

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт
з курсу “ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ”

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри
загальної електротехніки
Протокол N 1
від 28.08. 2002р.

Перезатверджено:
на засіданні кафедри
електротехніки
протокол № 7
від “25” квітня 2011р.

Донецьк “ДонНТУ” 2002

УДК 621.3

Методичні вказівки до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт з курсу “Електропостачання промислових підприємств” (для студентів неелектротехнічних спеціальностей).

/С. С. Багдасарян, Н. Л. Тютюнник. Донецьк: ДонНТУ, 2002

Є частиною комплексу методичних матеріалів, розроблених кафедрою загальної електротехніки ДонНТУ. Містять в собі вказівки до підготовки і проведення лабораторних робіт з формами звітів, а також вихідні данні та методичні вказівки що до виконання домашніх розрахунково-графічних робіт.

Наведені матеріали охоплюють в цілому практичну частину курсу “Електропостачання промислових підприємств” згідно до учбових планів студентів неелектротехнічних спеціальностей.

Автори: С. С. Багдасарян, доцент
Н. Л. Тютюнник, ас.

Відп. за випуск С. С. Багдасарян, доцент

Рецензент: Є. Б. Ковальов, проф.

Лабораторна робота № 10.1

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Мета роботи — дослідження основних режимів роботи реального електричного кола, виявлення чинників, що перешкоджають необмеженому збільшенню кількості електроенергії, що передається приймачам по лініям електропостачання (ЛЕП); визначення граничної потужності, яку можливо передати приймачам в електричному колі, і засоби її підвищення.

Домашня підготовка

- вивчити гл.1.2 з роботи /2/. Можна вивчити ці питання за будь-яким іншим підручником;
- вивчити цей посібник;
- підготувати бланк звіту про роботу.

Порядок виконання роботи

а) зібрати коло (рис. 1), що складається з моделі лінії електропостачання (ЛЕП) і приймачів електроенергії. Дроти ЛЕП підвішені на ізоляторах і підключені до затискачів ПЛ1-КЛ1 і ПЛ2-КЛ2 (ПЛ - початок; КЛ - кінець лінії). В даній роботі застосовується тільки один дріт ЛЕП (затискачі ПЛ1-КЛ1). Напруга U_1 на вході ЛЕП (вольтметр PV1) надходить крізь вимикач QF~ і запобіжник FU1 на затискачі А - N стенду. Напруга U_2 на виході ЛЕП (вольтметр PV2) надходить на приймачі електроенергії - лампи розжарювання (затискачі "в-у"). Сумарний струм приймачів вимірюється амперметром РА, а потужність - ватметром РW;

б) дослідження режиму холостого ходу. Ввімкнути QF~ і вимкнути всі лампи. Записати в рядку 1 табл. 1 показання приладів;

в) дослідження режиму роботи кола при збільшенні навантаження. Ввімкнути одну лампу. Записати в рядку 2 табл. 2 показання приладів. Збільшити кількість ввімкнених ламп. Заповнити рядки 3 і 4 табл. 1.

Звернути увагу на провисання дротів ЛЕП.

Вимкнути QF~.

г) дослідження можливості підвищення рівня потужності, що передається по ЛЕП. Підвищити напругу U_1 на вході ЛЕП, для чого переключити дріт від затискача "N" на затискач "С" (показане пунктиром на рис. 1). Повторити дослідження за пунктами б) і в). Показання приладів записати в рядки 5...8 табл. 1.

Оформлення звіту

За даними табл.1 розрахувати потужність, що генерується джерелом в коло $P_1 = U_1 \cdot I$, втрати потужності в дротах ЛЕП $\Delta P_{л} = P_1 - P_2$ (або $\Delta P_{л} = R_{л \cdot I^2}$), к.к.д. кола $\eta = P_2 / P_1$, $\Delta U = (U_1 - U_2) / U_1 \cdot 100$.

ЗВІТ

про лабораторну роботу № 10.1

“ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ”

Група	П.І.Б студента	Дата	Підпис викладача

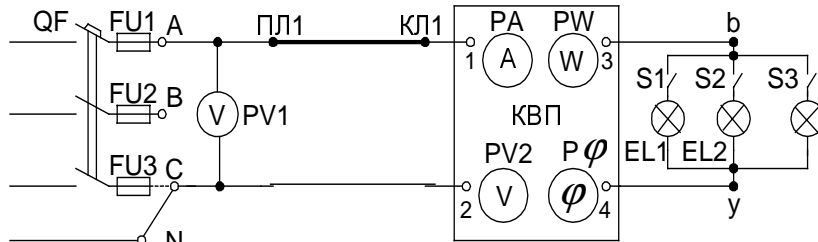


Рис.1 Принципова схема кола, що досліджується

Результати досліджень кола

Таблиця 1

№ п/п	Напруга живлення	кількість ввімк. ламп	Вимірювання				Обчислювання			
			$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$I, \text{А}$	$P_2, \text{Вт}$	$P_1, \text{Вт}$	$\eta, \%$	$\Delta P_{\text{л}}, \text{Вт}$	$\Delta U_1, \%$
1	нижча (A – N)	х.х.								
2		1								
3		2								
4		3								
5	вища (A – C)	х.х.								
6		1								
7		2								
8		3								

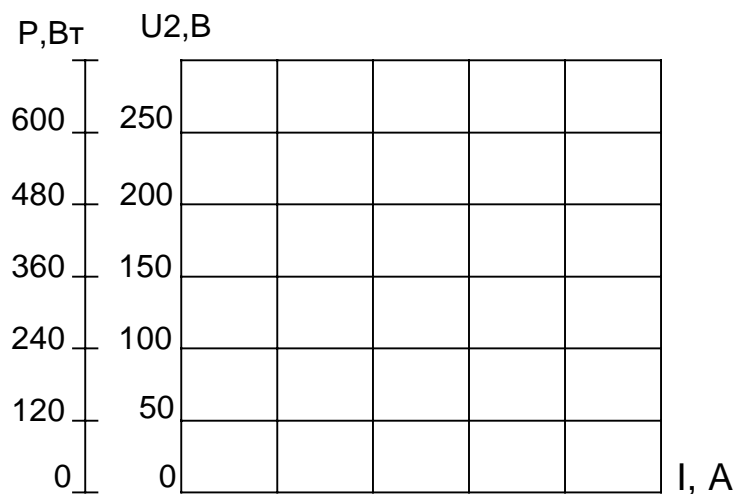


Рис.2 Графічна залежність результатів досліджень

Таблиця 2

Максимальні потужності, що передаються по ЛЕП, у номінальному режимі

напруга U_1 , В	P_2 , Вт
нижча $U_H =$ _____, В	
вища $U_B =$ _____, В	

$$U_B / U_H = \text{---} / \text{---} = \text{---}, \quad (1)$$

$$P_{2B} / P_{2H} = \text{---} / \text{---} = \text{---}; \quad (2)$$

Відповіді на питання:

1. Як і чому змінюється напруга U_2 в кінці ЛЕП (на навантаженні) при збільшенні струму навантаження I ? Яка вона при x . x ?

2. Що обмежує пропускну спроможність ЛЕП (тобто, максимально можливу потужність, що споживається навантаженням)?

3. Запропонуйте шляхи підвищення пропускну спроможності ЛЕП і обґрунтуйте доцільність їхнього застосування для випадків:

- будівництва і введення в експлуатацію нового підприємства або крупного цеху;

- розширення виробництва в існуючому цеху, яке пов'язано із зростанням потужності, що споживається.

4. Що доцільно робити для збільшення величини потужності, що передається по ЛЕП?

За даними табл. 1 побудувати залежності $U_2=f(I)$, $P_1=f(I)$, $P_2=f(I)$ для двох вхідних напруг (U_1).

Відмітити області можливого змінення навантаження для двох значень напруги, прийнявши допустиме падіння напруги в ЛЕП рівним 10%. Відмітити точки номінального режиму (при падінні напруги в ЛЕП 5%).

З табл. 1 в табл. 2 виписати найбільші значення потужності P_2 , що споживаються лампами з нижчою (А-Н) і вищою (А - С) напругами живлення ЛЕП U_1 . Значення цих напруг також записати в табл. 2. Обчислити, у скільки разів підвищилася напруга живлення ЛЕП U_1 (співвідношення 1) і в скільки разів при цьому збільшилась потужність P_2 , що передається приймачу по ЛЕП (співвідношення 2).

Письмово відповісти на питання:

1. Як і чому змінюється напруга U_2 в кінці ЛЕП (на навантаженні) при збільшенні струму навантаження I ? Яка вона при x . x ?

2. Що обмежує пропускну спроможність ЛЕП (тобто, максимально можливу потужність, що споживається навантаженням)?

3. Запропонуйте шляхи підвищення пропускну спроможності ЛЕП і обґрунтуйте доцільність їхнього застосування для випадків:

- будівництво і введення в експлуатацію нового підприємства або крупного цеху;

- розширення виробництва в існуючому цеху, яке пов'язано із зростанням потужності, що споживається.

4.Що доцільно робити для збільшення величини потужності, що передається по ЛЕП?

Лабораторна робота № 10.2

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОЇ МАШИНИ У РЕЖИМАХ ГЕНЕРАТОРА Й ДВИГУНА

Мета роботи — вивчення схеми включення і характеристик синхронної машини (СМ) у режимах генератора і двигуна стосовно до проблем електропостачання.

Домашня підготовка

- вивчити гл.11 з роботи /3/. Можна вивчити ці питання за іншими навчальними посібниками;
- вивчити цей посібник;
- підготувати бланк звіту про лабораторну роботу.

Порядок виконання роботи

1. Опис лабораторного стенду.

Лабораторна робота виконується на спеціальному стенді у лабораторії 1.103, де на одному валу змонтовані синхронна машина і короткозамкнений

асинхронний двигун (АД). АД управляється магнітним пускачем (див. рис. 1 у бланку звіту) за допомогою кнопок «ПУСК» і «СТОП», усі необхідні для цього ланцюги зібрані всередині стенду. До обмоток статора СМ підключений комплект вимірювальних приладів (КВП), який включає до себе амперметр струму статора, вольтметр, ватметр, фазометр і частотомір з перемикачами режиму «генератор – двигун». Стенд містить також регульоване джерело постійного струму збудження з амперметром для виміру цього струму і перемикач у ланцюзі ротора СМ, що дозволить підключати обмотку збудження або до джерела струму, або до спеціального баластного опору на час пуску у режимі двигуна. Окрім цього, на стенді є і інші прилади, що не використовуються у даній роботі.

2. Дослідження синхронного генератора.

Для дослідження синхронного генератора необхідно підключити трифазне навантаження (групи ламп накалювання) до виводів статора СМ. В цій частині роботи будемо використовувати АД у якості приводного двигуна.

2.1. Включити живлення стенду і джерела струму збудження. Перемикач SA1 «Робота – Пуск» у ланцюзі збудження перевести в положення «Робота». Перемикачі режиму у КВП перевести в положення «Генератор». Усі лампи в навантаженні повинні бути відключені.

2.2. Натиском кнопки «Пуск» включити приводний АД.

2.3. Після розгону АД зняти характеристику холостого ходу генератора (залежність його ЕРС від струму збудження). Струм збудження вимірювати амперметром I_z (див. рис. 1), а ЕРС – вольтметром у КВП. Отримані результати занести до табл. 1.

2.4. Встановити ЕРС генератора рівною 230 В. Вмикаючи по одній лампі у кожній фазі навантаження (при незмінному струмі збудження), зняти робочі характеристики генератора (струм навантаження і його потужність, напруга на навантаженні і її частота). Результати вимірів занести до таблиці 2.

2.5. Спробувати підтримувати постійною напругу на навантаженні при її збільшенні, збільшуючи струм збудження. Записати у звіт значення струму збудження при $U=220$ В для 1 і 3 ламп у кожній фазі.

3. Дослідження синхронного двигуна.

3.1. Відключити від статора СМ навантаження і підключити статор до автоматичного вимикача QF1 (рис. 4 бланку звіту).

3.2. У положенні перемикача SA1 «Робота» встановити струм збудження біля 4 А, після чого перевести SA1 у положення «Пуск». При цьому обмотка збудження замикається на спеціальний баластний опір.

3.3. Перемикачі у КВП установити в положення «Двигун».

3.4. Включити QF1. СМ почне розганятися за рахунок пускової обмотки типу «біляча клітка», змонтованої на роторі. Звернути увагу на величину струму статора при цьому. Згодом 4–5 секунд двигун розгониться до підсинхронної швидкості. Після цього перемикач SA1 перевести у положення «Робота», подавши завдяки цьому струм в обмотку збудження. Відбудеться «втягнення у синхронізм», що супроводжується коливаннями частоти обертання і струму

ЗВІТ
про лабораторну роботу № 10.2
“ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОЇ МАШИНИ У РЕЖИМАХ
ГЕНЕРАТОРА І ДВИГУНА”

Група	ПІБ студента	Дата	Підпис викладача

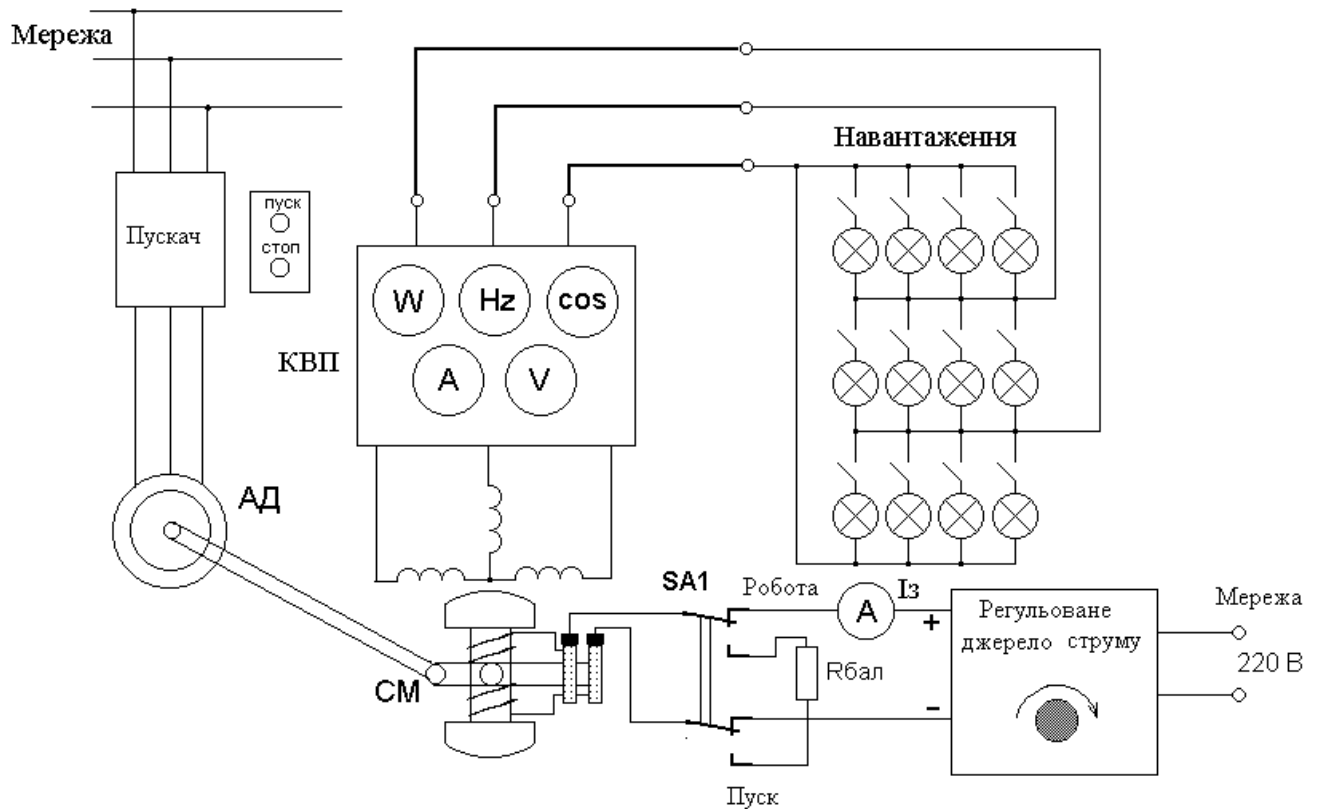


Рис.1. Схема дослідження синхронного генератора
Таблиця 1

I_z, A	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
E_g, V								

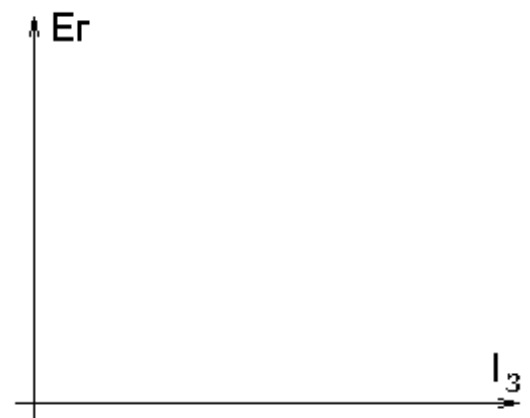


Рис.2. Характеристика холостого ходу генератора

Відповідь на питання:

1. Пояснити вид характеристики холостого ходу

Таблиця 2

К-ть ламп у фазі	I_n, A	U_n, B	$f, Гц$	$P, Вт$
0				
1				
2				
3				
4				

Для $U_{ном} = 220 B$

1 лампа у фазі, $I_3 =$

3 лампи у фазі, $I_3 =$

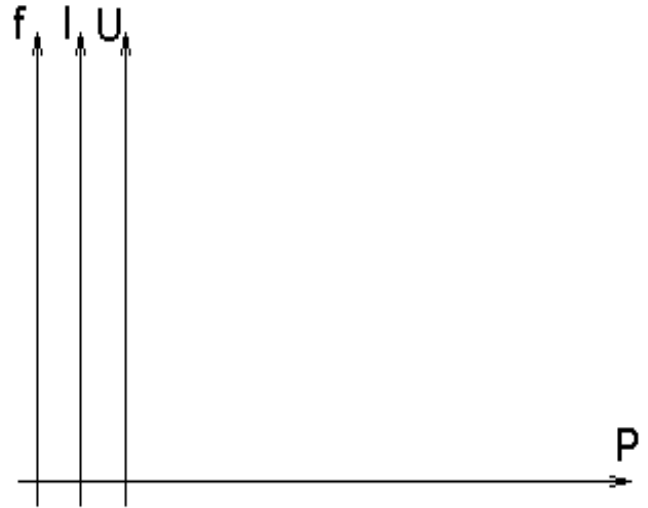


Рис. 3. Робочі характеристики генератора

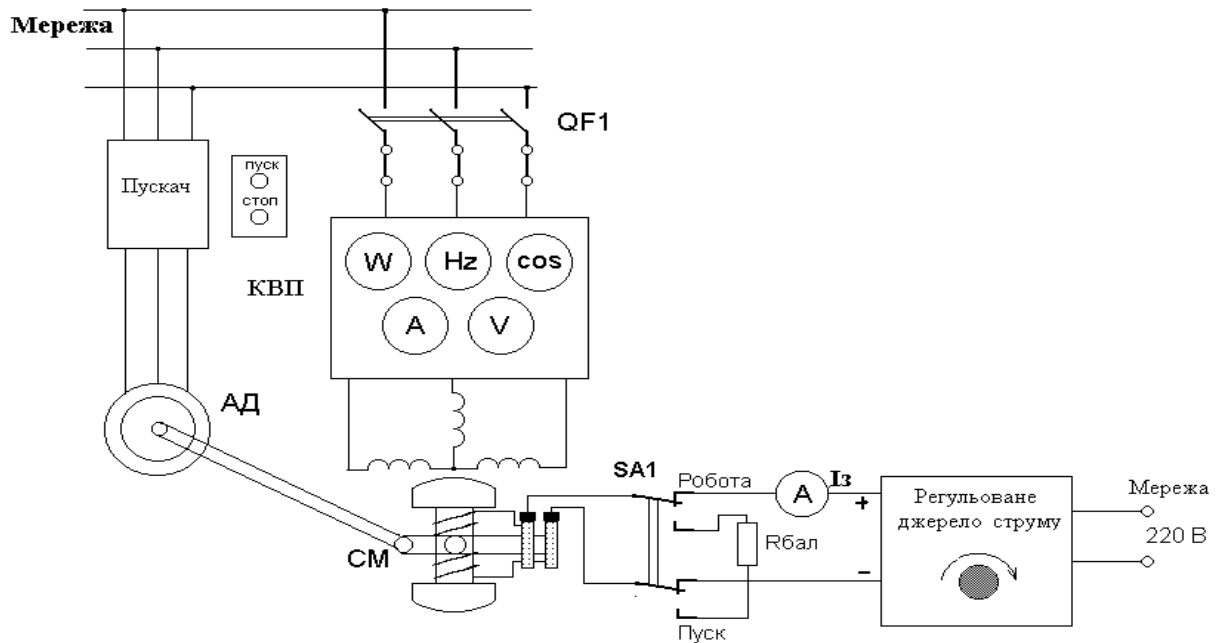


Рис. 4. Схема дослідження синхронного двигуна

Таблиця 3

I_3, A	I_c, A	$P, Вт$	$\cos\phi$	$Q, ВАр$	Характ. Q
1					

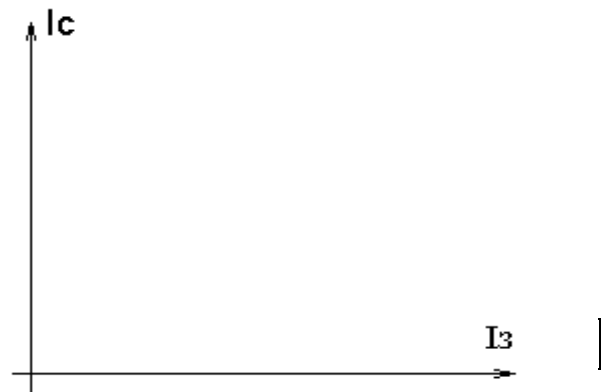


Рис. 5. U – образна характеристика

Відповіді на питання:

2. Чому зі зростанням потужності, що споживається від генератора, знижується напруга на навантаженні? Що необхідно зробити для її підтримання?

3. Чому зі зростанням потужності, що споживається від генератора, знижується частота? Що необхідно зробити для її підтримання?

4. Перерахувати стисло гідності і недоліки синхронного двигуна. У яких випадках доцільно його використання?

5. Від чого залежать активна і реактивна потужності, що споживаються СД? Відповідь пояснити, використовуючи дані табл. 3.

статора. Після встановлення роботи у синхронному режимі струм статора різко падає, частота обертання встановлюється рівною синхронній швидкості і не змінюється.

3.5. Зняти $U - \cos\varphi$ образні характеристики двигуна (залежності струму статора і коефіцієнту потужності від струму збудження ротора). Результати вимірів занести до табл. 3. Зафіксувати режим, в якому $\cos\varphi=1$ і внести відповідні значення до таблиці. Звернути увагу на практично незмінну величину активної потужності. Величину реактивної потужності можна розрахувати за відомими співвідношеннями. У колонку «Характер Q » записують: індуктивна або ємнісна.

Оформлення звіту

Побудувати за даними табл.1 на рис.2 характеристику холостого ходу генератора.

Відповісти на питання:

1. Пояснити вид характеристики холостого ходу.

Побудувати на рис.3 робочі характеристики генератора, використовуючи дані табл.2.

На основі аналізу характеристик відповісти на питання:

2. Чому зі зростанням потужності, що споживається від генератора, знижується напруга на навантаженні? Що необхідно зробити для її підтримання?
3. Чому зі зростанням потужності, що споживається від генератора, знижується частота? Що необхідно зробити для її підтримання?

Побудувати за даними табл.3 на рис.5 $U - \cos\varphi$ образну характеристику двигуна. Нанести на ній зони індуктивного і ємнісного характерів коефіцієнту потужності.

Відповісти на питання:

4. Перерахувати стисло гідності і недоліки синхронного двигуна. У яких випадках доцільно його використання?
5. Від чого залежать активна і реактивна потужності, що споживаються СД? Відповідь пояснити, використовуючи дані табл. 3

Лабораторна робота № 10.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Мета роботи — ознайомлення з типовою схемою і апаратурою, що застосовується для електропостачання цеху промпідприємства; отримання навичок вмикання й відмикання електрообладнання на тренажері.

Домашня підготовка

- вивчити гл.4 з роботи /1/. Можна вивчити питання електропостачання за іншими навчальними посібниками;
- вивчити цей посібник;

– підготувати бланк звіту про лабораторну роботу.

Порядок виконання роботи

1. Опис лабораторного стенду – тренажера.

В лабораторії 2.236 є один лабораторний стенд – тренажер (рис. 2). На стенді в натурі уявлена частина схеми рис. 1: секція I шин ВРП 6 кВ, напруга на яку від джерела живлення попадає через ввідну високовольтну (ВВ) ячейку QF1 (на стенді уявлені тільки кнопки SB1 і SB2 вмикання і вимикання цієї ячейки). При вмиканні вимикача QF2 ВВ ячейки ВРП напруга 6 кВ по 3-жильному ВВ кабелю попадає до знижувального трансформатора TV, вторинна обмотка якого з'єднана за схемою "зірка" з нейтральним проводом. Нейтраль вторинної обмотки трансформатора глухо заземлена. Чотири виводи вторинної обмотки трансформатора (a, b, c, n) через 4-жильний НВ кабель і автоматичний вимикач вводу QF4 подає систему низьких трифазних напруг 0.4/0.23 кВ на секцію шин I НРП, розміщеного в НВ шафі. Три шини (a, b, c) розміщені в шафі на ізоляторах, до них підключені через вимикач QF4 три проводи a, b, c кабелю: четверта (шина, що заземлена) з'єднана наглухо з корпусом шафи, до неї підключений провід кабелю, який минає вимикач QF4. В НВ шафі розміщені автоматичні вимикачі QF5, QF6, QF7, до яких відповідно через 3-жильні кабелі підключені батарея конденсаторів БК і цехові приймачі – двигуни M1 і M2. При вмиканні QF6 і QF7 подається напруга до магнітних пускатів KM1 і KM2 цих двигунів. Для вмикання і вимикання двигунів потрібне натиснути кнопки «Пуск» і «Стоп» цих пускатів. При вмиканні QF5 безпосередньо підключається батарея конденсаторів БК. Через вимикач QF8 живиться освітлювальне навантаження цеху. Магістральний 4-жильний кабель подає напругу до розподільної коробки РК (проводи a, b, c і n). Від коробки РК до світильників ідуть 2-жильні кабелі, що подають до кожної лампи лінійний і нейтральний проводи (a і n; b і n; c і n). Лампи мають індивідуальні вимикачі S1, S2, S3. Є автоматичний вимикач QF3 резервування вводу.

Всі металеві елементи цеху (корпуса двигунів, електрообладнання, світильників, металоконструкцій) занулені, тобто приєднані до контуру заземлення, що зв'язаний з заземленою нейтраллю трансформатора.

2. Вивчення макету – тренажера системи електропостачання цеху промислового підприємства.

2.1. Вивчити загальну принципову схему електропостачання цеху промислового підприємства (рис.1) за плакатом 1, який знаходиться на стенді лабораторії біля тренажера. На цьому плакаті червоним кольором виділені ті елементи, що на стенді – тренажері виставлені в натурі.

2.2. Вивчити стенд – тренажер електропостачання цеху промпідприємства в лабораторії. Знайти всі елементи, що спом'януті в описі (і на рис.2). Звернути увагу, що вхід в високовольтну частину стенду – тренажера огорожений; на огорожі є плакати, що попереджають: «Стій! Висока напруга!».

УВАГА! Входити за огорожу високовольтної частини стенду можна тільки після зняття напруги з електрообладнання, що знаходиться за ним!

ЗВІТ
про лабораторну роботу № 10.3
«ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА»

Група	П. І. Б. студента	Дата	Підпис викладача

2. Вивчення макету – тренажера системи електропостачання цеху промислового підприємства.

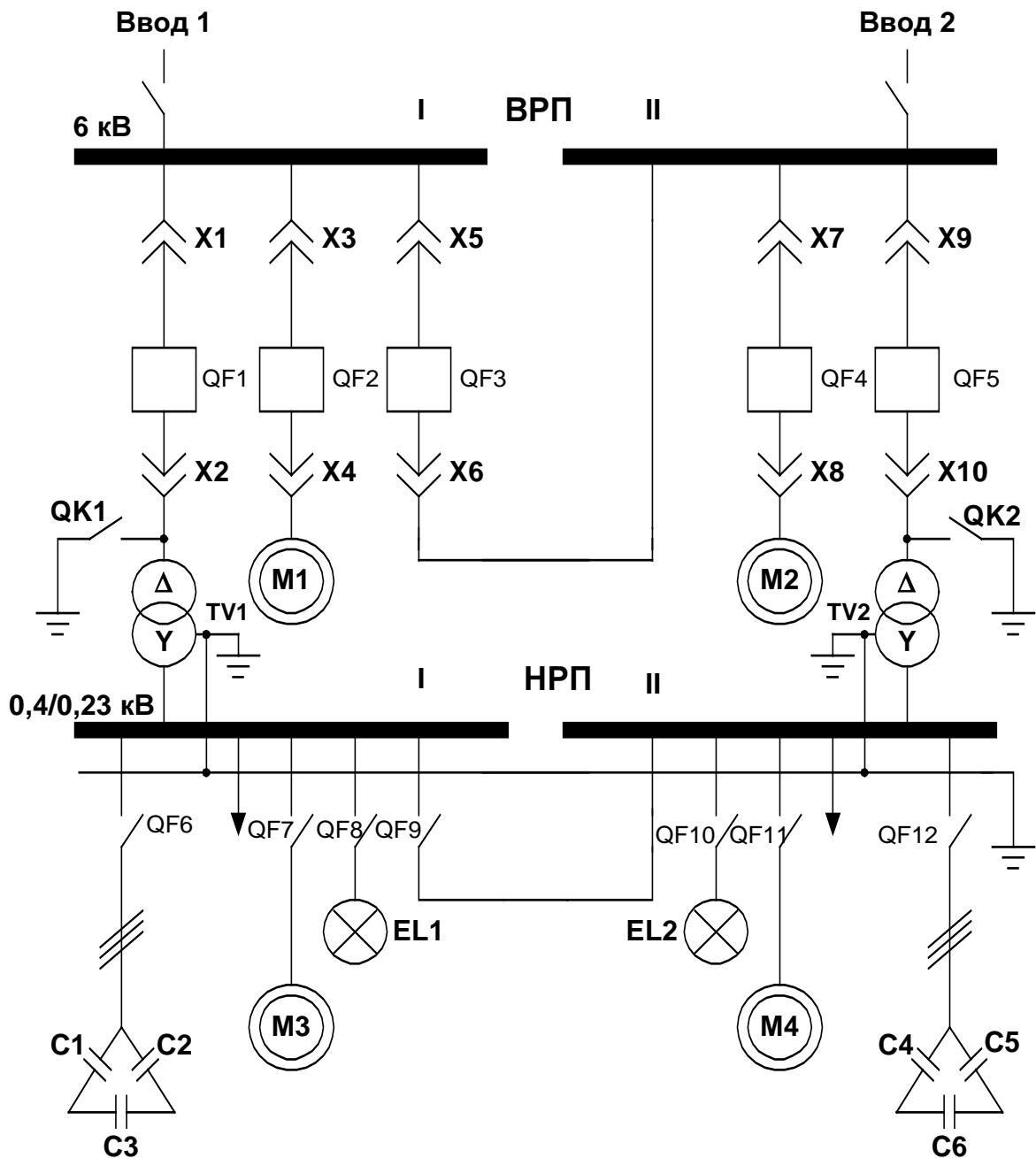


Рис.1. Принципова схема електропостачання цеху промислового підприємства (однолінійна)

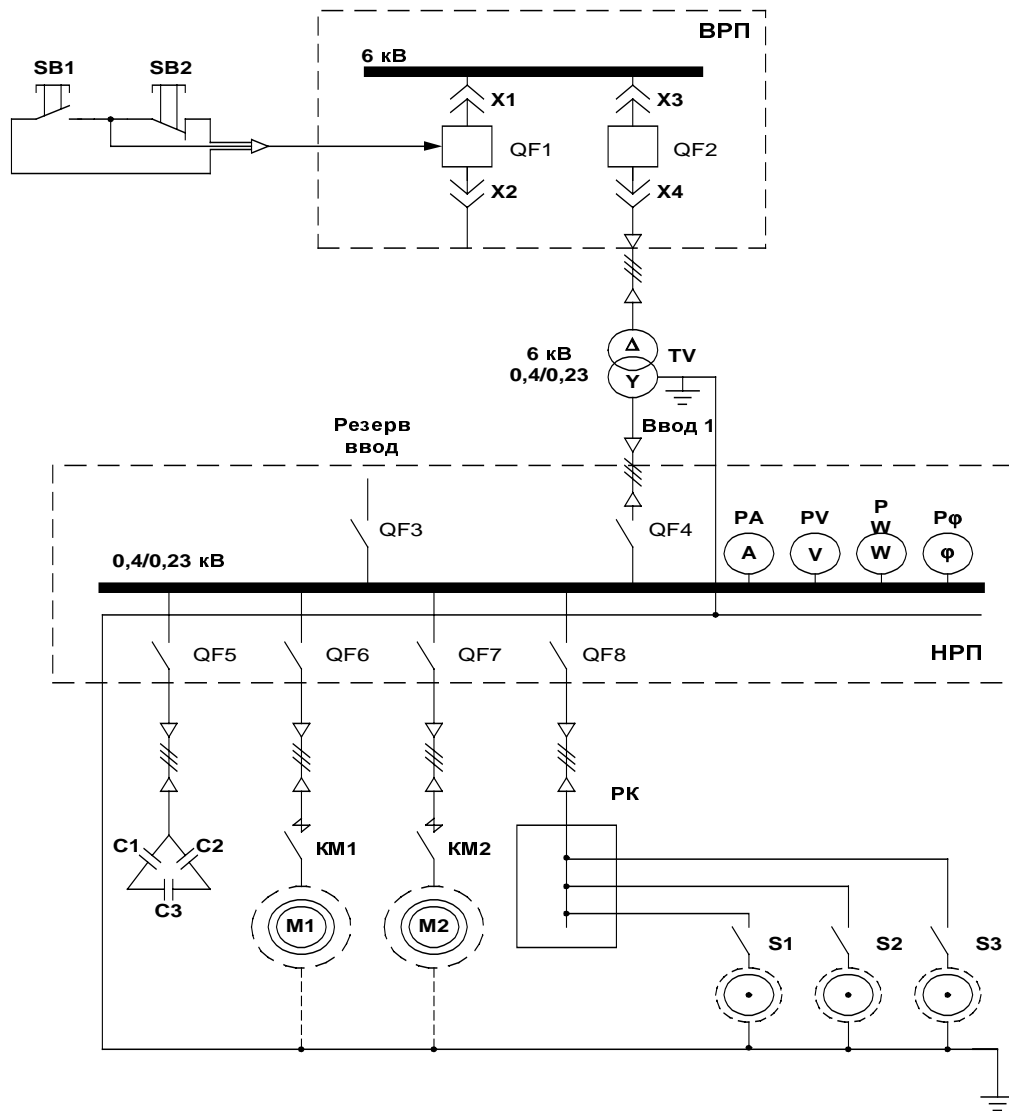


Рис.2. Принципова схема макета-тренажера для вивчення електропостачання цеха промислового підприємства (однолінійна)

3. Оволодіння навичками вмикання і вимикання елементів цехового електропостачання на тренажері.

Таблиця 1

Ввімкнено	Висока напруга (ВРП) $U_{в} =$					
	Низька напруга (НРП) $U_{н} =$					
	Заміряно			Обчислено		Примітки
I, А	P, Вт	$\cos\varphi$	S, ВА	Q, ВА _р		
1. Освітлення						
2. M1, M2, освітлення						
3. M1, M2, освітлення, БК						

Відповіді на питання:

- 1.1. Чому на промислових підприємствах застосовуються дві напруги електропостачання – високе (6 або 10кВ) і низьке (380/220 або 660 В)?

- 1.2. Чому шини високовольтних і низьковольтних розподільних пристроїв (ВРП і НРП) складаються з двох секцій I і II; чому застосовуються 2 знижувальних трансформатора? В яких випадках це можна не робити?

- 1.3. Які функції виконує ВВ – вимикач?

- 2.2. Які функції виконують роз'єднувачі? Як вимикаються роз'єднувачі в ячейці ВВ ВРП?

- 2.3. Як здійснюється захисне занулення електродвигунів, БК, світильників?

- 2.4. Чому при вимиканні ВРП необхідно спочатку вимкнути ВВ – вимикач, а після цього вкочити теліжку?

- 2.5. Чому в ячейці ВРП окрім ВВ – вимикачів, передбачені роз'єднувачі?

2.3. Зняти високу напругу з електрообладнання, що знаходиться за огорожею, шляхом вимикання ввідного високовольтного вимикача (див. рис.2) кнопкою «Вимк.», розміщеної на дверях огорожі. Відкрити двері огорожі, вийти за огорожу і вивчити всі елементи ВВ – ячейки ВРП: струмопровідні шини, роз'єднувачі, високовольтний вимикач, трансформатори струму, реле захисту. Розібратися, яким чином можна розімкнути роз'єднувачі.

2.4. Вивчити силовий трансформатор Т: виводи обмоток високої напруги (ВН); виводи обмоток сторони нижчої напруги (НН); ізолятори; система охолодження; глухе заземлення нейтралі сторони НН трансформатора.

2.5. Вивчити каналізацію електроенергії по підприємству (на тренажері): високовольтний кабель (від ВРП до Т); низьковольтний (від Т до НРП); кабелі, що ідуть до М1, М2 (від НРП до магнітних пускачів; кабелі для освітлення (магістральний і для окремих світильників).

2.6. Вивчити систему захисного занулення приймачів електроенергії в цеху за рис. 2, за плакатом №2 в лабораторії і на тренажері.

3. Оволодіння навичками вмикання і вимикання елементів цехового електропостачання на тренажері.

3.1. Вийти за межі огорожі. Закрити двері на ключ. Подати напругу на шини 6 кВ, ввімкнувши кнопку «Ввімк.», розташовану на дверях огорожі. Переконатися, що після подачі цієї напруги вольтметр покаже напругу 6 кВ. Сигнальна лампа зеленого кольору горить, це вказує на те, що ВВ – вимикач ВРП вимкнутий. Вкотити теліжку ячейки ВРП.

3.2. Ввімкнути ВВ – вимикач ВРП електромагнітним приводом, повернувши ручку «Ключ керування», що знаходиться на панелі ВРП, по годинній стрілці на 90^0 . Сигнальна лампа зеленого кольору погасне, а червоного – загориться. Записати показання вольтметра в табл. 1.

3.3. Відкрити двері НРП; ввімкнути ввідний автомат «Ввід 1» (QF4 за рис. 2), при цьому на шинах з'явиться напруга 0.4/0.23 кВ.

3.4. Ввімкнути автомати окремих приймачів М1, М2, «Освітлення» (QF6, QF7, QF8 за рис. 2); при цьому напруга 0.4 кВ буде подана на лінії, що ведуть до М1, М2, а напруги 0.4/0.23 кВ – на магістраль освітлення. Закрити двері НРП; показання вольтметра низької напруги PV, що знаходиться на дверях НРП, записати в табл. 1.

3.5. Ввімкнути світильники вимикачами, що знаходяться біля них (S1, S2, S3).

3.6. Ввімкнути асинхронні двигуни М1, М2 кнопками «Пуск» відповідних пускачів; звернути увагу, зміниться чи ні накаливання світильників.

3.7. Записати в табл. 1 показання приладів НРП (амперметра, ватметра, фазометра) при наступних вмиканнях:

- всі світильники;
- всі світильники; М1 і М2.

3.8. Відкрити двері НРП і ввімкнути батарею конденсаторів автоматом БК (QF5 на рис. 2), закрити двері НРП; записати показання приладів при вмиканні всіх приймачів (світильників, М1, М2) і БК.

3.9. Вимкнути ВВ – вимикач, повернувши ручку «Ключ керування» проти годинної стрілки на 90^0 .

Оформлення звіту

Обчислити повну і реактивну потужності, що споживаються з мережі для всіх випадків вмикання (табл. 1). Розрахункові формули:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I, \text{ ВА}; \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \text{ ВАр.}$$

Відповісти на питання:

1. Чому на промислових підприємствах застосовуються дві напруги електропостачання – високе (6 або 10кВ) і низьке (380/220 або 660 В)?
2. Чому шини високовольтних і низьковольтних розподільних пристроїв (ВРП і НРП) складаються з двох секцій I і II; чому застосовуються 2 знижувальних трансформатора? В яких випадках це можна не робити?
3. Які функції виконує ВВ – вимикач?
4. Які функції виконують роз'єднувачі? Як вимикаються роз'єднувачі в ячейці ВВ ВРП?
5. Як здійснюється захисне занулення електродвигунів, БК, світильників?
6. Чому при вимиканні ВРП необхідно спочатку вимкнути ВВ – вимикач, а після цього вкочити теліжку?
7. Чому в ячейці ВРП окрім ВВ – вимикачів, передбачені роз'єднувачі?

Лабораторна робота № 10.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ

Мета роботи — вивчення впливу реактивної потужності споживачів підприємства на процеси в системі електропостачання.

Домашня підготовка

- вивчити гл.5 з роботи /1/. Можна вивчити ці питання за іншими навчальними посібниками;
- вивчити цей посібник;
- підготувати бланк звіту про лабораторну роботу.

Порядок виконання роботи

1. Опис лабораторного стенду.

Лабораторна робота виконується на універсальних лабораторних стендах. Схема установки, що досліджується (рис. 1 бланку звіту), являє собою модель ділянки системи електропостачання, починаючи від шин головної понижуючої підстанції (ГПП), далі трансформатор цеховий понижуючої підстанції (ЦТП) і споживачі цеху (без врахування опорів шин і кабелів). Навантаження споживачів цеху уявлене у вигляді суми активної (група ламп) і реактивної (котушка індуктивності) складових. Для компенсації реактивної складової навантаження використовується батарея конденсаторів, встановлена в стенді. Для дослідження процесів у системі використовуються вимірювальні прилади: комплект, який складається з вольтметра, амперметра і ватметра, зібраний на

ЗВІТ
про лабораторну роботу № 10.4
“ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ
ПОТУЖНОСТІ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ”

Група	ПІБ студента	Дата	Підпис викладача

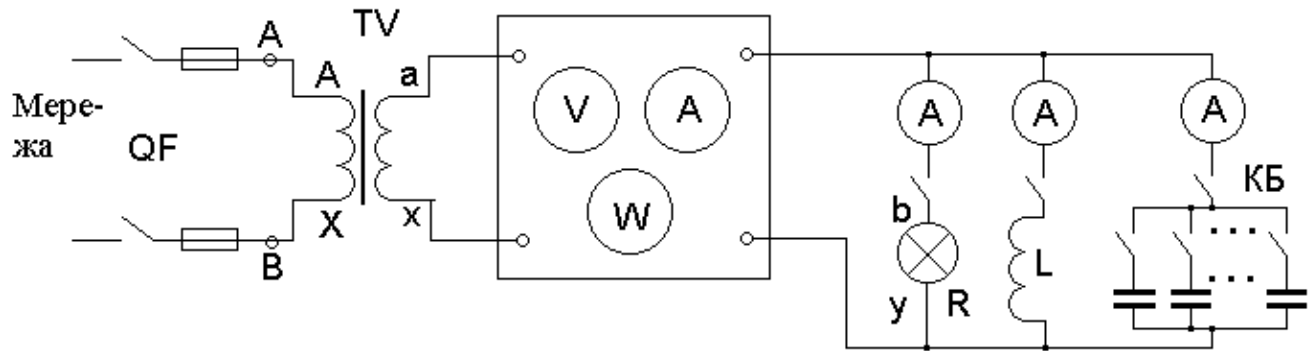


Рис.1. Схема установки, що досліджується.

Таблиця 1

№ ви-міру	Ем. КБ, мкФ	Заміряно						Обчислено				
		U, В	I, А	P, Вт	I _a , А	I _L , А	I _c , А	S, ВА	cosφ	Q, ВАр	Q _{кб} , ВАр	хар. Q
1	-		0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	-					X	X					
3	0											
4	20											
5	40											
6	60											
7	80											
8	100											
9	120											

а) $C = 20$ мкФ

б) $C = 60$ мкФ

в) $C = 120$ мкФ

Рис. 2. Векторні діаграми струмів для різних значень ємності КБ

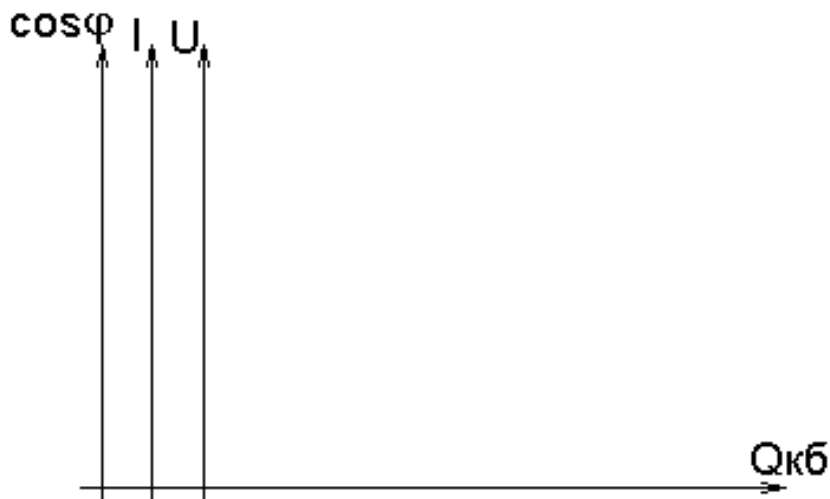


Рис. 3. Залежності напруги, струму і коефіцієнта потужності системи від потужності конденсаторної батареї.

Відповіді на питання:

1. Що характеризують величини активної і реактивної потужності, що споживаються навантаженням підприємства?

2. У чому полягає негативний вплив реактивної потужності споживачів?

3. Для чого встановлюють конденсаторні батареї і як визначається їхня потужність?

стенді, а також амперметри, що зміряють струм кожної складової навантаження.

2. Дослідження впливу реактивної потужності навантаження.

2.1. Зібрати схему за рис. 1 в бланку звіту, використовуючи в якості понижуючого трансформатора наявний на стенді трифазний трансформатор (можна використати обмотки будь-якої з фаз).

2.2. Включити живлення (після перевірки схеми викладачем) при відключених навантаженнях і конденсаторної батареї – режим холостого ходу системи. Результати вимірів (напруга холостого ходу на шинах низької напруги ЦТП) записати в перший рядок табл. 1.

2.3. Включити групу ламп (3 лампи), змодельовавши завдяки цьому чисто активне навантаження. Результати вимірів занести в другий рядок табл. 1.

2.4. Включити котушку індуктивності, змодельовавши реальне активно-індуктивне навантаження споживачів. Результати вимірів занести в третій рядок табл. 1.

2.5. Включити конденсаторну батарею, встановити ємність 20 мкФ (часткова компенсація реактивної потужності), повторити виміри. Далі провадити виміри, збільшуючи ємність батареї (виміри 4 – 9).

Оформлення звіту

За результатами вимірів для кожного випадку табл.1 обчислити:

- повну потужність навантаження ($S=U \cdot I$, ВА),
- коефіцієнт потужності ($\cos\varphi=P/S$),
- реактивну потужність навантаження ($Q=U \cdot I_L$, ВАр),
- реактивну потужність конденсаторної батареї ($Q_{КБ}=U \cdot I_C$, ВАр),

а також визначити характер реактивної потужності навантаження в цілому – індуктивна або ємнісна, записавши отримані значення у відповідні колонки табл. 1.

Побудувати векторні діаграми струмів (рис.2 бланку звіту) для трьох значень ємності конденсаторної батареї (20 мкФ, 60 мкФ, 120 мкФ).

На основі результатів вимірів і розрахунків, наведених в табл.1, побудувати залежності коефіцієнта потужності, струму і напруги навантаження від реактивної потужності конденсаторної батареї (рис.3 бланку звіту).

Відповісти на питання :

1. *Що характеризують величини активної і реактивної потужності, що споживаються навантаженням підприємства?*
2. *У чому полягає негативний вплив реактивної потужності споживачів?*
3. *Для чого встановлюють конденсаторні батареї і як визначається їхня потужність?*

Лабораторна робота 10.5

ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ Й ЕНЕРГІЇ В ТРИФАЗНИХ КОЛАХ. ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОГО ВИДАТКУ І ПЛАТИ ЗА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ

Мета роботи — вивчення основних засобів вимірювання потужності і кількості енергії, що споживається в трифазних колах змінного струму, а також використання цих даних для визначення питомих видатків і плати за електроенергію.

Домашня підготовка

- вивчити гл.6 з роботи /1/. Можна вивчити ці питання по будь-якому іншому навчальному посібнику;
- вивчити цей посібник;
- підготувати бланк звіту про лабораторну роботу.

Порядок виконання роботи

1. Опис лабораторного стенду.

Лабораторна робота виконується на універсальному лабораторному стенді. Схема установки, що досліджується (рис. 1.1 бланку звіту), являє собою трифазний приймач енергії (на рис.1.1 показаний пунктиром "Чорний ящик" (Ч.Я.)). Трифазний приймач складається з обмоток статора асинхронного двигуна М (С1 - С6) і лампового реостата з трьох груп ламп ("а-х", "в-у", "с-з"). Схема Ч.Я. збирається один раз, на ній повинні бути виведені вхідні затискачі а, в, с;

Для дослідження процесів у системі використовуються: спеціальний комплект, який складається з трифазного ватметра і трифазного лічильника (зіібраний на окремому стенді), а також амперметр і вольтметр на універсальному стенді.

2. Визначення потужностей трифазного приймача.

2.1. Зібрати ланцюг за схемою рис.1.1. Включити QF~ і по три лампи в фазах. Показання ватметра РW, вольтметра РV, амперметра РА записати в рядок 1 табл.1;

2.2. Відключити по дві лампи в фазах "а-х" і "в-у"; показання вимірювальних приладів записати в рядок 2 табл.1. Вимкнути QF~

3. Вимірювання спожитої електроенергії.

3.1. Замінити ватметр у ланцюзі (схема рис. 1.1) трифазним лічильником (тобто зібрати ланцюг за рис. 2.1),

3.2 Включити QF~ і по три лампи в кожній фазі. Підрахувати і записати в табл.2 число обертів диску лічильника за час t (наприклад, за 2 хв.);

3.3 Записати в табл.2 (зі щитка лічильника) число обертів його диску N, відповідне 1 кВт год. спожитої енергії. Вимкнути QF~

ЗВІТ

про лабораторну роботу № 10.5

**«ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ Й ЕНЕРГІЇ В ТРИФАЗНИХ КОЛАХ.
ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОГО ВИДАТКУ І ПЛАТИ ЗА
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ»**

Група	ПІБ студента	Дата	Підпис викладача

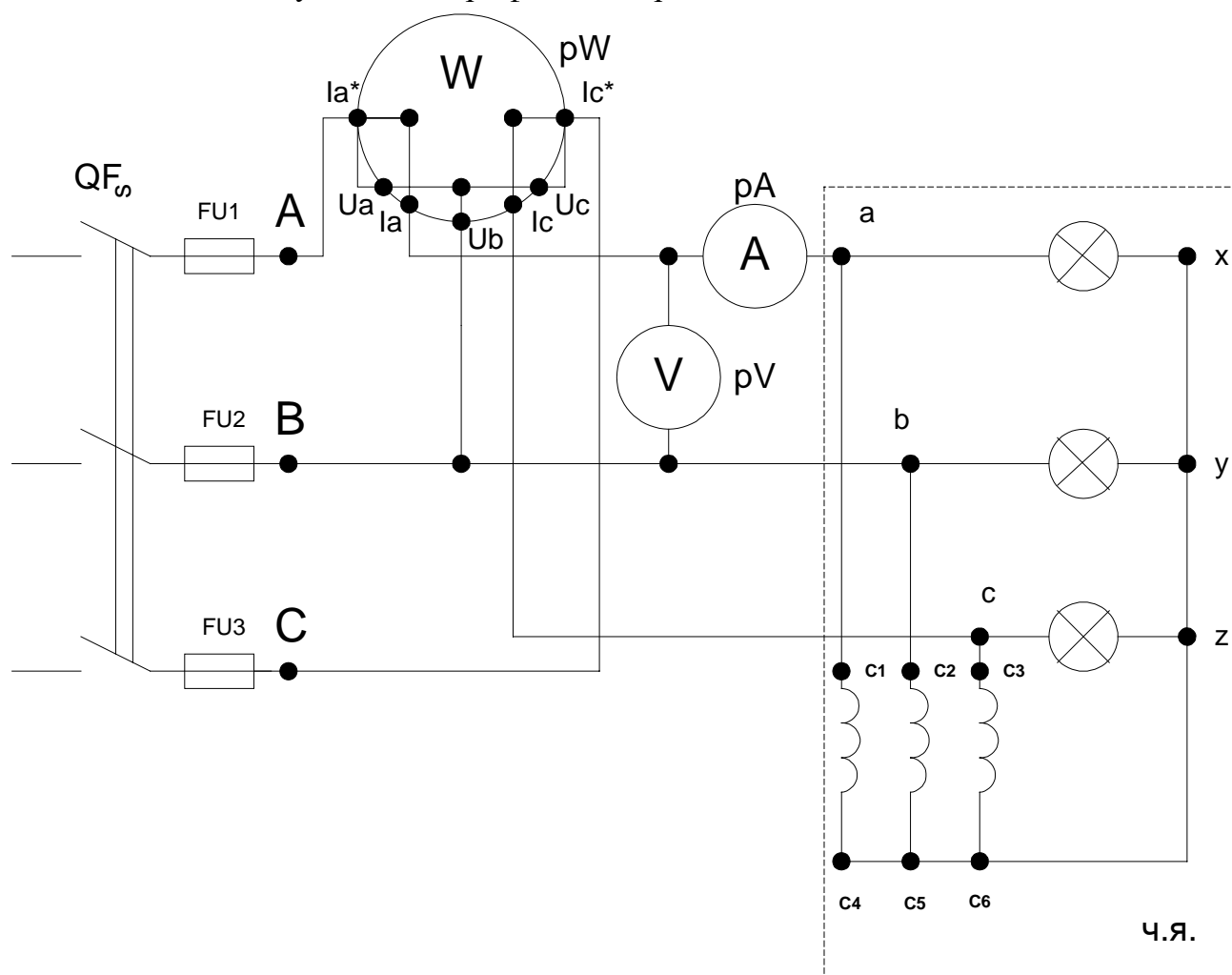
1. Визначення потужностей трифазного приймача.

Рис. 1.1. Вимірювання потужності трифазним ватметром.

Таблиця 1

метод вимірювання	номер рядка	тип навантаження	заміряно			обчислено	
			Uл, В	Iл, А	P, Вт	S, ВА	Q, ВАр
трифазний ватметр	1	сим.					
	2	несим.				x	x

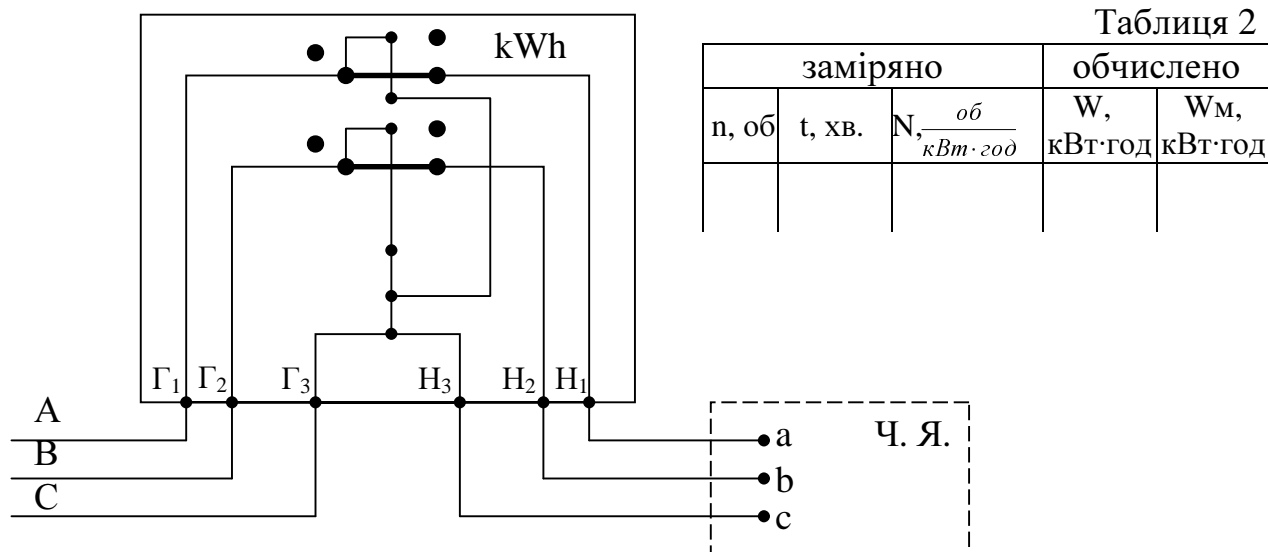
2. Вимірювання спожитої електроенергії.

Рис. 2.1. Схема включення трифазного лічильника.

Таблиця 2

заміряно			обчислено	
п, об	t, хв.	$N, \frac{\text{об}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	W, кВт·год	W _м , кВт·год

Визначення питомого видатку і плати за електроенергію.

Таблиця 3

Величини	$P_{\text{пр}}, \text{кВт}$	$Q_{L \text{ пр}}, \text{кВАр}$	$W_{\text{пр}}, \text{кВт} \cdot \text{год}$
Значення			

Плата за місячне споживання електроенергії

$$K = \frac{\boxed{} - \boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}, \%$$

$$\Pi_{\text{м}} = \left(\frac{\boxed{}}{12} \boxed{} + \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \boxed{} \right) \times \left(1 + \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \right) = \boxed{}, \text{грн.}$$

Питомий видаток електроенергії

$$\mathcal{E}_y = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}, \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{од. продукції}$$

Оформлення звіту

Обчислити і записати в рядок 1 табл.1 значення повної і реактивної потужності, що споживаються трифазним колом за формулами:

$$S = \sqrt{3} * U_l * I_l, \text{ ВА} ; Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \text{ ВАр}$$

Обчислити і записати в табл.2 кількість енергії, спожитої симетричним приймачем за час t роботи, за формулою $W=n/N$ кВт год і видаток електроенергії цим приймачем за місяць роботи (протягом 540 годин) за формулою:

$$W_M = 540 * 60 * n / N * t, \text{ кВт год.}$$

Визначення питомого видатку і плати за електроенергію:

а) умовно прийняти, що на підприємстві встановлено 2000 приймачів енергії (аналогічних означеному на рис. 1.1 з параметрами, наведеними в табл. 1 і 2). Визначити і записати в табл. 3 активну потужність приймачів підприємства $P_{пр} = 2000 * P$ і реактивну $Q_{Lпр} = 2000 * Q$, фактично спожиту підприємством за місяць електроенергію $W_{пр} = 2000 * W_M$ (значення P, Q взяти з рядка I табл. I, а W_M з табл. 2);

б) визначити плату за електроенергію. Для підприємства з встановленою потужністю приймачів $S_{пр} \geq 750$ кВА плата за електроенергію Π_M розраховується щомісяця за двоставочним тарифом з урахуванням знижок і надбавок (штрафів) за реактивну потужність. Енергосистема передписує підприємству споживати в години максимуму певну активну потужність P_m і реактивну потужність Q_o . Плата за фактично спожиту електроенергію, враховану лічильником ($W_{пр}$, кВт год) стимулює підприємство економити електроенергію. Місячна плата за електроенергію розраховується за двоставочним тарифом за формулою

$$\Pi_M = \left(\frac{a}{12} * P_m + \frac{b}{100} * W_{пр} \right) * \left(1 + \frac{K}{100} \right),$$

де: Π_M - плата за електроенергію, грн/міс;

a - перша ставка, грн/кВт. рік (в системі "Донбасенерго"
 $a = 36$ грн/кВт рік);

b - друга ставка, коп/кВт. год (в системі "Донбасенерго"
 $b = 15.6$ коп/кВт год);

K - коефіцієнт надбавки або знижки визначається за формулою
 $K = (Q_{ф} - Q_o) / P_{ф}$, де

$Q_{ф}$ - фактичне значення реактивної потужності підприємства, кВАр;

Q_o - передписана енергосистемою підприємству реактивна потужність у години максимуму;

$P_{ф}$ - фактична активна потужність при максимумі споживання, кВт.

При розрахунку прийняти $P_{ф} = P_m = P_{пр}$, кВт; $Q_{ф} = Q_{Lпр}$, кВАр;

$Q_o = 0,9 * Q_{Lпр}$, кВАр

в) визначити питомий видаток електроенергії підприємства, тобто кількість електроенергії, що витратилася на одиницю продукції

$$\Xi_y = W_{пр} / N_{шт} \text{ кВт год / од. продукції,}$$

де $N_{шт}$ - кількість випущеної продукції. Зниження Ξ_y до рівня передових підприємств сприяє переходу до енергозберігаючої технології. Обчислити в звіті значення Ξ_y , прийняти $N_{шт} = 14000$ шт.

РОЗРАХУНКОВО – ГРАФІЧНА РОБОТА № 10.1
РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ПРОМИСЛОВОГО
ПІДПРИЄМСТВА І ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

1. Вихідні дані

Цех промислового підприємства одержує електроенергію від розподільчої мережі заводу напругою 6 кВ. В цеху є декілька однакових технологічних дільниць, на яких встановлене певне число трифазних короткозамкнених електродвигунів. Номінальна лінійна напруга двигунів - 380 В. Освітлення цеху здійснюється лампами накаливання потужністю 200 Вт. Номінальна напруга світильників – 220 В. Передбачене спільне живлення електродвигунів і світильників від загального трансформатора, встановленого в цеховій трансформаторній підстанції, тобто застосування трифазної системи 380/220 В з заземленням нейтралі і зануленням корпусів приймачів. Цех в цілому є споживачем другої категорії по безперебійності електропостачання (вимагає резервного живлення з ручним переключенням при виході джерел живлення з ладу), кожна дільниця в окремої – третьої категорії (резервування не вимагається). На кожній дільниці слідє передбачити установку окремих розподільчих пунктів (РП), на яких встановлюються автоматичні вимикачі для робітничого включення і відключення, а також для захисного відключення кожного електродвигуна. Кожний РП живиться по окремому кабелю від низьковольтного распрепристрою (НРП) трансформаторної підстанції через свій автоматичний вимикач, встановлений на НРП. Всі світильники в цеху діляться на дві рівні групи. Світильники кожної з груп підключаються до своєї магістралі, отримуючи живлення по окремому чотирьохжильному кабелю від НРП через автоматичний вимикач. Світильники рівномірно розподілені по фазам і мають індивідуальні вимикачі.

Потужності електродвигунів однієї дільниці цеху, число n однакових дільниць, засіб прокладки кабелів, довжина l кабелю від РП до найбільш віддаленого двигуна дільниці, загальне число світильників m в цеху для різних варіантів завдання наведені в табл. 10.1.

Довідкові дані по трифазним асинхронним двигунам, трансформаторам і іншим елементам схеми електропостачання наведені в додат. 1.

2. Завдання

Для свого варіанту необхідно:

- 2.1. Навести принципову однолінійну схему електропостачання з докладним зображенням елементів електропостачання тільки для однієї дільниці (рис.10.1).
- 2.2. Навести принципову схему включення світильників для однієї половини цеху (рис.10.2).
- 2.3. Вибрати типи і перетини кабелів низької напруги по допустимій величині струму для живлення двигунів однієї дільниці.

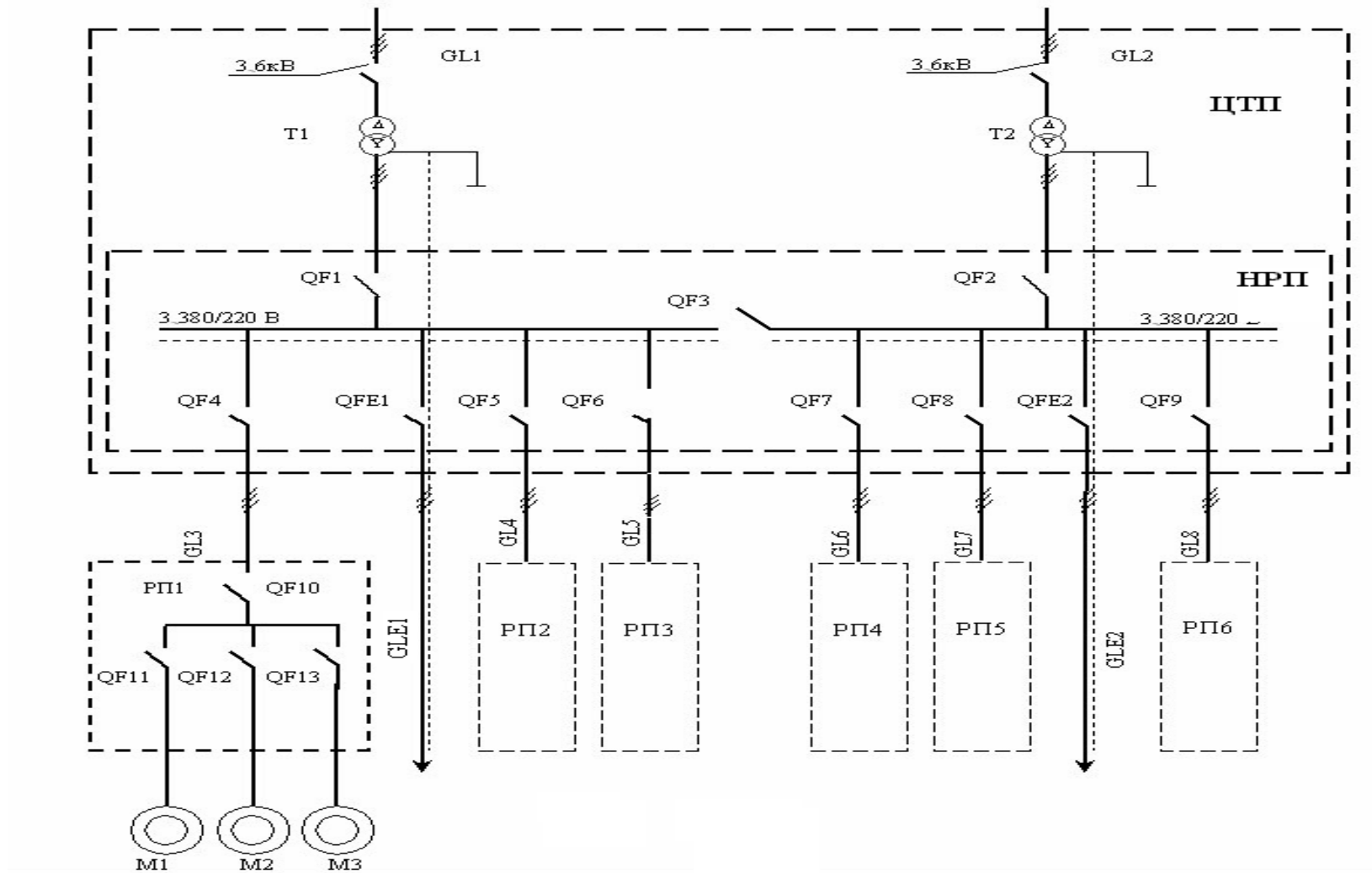


Рис. 10.1. Принципова однолінійна схема електропостачання цеха

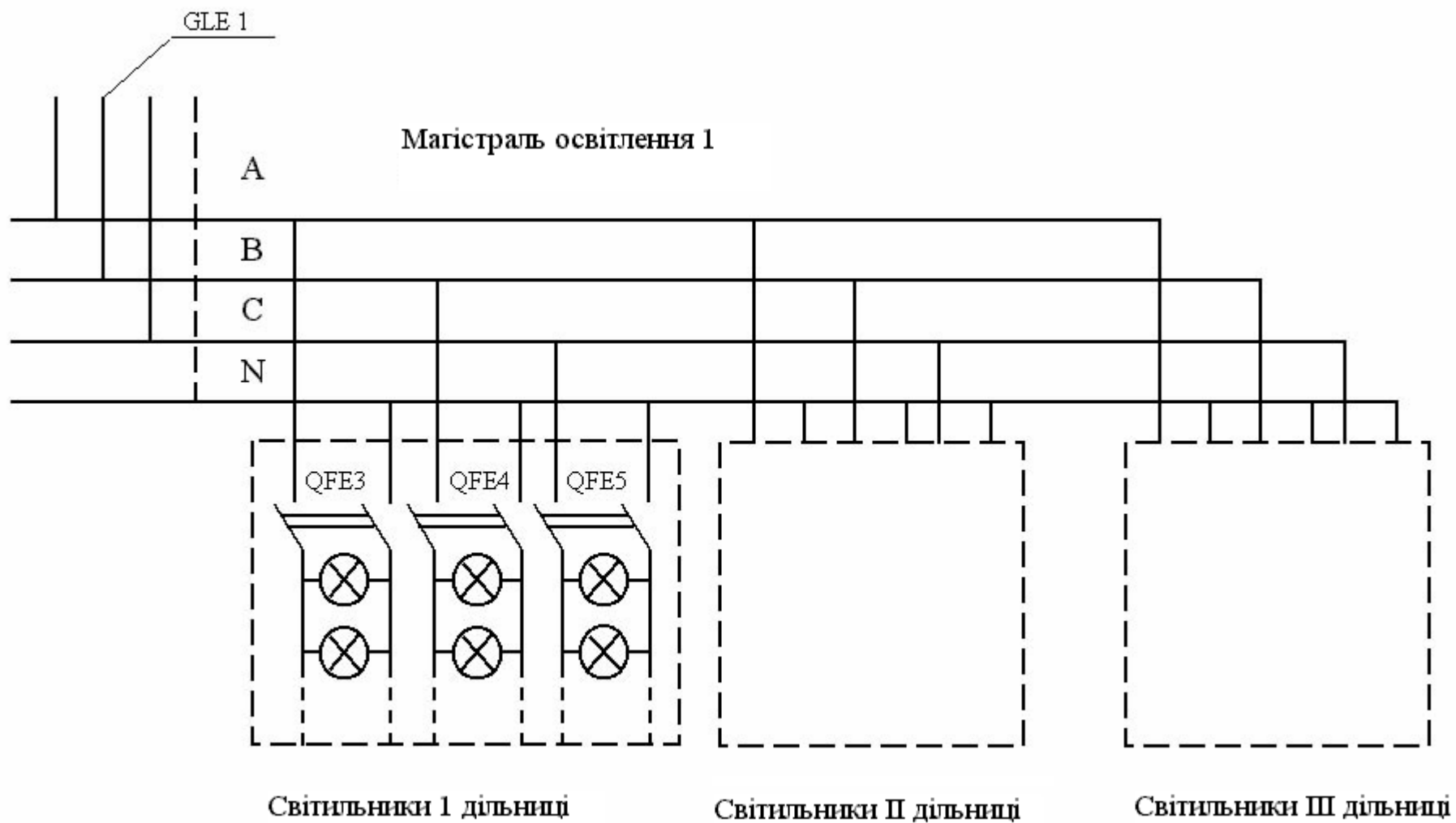


Рис. 10.2. Принципова схема освітлювальної мережі для однієї групи світильників

2.4. Перевірити на втрату напруги кабель до найбільш потужного і віддаленого двигуна на ділянці.

Таблиця 10.1

Вихідні данні

Номер варіанта	Кількість діляниць	Типи двигунів ділянки			Кількість світильників	Засіб прокладки кабелю	Довжина кабелю до найбільш віддаленого двигуна, м	cos φ ₀
1	6	4A90L4Y3	4A100L4Y3	4A28M643	60	відкрито	95	0,97
2	6	4A90L6Y3	4A12M4Y3	4A280S4Y3	90	—" —	85	0,98
3	6	4A100S4Y3	4A132S4Y3	4A315S6Y3	60	в траншеї	78	0,96
4	6	4A90L4Y3	4A132S4Y3	4A315M6Y3	90	—" —	84	0,95
5	6	4A90L6Y3	4A132S6Y3	4A280S4Y3	60	в трубі	80	0,96
6	6	4A100L6Y3	4A160M4Y3	4A280M4Y3	66	—" —	75	0,95
7	3	4A132M6Y3	4A132M4Y3	4A280M4Y3	30	в траншеї	95	0,96
8	6	4A90L4Y3	4A160S6Y3	4A315M6Y3	60	—" —	92	0,97
9	3	4A100S4Y3	4A132M4Y3	4A315S4Y3	36	відкрито	90	0,96
10	6	4A100S4Y3	4A132S4Y3	4A315M6Y3	90	—" —	80	0,95
11	6	4A132M4Y3	4A160M4Y3	4A315S6Y3	60	—" —	72	0,96
12	6	4A100S4Y3	4A160M4Y3	4A260S4Y3	48	в трубі	85	0,95
13	3	4A100L6Y3	4A12M4Y3	4A355S6Y3	45	—" —	88	0,95
14	6	4A112M4Y3	4A160M4Y3	4A315M6Y3	60	—" —	90	0,94
15	6	4A10014Y3	4A160M4Y3	4A315S5Y3	60	відкрито	70	0,96
16	6	4A132M4Y3	4A250M6Y3	4A250M4Y3	48	—" —	50	0,97
17	6	4A180M4Y3	4A200L4Y3	4A200L4Y3	48	відкрито	55	0,97
18	3	4A160M4Y3	4A250S4Y3	4A315M6Y3	36	в трубі	60	0,96
19	4	4A250S4Y3	4A250S4Y3	4A280M6Y3	60	—" —	70	0,97
20	6	4A132M4Y3	4A200L4Y3	4A225M6Y3	60	в траншеї	60	0,95
21	5	4A160M4Y3	4A200M6Y3	4A250M6Y3	50	—" —	65	0,96
22	6	4A132M4Y3	4A132M4Y3	4A250M6Y3	60	відкрито	60	0,97
23	6	4A225M6Y3	4A225M6Y3	4A250S4Y3	54	—" —	70	0,96
24	6	4A200M6Y3	4A250S4Y3	4A250S4Y3	54	—" —	60	0,97
25	3	4A200L4Y3	4A250M6Y3	4A250M4Y3	36	в трубі	50	0,96
26	4	4A132M4Y3	4A280M6Y3	4A280M6Y3	36	—" —	52	0,97
27	6	4A100L4Y3	4A100L4Y3	4A280M6Y3	54	в траншеї	60	0,96
28	6	4A225M6Y3	4A200M4Y3	4A250M6Y3	60	—" —	56	0,96
29	3	4A200M6Y3	4A200M6Y3	4A280S4Y3	45	відкрито	60	0,97
30	6	4A180M4Y3	4A180M6Y3	4A280M6Y3	60	—" —	72	0,96
31	6	4A132M4Y3	4A160M4Y3	4A280M6Y3	54	—" —	56	0,96
32	4	4A225M6Y3	4A200L4Y3	4A250M6Y3	36	в трубі	62	0,95
33	6	4A160M4Y3	4A200M6Y3	4A200L4Y3	54	—" —	60	0,96
34	6	4A180M4Y3	4A180M4Y3	4A250M6Y3	54	відкрито	45	0,96
35	6	4A132M4Y3	4A160M4Y3	4A250M6Y3	60	—" —	75	0,95
36	3	4A160M4Y3	4A250S4Y3	4A315M6Y3	30	—" —	60	0,96
37	3	4A180M4Y3	4A225M4Y3	4A280M6Y3	36	в трубі	55	0,95
38	3	4A132M4Y3	4A180M4Y3	4A315M6Y3	36	—" —	52	0,96

Номер варіанта	Кількість дільниць	Типи двигунів дільниці			Кількість світильників	Засіб прокладки кабелю	Довжина кабелю до найбільш віддаленого двигуна, м	$\cos \varphi_0$
39	3	4A160M4Y3	4A220M6Y3	4A250M4Y3	36	в траншеї	58	0,96
40	3	4A160M4Y3	4A180M4Y3	4A315M6Y3	33	—" —	62	0,97
41	6	4A160M4Y3	4A160M4Y3	4A315M6Y3	54	відкрито	60	0,96
42	3	4A160M4Y3	4A180M4Y3	4A315M6Y3	36	—" —	70	0,96
43	6	4A132M4Y3	4A160M4Y3	4A280M6Y3	54	відкрито	68	0,96
44	3	4A180M4Y3	4A225M4Y3	4A315M6Y3	36	в трубі	56	0,97
45	6	4A132M4Y3	4A180M4Y3	4A200M6Y3	34	—" —	80	0,96
46	6	4A180M4Y3	4A225M6Y3	4A280M6Y3	60	—" —	70	0,96
47	6	4A132M4Y3	4A180M4Y3	4A315S6Y3	54	відкрито	67	0,96
48	6	4A160M4Y3	4A160M4Y3	4A280M6Y3	54	—" —	75	0,96
49	6	4A132M4Y3	4A160M6Y3	4A280M6Y3	60	—" —	80	0,96
50	6	4A132M4Y3	4A160M4Y3	4A280M6Y3	60	—" —	70	0,96
mn	6	4A132M6Y3	4A160M6Y3	4A225M4Y3	96	відкрито	46	0,96

- 2.5. Вибрати типи автоматичних вимикачів для кожного електродвигуна і установки їхніх максимальних і теплових розчіплювачів.
- 2.6. Вибрати перетин кабелю від НРП цехової трансформаторної підстанції до РП дільниці.
- 2.7. Вибрати тип вступного автоматичного вимикача для РП, уставку його максимального електромагнітного розчіплювача.
- 2.8. Вибрати тип і перетин кабелю від НРП до магістралі освітлення, а також перетин проводів для підключення окремого світильника.
- 2.9. Вибрати автоматичні вимикачі для підключення магістралей освітлення і окремих груп світильників.

3. Методичні вказівки по виконанню роботи.

3.1. При виборі типу кабелю для енергопостачання слід враховувати, що для прокладки в цехах заводів і інших підприємств рекомендуються кабелі марки ААБ (алюмінієві жили, алюмінієва оболонка, броня зі сталеві ленти). Кабелі з мідними жилами марки СБ (мідні жили, свинцева оболонка, броня з сталеві ленти і ін.) застосовуються тільки в вибухонебезпечних приміщеннях і при істотних вібраціях в приміщенні цеху.

При цьому для силової мережі, оскільки двигуни є симетричним навантаженням, слід вибрати трьохжильні кабелі, а для освітлювальної мережі чотирьохжильні. Для повітряних магістралей освітлювальної мережі застосовуються проводи, підвішені на ізоляторах. До окремого світильника прокладаються дво- або трьохжильні кабелі або двохпроводні повітряні лінії. В вибухонебезпечних приміщеннях (для освітлення) використовуються кабелі або прокладка ізоляційних проводів в сталевих трубах;

3.2. Робоча (розрахункова) напруга кабелю $U_{к.раб}$ вибирають з умови, щоб вона була не нижче номінальної напруги мережі $U_{с.ном}$:

$$U_{\text{к.раб}} \geq U_{\text{с. ном.}} \quad (10.1)$$

3.3. Площа поперечного перетину жили кабелю або проводу вибирається з умови:

$$I_{\text{к.ном}} \geq I_{\text{н.ном}}, \quad (10.2)$$

де $I_{\text{к.ном}}$ — номінальний струм даного типу кабелю певного перетину при вибраному засобі прокладки;

$I_{\text{н.ном}}$ — номінальний струм навантаження.

3.4. Втрата напруги в кабелі при номінальному навантаженні повинна бути нижче допустимої. Втрата напруги в відсотках визначається за формулою:

$$\Delta U = \frac{100 \cdot P \cdot l \cdot 10^3}{(\gamma \cdot S \cdot U_{\text{с.ном}}^2)}, \quad (10.3)$$

де P — потужність приймача, кВт;

l — довжина кабелю, м;

γ — питома провідність матеріалу жили кабелю, м/Ом мм².

Для алюмінію $\gamma = 33$, для міді $\gamma = 54$;

S — площа поперечного перетину, мм²;

$U_{\text{с.ном}}$ — номінальна лінійна напруга мережі, В.

Знайдене значення ΔU не повинно перевищувати допустимого значення:

$$\Delta U_{\text{доп.}} \leq 5\%. \quad (10.4)$$

Якщо означена умова не виконується, та слідє застосувати кабель більшого поперечного перетину.

3.5. Автоматичні вимикачі вибираються з умови, що їхня номінальна напруга повинна бути не нижче номінальної напруги мережі:

$$U_{\text{а.ном.}} \geq U_{\text{с.ном.}} \quad (10.5)$$

3.6. Номінальний струм вимикача $I_{\text{а.ном}}$ повинен дорівнювати розрахованому струму навантаження або перевищувати його, тобто:

$$I_{\text{а.ном}} \geq I_{\text{н.ном.}} \quad (10.6)$$

3.7. Електромагнітний розчіплювач автомату (максимальний захист) повинен дозволити пропускати через автомат максимально можливий при нормальній роботі струм навантаження і забезпечити вимикання приймача при перевищенні цього струму внаслідок пошкодження приймача або мережі (часткове або повне коротке замикання). Тому струм уставки спрацьовування цього розчіплювача повинен вибиратися:

для автомату окремого двигуна за формулою:

$$I_{\text{уст.макс}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{дв.п.}}, \quad (10.7)$$

де $I_{\text{дв.п}}$ — максимально можливий при номінальній роботі пусковий струм, А;

для групового автомату, живлячого декілька двигунів, за формулою:

$$I_{\text{уст.макс}} \geq \sum I_{\text{дв.ном}} + 1,2 \cdot I_{\text{дв.п. макс}}, \quad (10.8)$$

де $I_{\text{дв.п. макс}}$ — пусковий струм найбільш потужного двигуна з числа підключених до автомату;

$\sum I_{\text{дв.ном}}$ — сума номінальних струмів інших двигунів, підключених до цього автомату.

Струм уставки спрацьовування для освітлювального навантаження повинен вибиратися з умови:

$$I_{\text{уст.макс}} \geq 2,5 \cdot I_{\text{н.ном}} \quad (10.9)$$

3.8. Тепловий розчіплювач автомату повинен вимикати двигун при тривалому перевантаженні понад номінальний струм для запобігання його перегріву. Тому струм уставки спрацьовування цього розчіплювача вибирають за формулою:

$$I_{\text{уст.тепл}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{дв.ном}} \quad (10.10)$$

4. Приклад виконання РГР 10.1.

Розрахунок виконується за даними табл. 10.1 для варіанта mn. В цеху промислового підприємства у відповідності з даними таблиці варіантів є 6 однакових дільниць, технологічні машини яких мають асинхронний електропривод при напрузі 380 В. Засіб прокладки кабелів у цеху - відкритий. Освітлення здійснюється за допомогою 96 ламп накалювання потужністю 200 Вт кожна при напрузі 220 В. Довжина кабелю до найбільш віддаленого двигуна $l=46\text{м}$. Номінальні потужності двигунів дільниці:

$$P_{\text{дв.1ном}} = 7,5 \text{ кВт}; P_{\text{дв.2ном}} = 15 \text{ кВт}; P_{\text{дв.3ном}} = 55 \text{ кВт}.$$

Для свого варіанту за вихідними даними:

1. Зобразите принципову схему електропостачання цеху (рис. 10.1) з показом електродвигунів однієї дільниці (підключення на інших дільницях аналогічне). При цьому напруга 6 кВ від головної заводської понижуючої підстанції по високовольтному кабелю GL1 надходить до силового трансформатора Т1, розміщеного в цеховій трансформаторній підстанції (ЦТП).

Цех підприємства є споживачем другої категорії, тому вимагається 100-процентне резервування трансформаторів і питаючих ліній. Це забезпечується трансформатором Т2 і кабельною лінією GL2. Обмотки обох трансформаторів включені по схемі Δ/Y_N з нейтральним проводом, що дає можливість отримати на стороні низької напруги трифазну систему номінальних напруг 380/220В (двигуни живляться напругою 380В, світильники - 220В). Нейтральний вивід вторинної обмотки трансформатора з'єднується з заземлювачем (глухе заземлення нейтралі).

Три лінійних виводи вторинної обмотки трансформатора трьома жорсткими проводами (шинами) з'єднані через триполюсний автоматичний вимикач QF1 з шинами секції I низьковольтного розподільчого пристрою (НРП), видаючи на ці шини три лінійних напруги 380В. Від шин НРП одержують живлення двигуни цеху. Нейтраль трансформатора наглухо (без вимикачів і роз'єднувачів) приєднується до четвертого (нейтрального) проводу НРП (показане пунктирною лінією). Між шинами і нейтраллю НРП утвориться три фазних напруги 220В, до яких підключаються світильники.

Аналогічно трансформатор Т2 через QF2 підключається до шин секції II НРП. Нейтральні проводи секцій I і II з'єднані наглухо. Лінійні шини секцій I і II з'єднуються автоматом QF3. Така схема дозволяє забезпечити живлення цеху через Т1 або Т2. В нормальних умовах включені QF1 і QF2, кожний трансфор-

матор живить половину навантаження цеху. При пошкодженні Т1 вимикається QF1, вмикається QF3 і весь цех живиться від Т2 (і навпаки).

Від шин НРП шляхом окремого трижильного кабелю GL3 подається живлення на розподільчий пункт РП1 дільниці 1 цеху через автомат QF4. Аналогічно підключаються інші РП. Автоматичні вимикачі дозволяють включати і відключати вручну живлення дільниці при його нормальній роботі і виключати автоматично при коротких замиканнях. Такі ж автомати (QF5 і ін.) встановлюються на входах в РП1, РП2 і ін. для забезпечення можливості вимикання живлення безпосередньо на кожній дільниці.

Від шин РП1 через автомат QF11 по відповідному кабелю електроенергія надходить до двигуна М1, через QF12 по іншому кабелю - до М2 і т. д.

Електропостачання інших дільниць здійснюється аналогічно.

Електроенергія для постачання освітлювальної мережі від секції I шин НРП через триполюсний автомат QFE1 шляхом кабелю GLE1 подається на магістраль освітлення 1. При цьому четверта жила, що є нейтраллю, монтується наглухо (без розривів). Аналогічно виконане живлення магістралі 2 від секції шин II.

2. Зобразите принципову схему включення світильників для однієї половини цеху (рис. 10.2). Кабель GLE1 приєднується до магістралі освітлення 1, виконаної ізольованими проводами. На початку магістралі до неї приєднуються світильники 1-ої дільниці, після цього 2-ої і т. д. Світильники підключаються між одним з лінійних проводів і нейтраллю (AN, BN, CN) на фазні напруги 220В через окремі двополюсні автоматичні вимикачі QFE3, QFE4 і т. д. При замиканнях всередині будь-якої групи світильників відповідний автомат відключає її, а освітлення забезпечується іншими світильниками. Розподіл їхньої кількості по фазам робиться рівномірним для максимального зниження можливої несиметрії навантаження.

3. Виберіть типи кабелів, число жил і їх перетин для живлення окремих двигунів дільниці 1. В відповідності з даними табл. Д1.2 приймаємо для відкритої прокладки в цеху трижильні кабелі типу ААБ на напругу до 1000В (рівняння 10.1). Необхідні технічні дані короткозамкнених асинхронних двигунів наведені в табл. 10.2 і Д1.1.

Таблиця 10.2

Дані до вибору перетину жил кабелю

Номер двигуна і найменування лінії	Номінальні дані				Пусковий струм $I_{п} = k_{п} I_{ном}$	Тип і перетин жил кабелю, мм ²
	Потужність $P_{ном}, кВт$	Струм $I_{ном}, А$	ККД $\eta_{ном}, \%$	$\cos \varphi_{ном}$		
М1	7,5	16,5	85	0,81	107	ААБ 3×2,5
М2	15	30	89	0,80	180	ААБ 3× 6
М3	55	100	92	0,90	700	ААБ 3×50
GL3	—	146,5	—	—	—	ААБ 3×95

Значення тривало допустимих струмів з урахуванням засобу прокладання кабелю наведені в табл. Д1.2. Для двигуна М1 з номінальним струмом 16,5 А в відповідності з даними табл. Д1.2 найближчий більший допустимий струм 19А

буде для кабелю перетином $2,5 \text{ мм}^2$. $19 > 16,5$, тому умова (формула 10.2) виконана.

Аналогічно вибираємо кабелі до інших двигунів, вибрані типи кабелів заносимо в табл. 10.2.

4. Приведіть перевірку кабелю до двигуна М3 (найбільш потужному і віддаленому) на допустиму втрату напруги. За формулою (10.3):

$$\Delta U = \frac{100 \cdot P \cdot l \cdot 10^3}{\gamma \cdot s \cdot U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{100 \cdot 55 \cdot 46 \cdot 10^3}{33 \cdot 50 \cdot 380^2} = 1,06 \%,$$

що менш допустимого значення (5%), тобто умова (10.4) виконана. Висновок - кабель вибраний по струмовому навантаженню і по втраті напруги правильно.

5. Виберіть типи автоматичних вимикачів QF11, QF12 і QF13 для кожного двигуна. Вимикачі встановлені на РП дільниці і дозволяють включати і виключати напругу, яка підводиться до кожного двигуна. Каталожні дані автоматичних вимикачів наведені в табл. Д1.3.

В відповідності з умовою (10.5) вибираємо автомати на напругу 380В. В відповідності з умовою (10.6) для двигуна М1 з $I_{\text{дв.ном}} = 16\text{А}$ приймаємо автомат типу АЕ 203 з найближчим більшим номінальним струмом 25А при $I_{\text{отк.пр}} = 4000\text{А}$.

Визначаємо струм уставки електромагнітного розчіплювача автомату (формула 10.7): $I_{\text{уст.макс.}} = 130\text{А}$.

Струм уставки теплового розчіплювача (за формулою 10.10):

$$I_{\text{уст.тепл}} \geq 1,1 \cdot 16,5 \approx 20 \text{ А.}$$

Аналогічно вибираємо автоматичні вимикачі для інших двигунів дільниці цеху. Дані зводимо в табл. 10.3.

Таблиця 10.3

Вибір автоматичних вимикачів ($U_{\text{с.ном.}} = 380\text{В}$)

Найменування в схемі	Вихідні данні		Номінальні данні автомата		Умови вибору	Тип автомата	Струми уставки для розчіплювачів, А	
	$I_{\text{дв.ном}}, \text{А}$	$I_{\text{дв.п.}}, \text{А}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_{\text{отк. пр.}}, \text{А}$	Співвідн. $I_{\text{ном.}} \text{ і } I_{\text{дв.ном}}$		Електромагнітний	Тепловий
QF11	16,5	107	25	4000	$25 > 16,5$	АЕ203	130	20
QF12	30	180	63	4500	$63 > 30$	АЕ204	190	33
QF13	100	700	100	6000	$100 = 100$	АЕ205	840	113
QF10	147	—	160	11500	$160 > 147$	АЕ206	987	—
QF4	147	—	160	11500	$160 > 147$	АЕ206	987	—

6. Виберіть перетин кабелю GL3 від НРП цехової трансформаторної підстанції до РП кожної дільниці. По цьому кабелю протікає загальний струм всіх двигунів дільниці, що визначається їхньою векторною сумою, тобто $I_{\text{каб}} = \sum I_{\text{дв.ном.}}$. Враховуючи невелику відмінність в значеннях $\cos\phi$ різних двигунів, замінюємо геометричне додавання арифметичним (при цьому одержується запас в сторону надійності):

$$I_{\text{каб}} \approx I_{\text{дв.1 ном}} + I_{\text{дв.2 ном.}} + I_{\text{дв.3 ном.}} = 16,5 + 30 + 100 = 146,5 \text{ А}$$

При такому струмі (табл. Д1.2) слідує прийняти трьохжильний кабель, наприклад, типу ААБ з найближчим більшим струмом 170А, перетином $3 \times 95 \text{ мм}^2$. Вибране значення заносимо в табл. 10.2.

7. Виберіть тип ввідного автомату QF10 для РП1 на напругу 380В при струмі навантаження $I_{\text{н}} = 146 \text{ А}$. Приймаємо автомат АЕ 206 з $I_{\text{ном.}} = 160 \text{ А} > I_{\text{н}}$.

Струм уставки максимального розчіплювача в відповідності з формулою (10.8):

$$I_{\text{уст.макс}} = \Sigma I_{\text{ном}} + 1,2 \cdot I_{\text{дв.п макс.}} = 146,5 + 1,2 \cdot 700 = 986,5 \text{ А}$$

Результати заносимо в табл. 10.3.

Такий же автомат АЕ 206 встановлюємо і в якості автомату QF4 цієї лінії на шинах НРП.

8. Зробіть вибір перетину проводів (жил кабелю) для освітлювальної мережі.

Для цього поділимо світильники на 2 однакові групи, кожна з яких перед-визначена для освітлення половини цеху. На кожному з двох груп буде приходитися $n_{\text{л}} = m/2 = 96/2 = 48$ шт. світильників.

Струм в окремому світильнику $I_{\text{л}} = P_{\text{л}} / U = 200/220 = 0,9 \text{ А}$. Для підключення світильника приймаємо по табл. Д1.2 провід АПВ-2, 5 перетином $2,5 \text{ мм}^2$, розрахований на струм 19А (Перетин $2,5 \text{ мм}^2$ – найменший, що допускається для відкритої прокладки по умові механічної міцності).

Струм в однофазнім отгалуженні АН (рис. 10.2), аналогічно для ВN і СN, складає:

$$I_{\text{А}} = I_{\text{В}} = I_{\text{С}} = P_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} / (3 \cdot U) = 200 \cdot 48 / (3 \cdot 220) = 14,5 \text{ А}$$

Отже, для монтажу освітлювальної мережі між магістраллю і автоматами QFE3, QFE4 і т. д. приймаємо провід типу АПВ-2,5, при цьому умова (10.2) виконується, тобто $19 > 14,5$.

Струм кожної з двох груп світильників, яка складається з 48 ламп:

$$I_{\text{л.гр}} = P_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} / U = 200 \cdot 48 / 220 = 43,63 \text{ А}$$

Отже, кабель GLE1 (також, як і кабель GLE2), що з'єднує освітлювальну магістраль з 48 ламп з шинами НРП, працює при струмі 43,6 А. Користуючись табл. Д1.2, вибираємо перетин жили, наприклад, чотирьохжильного кабелю при відкритій його прокладці, рівним 16 мм^2 (кабель типу ААБ 4х16 на струм до 60А).

9. Виберіть автоматичні вимикачі для освітлювальної мережі. В якості вимикачів QFE1 і QFE2 вибираємо трьохполюсні автомати типу АК503 з

$$U_{\text{л.ном}} = 380 \text{ В}, I_{\text{ном}} = 50 \text{ А}, I_{\text{отк.пр.}} = 5 \text{ кА}$$

Струм уставки електромагнітного розчіплювача:

$$I_{\text{уст.макс}} = 2,5 \cdot I_{\text{л.гр}} = 2,5 \cdot 43,6 = 109 \text{ А}$$

В якості вимикачів для окремих груп QFE3, QFE4 і QFE5 приймаємо двополюсні автомати на 220В типу АП50Б2МТ:

$$I_{\text{отк.пр}} = 2,5 \text{ кА} \text{ і } I_{\text{ном}} = 16 \text{ А}, \text{ при цьому } 16 \text{ А} > 14,6 \text{ А}$$

$$\text{Струм уставки розчіплювача } I_{\text{уст}} \geq 2,5 \cdot I_{\text{ном}} = 2,5 \cdot 14,6 \approx 37 \text{ А}$$

РОЗРАХУНКОВО - ГРАФІЧНА РОБОТА № 10.2
РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕНЬ І СТРУМІВ
КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В СИСТЕМІ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ПРОМИСЛОВОГО
ПІДПРИЄМСТВА.

1. Вихідні дані.

Промислове підприємство одержує електроенергію напругою U_1 кВ по двох повітряним ЛЕП довжиною 11 км від районної підстанції енергосистеми. Потужність короткого замикання в місці підключення ЛЕП складає $S_{кз}$ МВА. На підприємстві встановлена головна знижувальна підстанція (ГЗП) із двома силовими трансформаторами, де напруга знижується до величини U_2 кВ. Від шин ГЗП по високовольтних кабелях довжиною 12 км живиться цехова трансформаторна підстанція (ЦТП) одного з цехів підприємства. Від шин низької напруги (НН, 0,4 кВ) ЦТП живиться устаткування, встановлене в цеху (усі параметри і набір встановленого устаткування вибирається відповідно до варіанта по табл.10.4).

2. Завдання.

Для свого варіанта необхідно:

- 2.1. Зобразити спрощену схему зовнішнього електропостачання цеху.
- 2.2. Визначити навантаження споживачів цеху методом упорядкованих діаграм і вибрати трансформатори ЦТП.
- 2.3. Вибрати низьковольтний вимикач для підключення шин НН 0,4 кВ до трансформатора ЦТП і високовольтний вимикач, що живить ЦТП.
- 2.4. Вибрати кабель, що живить ЦТП.
- 2.5. Вибрати трансформатор ГПП, прийнявши орієнтовно його потужність у 10 разів більше ніж потужність трансформатора ЦТП.
- 2.6. Вибрати перетин проводів ЛЕП, прийнявши середнє навантаження трансформаторів ГПП, рівної 0,7 від їхньої номінальної потужності.
- 2.7. Визначити струми трифазного короткого замикання на затискачах ВН трансформатора ЦТП і на шинах 0,4 кВ.
- 2.8. Перевірити обрані в п. 2.3. вимикачі на стійкість до короткого замикання і зробити висновок.

3. Методичні вказівки до виконання роботи.

До п. 2.1. На схемі необхідно зобразити: 2 ЛЕП, що йдуть від підстанції енергосистеми, спрощену схему ГПП (роз'єднувачі, трансформатори, вимикачі, секції збірних шин 6(10) кВ), кабельні лінії до ЦТП, спрощену схему ЦТП зі збірними шинами 0,4 кВ і підключеними навантаженнями.

До п. 2.2. Розрахунок навантаження методом упорядкованих діаграм ведеться за звичайною методикою, приведеної в літературі. Значення коефіцієнтів використання $K_{в}$, середньозважених коефіцієнтів потужності, коефіцієнта максимуму-

му можуть бути узяті в будь-якій довідковій літературі, наприклад з табл.2.1 і 2.3 у /1/. При виборі трансформатора ЦТП (наприклад, за табл. П1.1 у /1/) можна прийняти коефіцієнт завантаження рівним 0,75 (для двохтрансформаторній підстанції). Необхідно також виписати всі паспортні дані обраного трансформатора (будуть використані в наступних розрахунках).

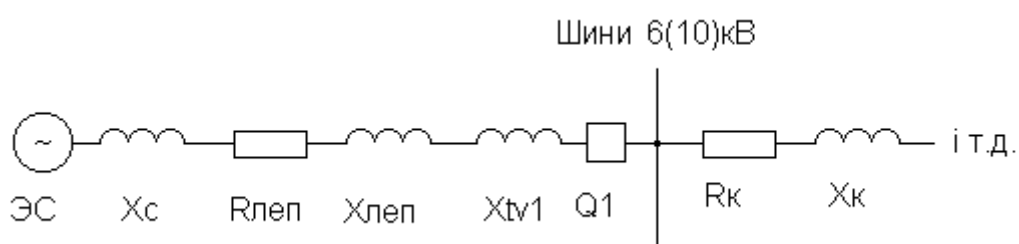
До п. 2.3. Вибір вимикача на стороні НН трансформатора ЦТП здійснюється за величиною струму навантаження, визначеного розрахунком у п. 2.2. (наприклад, за табл. Д1.3). Для вибору вимикача на стороні ВН (наприклад, за табл. П4.1 у /1/) необхідно спочатку знайти струм на стороні ВН трансформатора ЦТП ($I_1 = I_2 * U_2 / U_1$). Необхідно також виписати паспортні дані вимикачів.

До п. 2.4. Перетин кабельної лінії 6(10) кВ від ГПП до ЦТП можна знайти, наприклад, за табл. П2.1 у /1/, прийнявши кабель з алюмінієвими жилами, прокладений відкрито. Відразу ж варто виписати і його питомі активне і реактивне опори, що будуть використані в наступних розрахунках.

До п. 2.5. Визначивши орієнтовну потужність трансформатора ГПП, можна вибрати його, наприклад, за табл. П1.1 у /1/, виписавши також усі його паспортні дані.

До п. 2.6. Перетин проводів ЛЕП вибирають, наприклад, за табл. П2.2 у /1/, попередньо знайшовши струм у проводах ЛЕП за розрахунковим значенням потужності, визначеному в п. 2.5. Тут же записують значення питомих опорів ЛЕП.

До п. 2.7. Розрахунок струмів короткого замикання ведуть спрощеним методом з використанням системи відносних величин. Спочатку складають схему заміщення ланцюга КЗ, вважаючи, що секційні вимикачі на ГПП і ЦТП відключені, тобто в ланцюзі немає паралельних гілок:



При розрахунку опорів схеми заміщення можна скористатися співвідношеннями з табл. 7.2 у /1/, прийнявши базисне значення потужності $S_{\text{баз}} = 100$ МВА. Для визначення ударних значень струму КЗ можна скористатися рис.7.4 і табл. 7.1 у /1/, попередньо розрахувавши необхідні співвідношення.

До п. 2.8. Перевірку обраних комутаційних апаратів необхідно вести як по сталому, так і за ударним значенням струму КЗ (остання - тільки для ВВ вимикача). Перевірку необхідно супроводити відповідними поясненнями, зробивши висновок про результати. У випадку невиконання умов перевірки запропонувати варіанти рішення даної проблеми.

Таблиця 10.4

Вихідні дані до розрахунку.

№ вар	Скз, МВА	U ₁ , кВ	l ₁ , км	U ₂ , кВ	l ₂ , км	Види, потужність навантажень і їхня кількість										
						Металор. верстати, кВт			Насоси, вент., кВт		Конвеєри, кВт		Печі, кВт	Звар. уст., кВт		Освіт., кВт
						10	50	30 (ЧПК)	20	50	40	100	200	50	100	
1	1000	35	11	6	0,8		5		4			1			2	10
2	1500	35	15	6	1,2	20				2	2		1			15
3	2000	110	20	10	1,5			5	6		3			2		20
4	3000	110	30	10	0,5		8			3		2	2			15
5	3600	110	40	6	0,7			10	8				1		1	12
6	2500	35	25	6	1,6	10		2		4				4		22
7	1800	35	18	6	1,7		6			2	4		1			25
8	2200	35	28	6	1,9		7	3	5			1			1	18
9	3200	110	25	10	2,0	15		1		1			2			21
10	1600	35	30	6	2,1	2			2		5			4		12
11	2300	35	37	10	2,5		2		8			1	3			8
12	2600	35	16	10	3,0			12		1	1				2	14
13	2800	110	24	6	1,8	8	1		3			1		2		11
14	3100	110	34	10	2,8			8	4				1	2		23
15	3200	110	19	6	1,0		5			2	2			3		8
16	4000	110	27	10	3,3	7		1	7			1			1	7
17	1100	35	19	10	4,5		10			2			4	1		30
18	1700	35	8	6	2,2			7	9		5				1	9
19	2100	35	35	6	2,5	12		4		1				2		6
20	2900	110	35	6	0,9		9		1			2		2		10
21	3900	110	18	10	2,6			9	3		2		1			11
22	3400	110	29	10	3,4	18				2			1		2	12
23	3800	35	12	6	1,4			6	2		2			3		15
24	1000	35	13	6	2,3		4	2		1		1	1			13
25	2000	35	23	6	2,1	16			4		2			3		10

Додаток 1

Таблиці технічних даних електрообладнання
для виконання розрахунково-графічної роботи 10.1

Таблиця Д1.1

Каталожні дані асинхронних двигунів єдиної серії потужністю до 400 кВт на
напругу 380 В (виписка з каталогу Інформелектро)

Типовиконання двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об./хв.	Струм, А	ККД, %	Коефіцієнт потужності	$K_i = I_p / I_n$ ом
Синхронна частота обертання 1500 об/хв						
4A90L4Y3	2,2	1425	5,0	80	0,83	6,0
4A100S4Y3	3,0	1435	6,7	82	0,83	6,0
4A100L4Y3	4,0	1430	8,6	84	0,84	6,0
4A112M4Y3	5,5	1445	11,5	85,5	0,85	7,0
4A132S4Y3	7,5	1455	15,1	82,5	0,86	7,5
4A132M4Y3	11	1460	22	87,5	0,87	7,5
4A160S4Y3	15	1465	29,3	89	0,88	7,0
4A160M4Y3	18,5	1565	35,7	90	0,88	7,0
4A180M4Y3	30	1470	56	91	0,89	6,5
4A200M4Y3	37	1475	38,8	91	0,90	7,0
4A200L4Y3	45	1475	62,6	92	0,90	7,0
4A225M4Y3	55	1480	100	92,5	0,90	7,0
4A250S4Y3	75	1480	136	93	0,80	7,0
4A250M4Y3	90	1480	162	93	0,91	7,0
4A280S4Y3	110	1470	201	92,5	0,90	5,5
4A280M4Y3	132	1480	240	93	0,90	5,5
4A315S4Y3	160	1480	285	93,5	0,91	6,0
Синхронна частота обертання 1000 об/хв.						
4A90L6Y3	1,5	935	4,1	75	0,74	4,5
4A100L6Y3	2,2	950	5,6	81	0,73	5,0
4A132M6Y3	7,5	970	16,5	85	0,81	6,5
4A160S6Y3	11	975	22,6	86	0,86	6,0
4A160M6Y3	15	975	30	87,5	0,87	6,0
4A200M6Y3	22	975	41,3	90	0,90	6,5
4A225M6Y3	37	980	69,4	91,5	0,89	6,5
4A250M6Y3	55	985	103	91,5	0,89	6,5
4A280S6Y3	75	985	139	92	0,89	5,5
4A280M6Y3	90	985	165	92,5	0,89	5,5
4A315S6Y3	110	985	199	93	0,90	6,5
4A315M6Y3	132	985	239	93,5	0,90	6,5
4A355S6Y3	160	985	291	93,5	0,90	6,5

Таблиця Д1.2

Довго - допустимий щодо нагріву струм для кабелів марки ААБ
і проводів марки АПВ із мідними й алюмінієвими жилами

Перетин жили кабелю або проводу, мм ²	Струм (в амперах) для кабелю, який прокладений	
	відкрито	в траншеї або в трубі
1,5	19/-	27/-
2,5	29/19	38/29
4	35/27	49/38
6	42/32	60/46
10	55/42	90/70
16	75/60	115/90
25	95/75	150/115
35	120/90	180/140
50	145/110	225/175
70	180/140	275/210
95	220/170	330/255
120	260/200	385/295
150	305/235	435/333
185	350/270	500/385

Примітка: числівник - для мідних жил, знаменник - для алюмінієвих

Таблиця Д1.3

Основні технічні дані автоматичних вимикачів

Тип	Номіна- льна на- пруга, Улном, В	Струм		Гранична кратність струму уставки захисту	
		номіна- льний Іном, А	гранично відключе- ний Іоткпр, кА	електрома- гнітний	тепловий
В триполюсному виконанні					
АП50БЗНТ	380; 660	2,5; 4	2,5	12	6
АП50Б2МЗМТ	380; 660	6,3; 10; 16	2,5	12	6
АП50-3	380; 660	63	6	12	6
АК50-МГ	380; 660	2,5; 5; 10	3	12	6
АК503	380; 660	50	5	12	6
АГ202	380; 660	16	2	12	6
АЕ203	380; 660	25	4	12	6
АЕ204	380; 660	63	6	12	6
АЕ205	380; 660	100	9	12	6
АЕ206	380; 660	160	11,5	12	6
А3713	380; 660	32	18	12	6
А3714Б	380; 660	63	36	12	6
А3714	380; 660	125	75	12	6

Тип	Номинальна напруга, Улном, В	Струм		Гранична кратність струму уставки захисту	
		номинальний Іном, А	гранично відключений Іоткпр, кА	електромагнітний	тепловий
A3720	380; 660	250	50	12	6
A3730	380; 660	400	50	12	6
A3740	380; 660	630	60	12	6
Э06	380; 660	800	60	12	6
Э10	380; 660	1000	60	12	6
Э16	380; 660	1600	75	12	6
Э25	380; 660	3200	75	12	6
Э40	380; 660	6300	90	12	6
В двополюсному виконанні					
АП50Б2МТ	380; 660	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	2,5	12	6

Таблиця Д1.4

Основні технічні дані трифазних трансформаторів

Тип	Номинальна потужність Sном, кВА	Номинальна напруга, кВ	
		первинна	вторинна ¹
З олійним охолодженням			
ТМ-25/6	25	6	0,4
ТМ-40/6	40	6	0,4
ТМ-63/6	63	6	0,4
ТМ-100/6	100	6	0,4
ТМ-160/6	160	6	0,4
ТМ-250/6	250	6	0,4
ТМ-400/6	400	6	0,4
ТМ-630/6	630	6	0,4
ТМ-1000/6	1000	6	0,4
ТМ-1600/6	1600	6	0,4
З повітряним охолодженням			
ТС-10/0,38	10	0,38	0,23
ТС-16/0,38	16	0,38	0,23
ТС-25/0,38	25	0,38	0,23
ТС-40/0,38	40	0,38	0,23
ТС-63/0,38	63	0,38	0,23
ТС-100/0,38	100	0,38	0,23

¹ Значення вторинної напруги перевищують номінальну напругу приймачів на 5% для покриття втрат напруги в ЛЕП.

Рекомендована література.

1. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1989 – 528 с.
2. Методические указания по подготовке к занятиям по электротехническим дисциплинам (для студентов неэлектротехнических специальностей). Раздел 1. Электрические и магнитные цепи / Сост.: Е.С.Траубе, Е.Б.Ковалев, С.Н.Шапочка, А.В.Колодежный. – Донецк: ДГУ, 1993 г.-169с.
3. Методические указания по подготовке к занятиям по электротехническим дисциплинам (с применением ВТ). Раздел “Трансформаторы и электрические машины” (для студентов неэлектротехнических специальностей). / Сост.: Е.С.Траубе, А.А.Шавелкин, С.Н.Шапочка. – Донецк: ДПИ, 1990 -111с.

3MICT