1 т	100 ...270
Печиво	1 т	60 ...70
Конфети, карамель	1 т	175 ... 185
Шоколад	1 т	270 ... 320
Борошно	1 т	52...66
Крупи	1 т	45...60
Комбікорми	1 т	23...30
Премікси	1 т	40...44
Цукор	1 т	50...55
Олія	1 т	90...160
Спирт	1000 дал	900...1400
Горілчані вироби	1000 дал	260...400
Коньяк	1000 дал	800...1000
Вино	1000 дал	900...1700
Пиво	1000 дал	685...850
Безалкогольні напої	1000 дал	250...270
Консерви овочеві	1 туб	15...25
Консерви м'ясні	1 туб	33...34
Консерви рибні	1 туб	44...46
Соки і напої	1 туб	4...11
М'ясопродукти	1 т	62...64
Ковбасні вироби	1 т	64...64
Продукція цільно-молочна	1 т	13...14
Масло тваринне	1 т	100...105
Сири	1 т	120...140
Бринза	1 т	140...145
Кулінарія рибна	1 т	38...40
Риба гарячого копчіння	1 т	41...43
Риба маринована	1 т	60...62
Борошно рибне	1 т	200...205

Таблиця Д.2 - Значення коефіцієнта потужності підприємств

Підприємство	Коефіцієнт потужності $\cos\varphi$
Хлібозавод	0,75
Елеватор	0,70
Молокозавод	0,83
Борошномельний завод	0,85
М'ясокомбінат	0,77
Консервний завод	0,72
Цукрозавод	0,84
Громадське харчування	0,73
Макаронна фабрика	0,81
Кондитерська фабрика	0,82
Елеватор	0,80

Таблиця Д.3 - Технічні дані конденсаторних установок

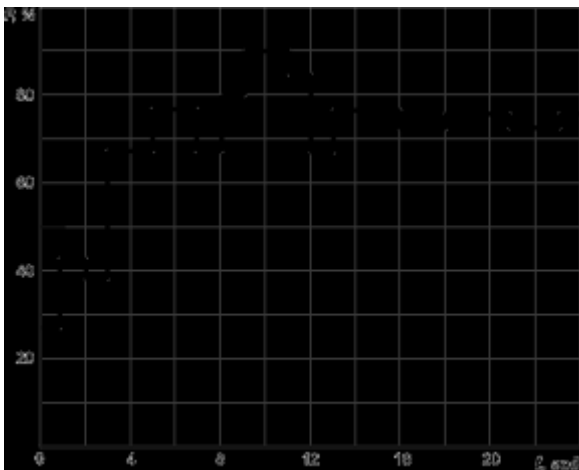
Тип	Номінальна напруга $U_{\text{НОМ}}$, кВ	Номінальна потужність $Q_{\text{НОМ}}$, квар	Номінальна ємність $C_{\text{НОМ}}$, мкФ	Число ступенів регулювання	Маса, кг
КМ-0,66-13-3У3	0,66	13	95	1	26
КМП2-0,4-26-2У3	0,4	26	190	1	52
КСК1-0,4-36-3У3	0,4	36	263	1	30
КСК2-0,4-67-3У3	0,4	67	487	1	60
КС2-0,38-50-3У3	0,4	50	363	1	60
КК-0,38-300-150-У3	0,4	300	2180	2	612
КК-0,38-216-108У3	0,4	216	1570	2	610
КК-0,38-450-150У3	0,4	450	3270	3	880
КК-0,38-324-108У3	0,4	324	2354	3	875
КК-0,38-600-150У3	0,4	600	4360	4	1150

Таблиця Д.4 - Технічні дані трансформаторів

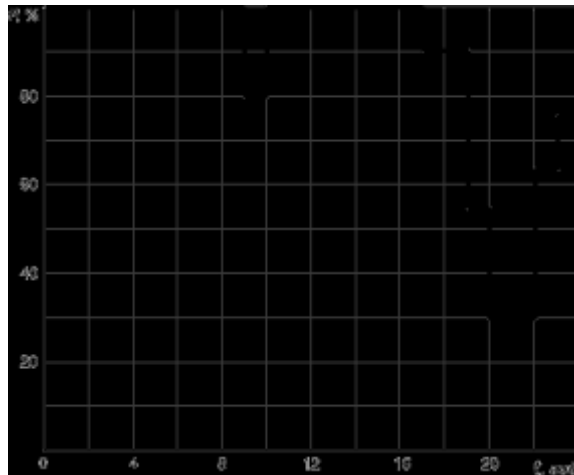
Тип	Номинальна потужність $S_{ном}$, кВ.А	Номинальна напруга, кВ		Струм холостого ходу I_x , %	Втрати потужності, кВт		Напруга короткого замикання u_k , %
		первинна $U_{1ном}$	вторинна $U_{2ном}$		Холостого ходу P_x	Короткого замикання ΔP_k	
ТМ25/10	25	10	0,4	3,2	0,14	0,60	4,5
ТМ40/10	40	10	0,4	3,0	0,19	0,88	4,5
ТМ63/10	63	10	0,4	2,18	0,26	1,28	4,5
ТМ100/10	100	10	0,4	2,6	0,36	1,97	4,5
ТМ160/10	160	10	0,4	2,4	0,56	2,65	4,5
ТМ250/10	250	10	0,4	2,3	0,82	3,70	4,5
ТМ400/10	400	10	0,4	2,1	1,05	5,5	4,5
ТМ630/10	630	10	0,4	2,0	1,56	7,6	5,5
ТМ1000/10	1000	10	0,4	2,8	2,45	12,2	5,5

Таблиця Д.5 - Типові графіки добового навантаження:

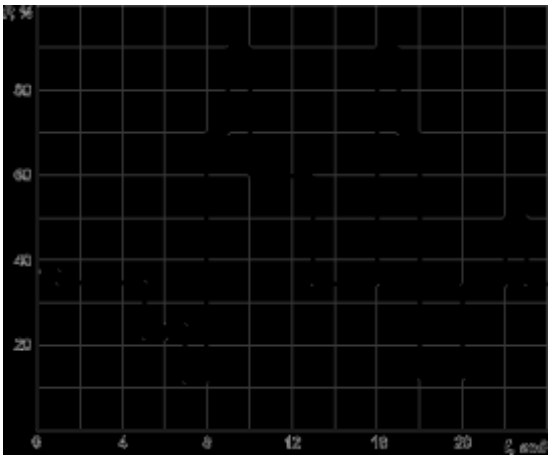
а - хлібозаводу; б - макаронної фабрики; в – кондитерської фабрики;
 г - молокозаводу; д - пивзаводу; е - комбінату харчових концентратів;
 ж - м'ясокомбінату; з - елеватору.



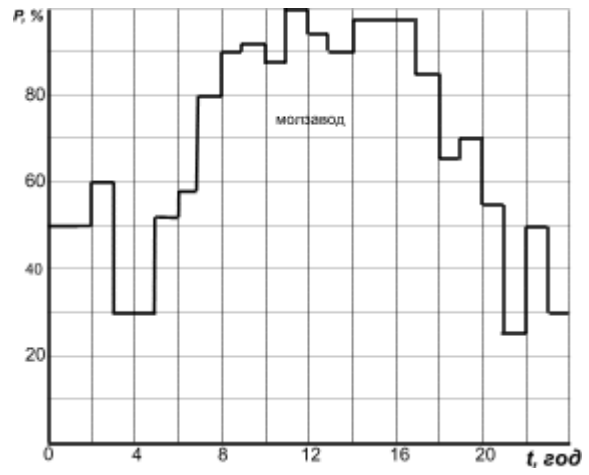
а



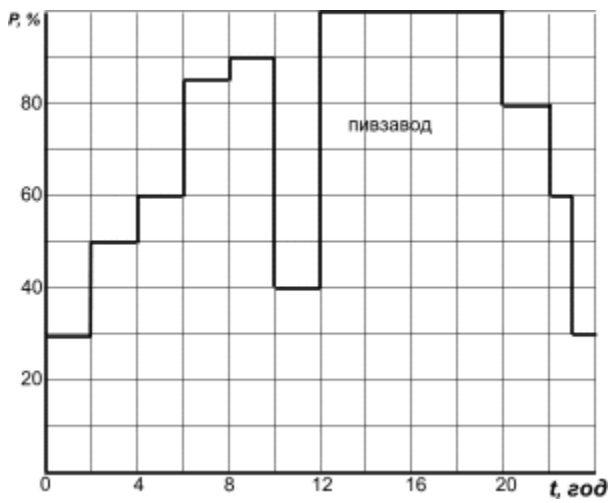
б



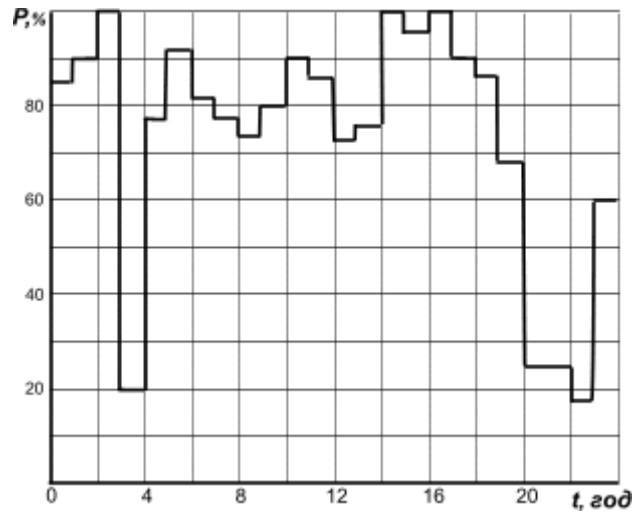
В



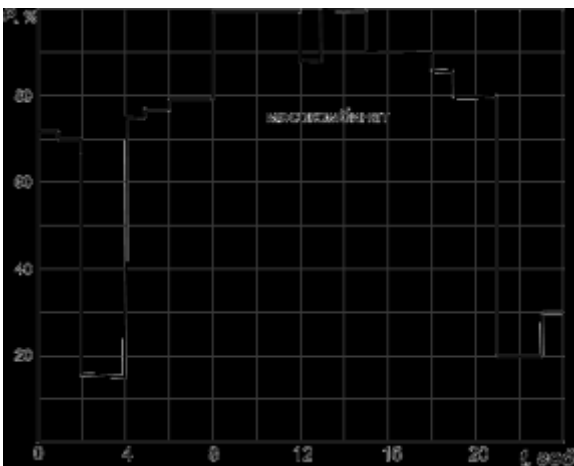
Г



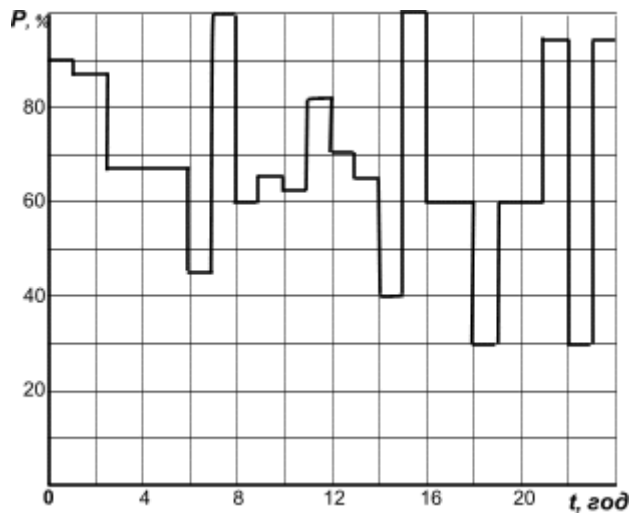
Д



Е



Ж



З

Таблиця Д.6 - Економія електроенергії від заміни ламп розжарювання люмінесцентними лампами

Джерела світла	Економія електроенергії,%	Коефіцієнт q'	Джерела світла	Економія електроенергії,%	Коефіцієнт q'
ЛН на ЛЛ	54	0,046	ЛН на МГЛ	65	0,035
ЛН на ДРЛ	41	0,059	ДРЛ на МГЛ	40	0,06
ЛН на НЛВД	57	0,043	ДРЛ на НЛВД	50	0,05