

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності
8.090603* “Енергетичний контроль та маркетинг в енергетиці”

“Ухвалено”
На засіданні кафедри “ЕТС”
Протокол № від

Кіровоград 2007

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу
“Споживачі електричної енергії” для студентів спеціальності
8.090603* “Енергетичний контроль та маркетинг в енергетиці”
усіх форм навчання. / Укладачі: Свірідов А.П., Сіріков О.І.
Кіровоград, КНТУ, 2007. - 51с. /

Укладач: доцент А.П. Свірідов
асистент О.І.Сіріков,

© РВЛ КНТУ, тиражування, 2007 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота № 1 Дослідження характеристик електричної дуги	5
Лабораторна робота № 2 Дослідження характеристик джерела зварювальної дуги	10
Лабораторна робота № 3 Дослідження головних енергетичних параметрів печі опору і системи двохпозиційного регулювання температури (потужності)	15
Лабораторна робота № 4 Дослідження вищих гармонік тиристорного джерела живлення печей опору	20
Лабораторна робота № 5 Дослідження впливу електродугових установок на живлячий ланцюг	25
Лабораторна робота № 6 Дослідження $\cos\phi$ асинхронного двигуна	28
Лабораторна робота № 7 Автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок	33
Лабораторна робота № 8 Компенсація реактивної потужності	43
Інструкція по техніці безпеки	51

ВСТУП

Лабораторні заняття – ефективна форма закріплення теоретичних знань і виявлення творчих здібностей студентів.

Метою виконання даних лабораторних робіт прищепити вміння користуватися електротехнологічним устаткуванням, навички науково-дослідної роботи, навчити техніці експерименту та методиці аналізу і узагальненню отриманих результатів досліджень.

При виконанні лабораторних робіт розвивається активність студентів і контролюється самостійна робота.

Перед початком заняття студенти ознайомлюються з інструкцією по техніці безпеки для працюючих в лабораторії “Електротехнологічне промислове устаткування”. (див. додаток).

Лабораторні роботи виконуються бригадами по 2 – 4 чоловіки.

До роботи студенти допускаються тільки при наявності попереднього звіту зі схемами, формулами, таблицями і після перевірки знань теоретичного матеріалу по даній темі. Титульний лист звіту повинен бути оформлений згідно встановленого зразку.

Після виконання роботи надається кінцевий звіт з занесеними в нього результатами дослідів і розрахунків в відповідності з програмою, потім роботу захищають всі члени бригади. В протилежному випадку кожен член бригади надає індивідуальний звіт в повному об’ємі з письмовими відповідями на контрольні запитання і захищає звіт в строки, узгоджені з викладачем.

Студенти, що не отримали залік по двом попереднім роботам, до занять не допускаються.

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ДУГИ

Мета виконання роботи – дослідити і побудувати характеристики електричної дуги постійного і змінного струму.

1.1. Теоретичні відомості.

Електричною дугою називається вид електричного заряду в газі або парах металів, що характеризується високою щільністю струму в стовпі розряду, високою температурою і відносно невеликими електродними падіннями напруги (рис. 1.1).

Розрізняються наступні області дугового розряду: катодного падіння напруги ; стовп дуги; анодного падіння напруги.

Довжина області катодного падіння напруги l_k близько 10^{-5} см, що дорівнює довжині вільного пробігу електрону. Пружність електричного поля в цій області $E=10^5 \dots 10^6$ В/см.

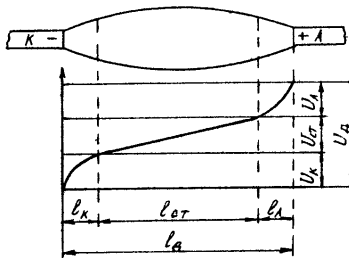


Рис.1.1. Розподіл напруги на електричній дузі.

Енергія, що підводиться до катодної області з мережі, витрачається на вихід електронів з металу катода. Електронна емісія при дуговому розряді може бути двох типів: термоелектронна емісія (тугоплавкі електроди); автоелектронна емісія (відносно легкоплавкі електроди).

Довжина анодної області l_a близько $10^{-3} \dots 10^{-4}$ см. Анодне падіння напруги виникає як наслідок появи у анода від'ємного просторового заряду за рахунок недостаті позитивних іонів.

Енергія, що отримує анод, витрачається на плавлення і випаровування матеріалу анода і на теплопередачу в навколишнє середовище.

Довжиною стовпа дуги $l_{ст}$ в наслідок малої кількості приелектродних зон можна вважати довжину дуги l_d : $l_{ст} = l_d$.

Головним джерелом енергії, що виділяється в стовпі дуги, являється енергія електричного поля, яке характеризується пружністю E .

Пружність електричного поля вздовж стовпа дуги залежить від багатьох параметрів (умовах горіння, матеріалу електродів, величиною струму і т.п.) і коливається в широких межах..

Стационарна – це дуга, параметри якої протязі часу спостереження залишаються незмінними або змінюються в досить малих межах.

Статистичною характеристикою дуги називається вольт–амперна характеристика, отримана при повільній зміні струму. Вольт–амперні характеристики дуги в діапазоні малих струмів мають падаючий характер і описуються рівнянням:

$$U_d = \alpha + \beta \cdot l_d + \frac{\gamma + \delta \cdot l_d}{l_d},$$

де $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – сталі, що залежать від матеріалу електродів і умов горіння дуги (для вугільних електродів при горінні дуги в повітрі ($\alpha=38$; $\beta=1,8$; $\gamma=19$; $\delta=12,6$); l_d – довжина дуги; I_d – сила струму дуги.

При великих струмах ($I_d > 100$ A) :

$$U_d = a + b \cdot l_d,$$

де a – сума анодного і катодного падіння напруги; b – градієнт потенціалу в стовпі дуги.

Дуга постійного струму, яка має падаючу статистичну характеристику, може горіти стало при умові поетапного ввімкнення в мережу додаткового активного опору (рис. 1.2).

Напруга джерела живлення в цьому випадку розкладається на такі складові як:

$$U_{дж} = U_d + I_d \cdot R + L \frac{\alpha \cdot I_d}{\alpha \cdot t},$$

Якщо дуга стаціонарна, то

$$L \frac{\alpha \cdot I_d}{\alpha \cdot t} = 0;$$

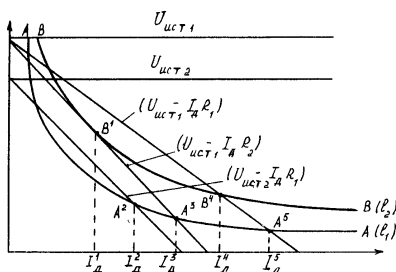


Рис. 1.2. Вольт-амперні характеристики дуги постійного

$$U_{дж} = U_d + I_d \cdot R$$

Існують три можливих способи регулювання режиму дуги:

- 1) зміною довжини дуги l_d , що означає перехід на другу характеристику дуги (А-А – відповідає l_1 ; В-В – відповідає l_2 ; $l_1 < l_2$);
- 2) зміною напруги джерела живлення $U_{дж}$;
- 3) зміною величини опору R , послідовно ввімкненого в ланцюг дуги, що дозволяє змінити кут нахилу прямої $U_{дж} < l_d R$.

Порівняно з дугою постійного струму дуга змінного струму має ряд особливостей. В частковості, струм в дузі два рази за період набуває нульового значення. Для отримання стійкого і безперервного горіння дуги послідовно з нею в ланцюг вмикають індуктивний опір, внаслідок чого струм зміщується по фазі на кут φ відносно напруги джерела живлення. Зміщення повинно бути таким, щоб в момент проходження струму через нуль напруга на джерелі живлення була рівною або більшою напруги горіння дуги:

$$U_{дж} \cdot \sin \varphi \geq U_d \quad \text{або} \quad \sin \varphi \geq \frac{U_d}{U_{дж}}$$

Крім індуктивності, в ланцюг дуги можна вмикати і активний опір, тоді умови горіння дуги будуть залежати не тільки від відношення, $\beta = \frac{U_d}{U_{дж}}$ а й

від відношення $\gamma = \frac{X}{R}$.

1.2. Опис лабораторного стенду.

Установка для дослідження електричних дуг включає в себе: регулятор напруги типу РНО-1 ($I_n=10$ А); випрямляч; блок активних опорів; змінну індуктивність; комутаційну апаратуру; дугову камеру з вугільними електродами; осцилограф; вимірювальні пристрої.

Схема установки показана на рис. 1.3. Електрична дуга горить між двома вугільними електродами, розташованими в спеціальній камері. Камера має механізми переміщення електродів – оглядові вікна. Ручки регуляторів напруги, змінної індуктивності розташовані на панелі лабораторного стенду. Активні опори вмикаються тумблерами.

1.3. Порядок виконання роботи.

Перед початком виконання роботи необхідно:

- 1) вивчити теоретичні відомості про процес горіння дуги і її характеристики по рекомендованій в методичних вказівках літературі;
- 2) ознайомитися зі схемою установки;
- 3) зняти сімейство статичних характеристик дуги:
$$U_d = f(I_d) \text{ при } I_d = \text{const}; R = \text{var}; U_{\text{дж}} = U_1; U_2; U_3$$

(довжина дуги визначається умовою стійкого горіння дуги);
- 4) зняти вольт-амперні характеристики дуги:
$$U_d = f(I_d) \text{ при } U_{\text{дж}} = \text{const}; R = \text{var}; I_d = I_1; I_2; I_3$$
- 5) повторити п. 3 і 4 для дуги постійного струму.
- 6) побудувати сімейство вольт-амперних характеристик дуг постійного і змінного струмів;
- 8) зробити висновки по роботі.

Контрольні питання.

1. Фізична сутність процесу горіння дуги.
2. Розподіл напруги в дузі.
3. Характеристика дуги.
4. Особливості дуги змінного струму.

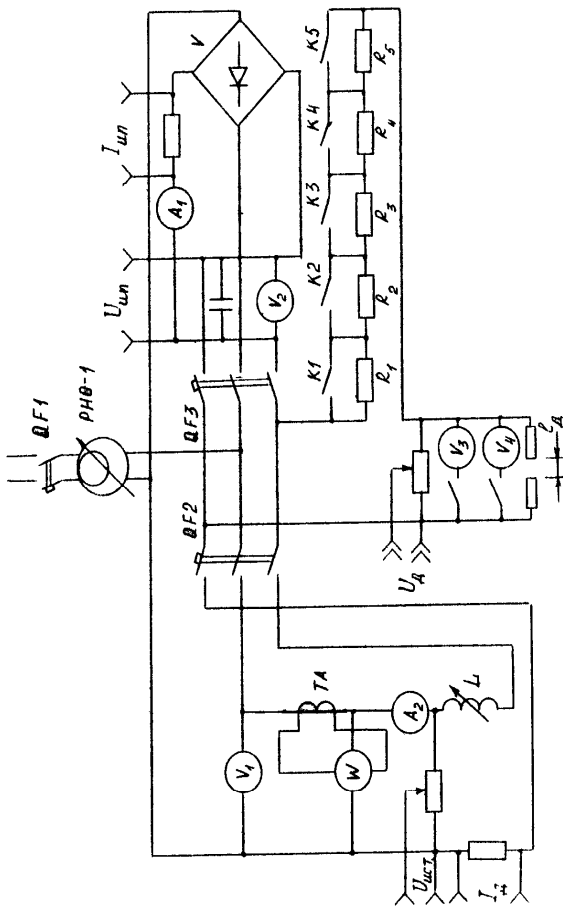


Рис. 1.3. Схема лабораторної установки для дослідження електричних дуг.

Лабораторна робота №2.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДУГИ

Мета виконання роботи – дослідити головні характеристики джерела живлення зварювальної дуги постійного та змінного струмів.

2.1. Теоретичні відомості.

В останні роки все більшого застосування отримало дугове зварювання на змінному та постійному струмах. Постійно збільшується попит в джерелах живлення.

Джерела живлення зварювальної дуги відрізняють по роду струму, потужності, призначенню і конструктивному виконанню.

Найбільш розповсюджені джерела живлення – зварювальні трансформатори, які є економічним і дешевим джерелом живлення. Трансформатори застосовують для ручного дугового зварювання, зварювання під флюсом і в середовищі захисних газів. Вітчизняною електропромисловістю випускаються зварювальні трансформатори типів ТД, СТІ, ТДФ та ін. Постійний струм має деякі технологічні переваги, що виявляються під час дугового зварювання. Широке застосування отримали некеровані і керовані зварювальні випрямлячі, що мають регулювальний пристрій і розраховані для роботи в певному діапазоні струмів і напруг. Конструктивне виконання пристроїв регулювання різноманітне, але можуть бути розподілені на наступні головні групи:

1) пристрої з рухомими сердечником і обмотками, а також ступінчатого регулювання;

2) системи фазового керування в тиристорних зварювальних випрямлячах.

Промисловістю випускаються зварювальні випрямлячі типів ВД, ВДГ, ВДУ, ВДМ та ін.

Джерела живлення по силі струму можуть бути розділені на джерела малої (100...150 А), середньої (350...380 А) і великої потужності (2000...5000 А).

В залежності від виду статистичної зовнішньої вольт-амперної характеристики всі джерела живлення підрозділяються на джерела з круто падаючими або полого падаючими (жорсткими) зовнішніми характеристиками. Для стійкого горіння дуги необхідні відповідність форми

зовнішньої характеристики джерела живлення формі статичної характеристики дуги. Зовнішньою характеристикою джерела називають залежність напруги U_2 на його затискачах від струму I_2 . Зварювальний струм при крутопадаючих характеристиках (рис. 2.1) регулюється в заданому діапазоні струму від мінімального $I_{2\min}$ до максимального $I_{2\max}$.

Кожному значенню зварювального струму відповідає визначене значення напруги. Так, при ручному зварюванні робоча напруга U_2 і зварювальний струм I_2 пов'язані залежністю

$$U_2 = 20 + 0,4I_2, \quad (2.1)$$

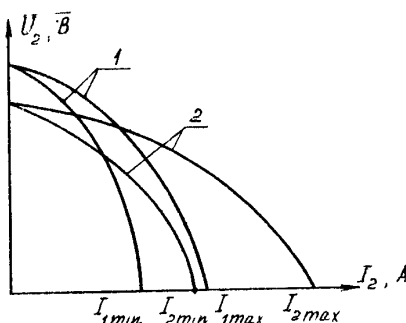


Рис. 2.1 Крутопадаючі зовнішні характеристики джерела живлення.

- 1 діапазон малих струмів;
- 2-діапазон великих струмів.

2.2 Опис лабораторного стенду.

Лабораторний стенд (рис. 2.2) служить для моделювання режимів роботи джерел живлення змінного та постійного струмів.

Установка містить в собі:

- 1) зварювальний трансформатор типу ТД-3000 (рис. 2.3), що має наступні технічні дані: номінальна первинна напруга 220 В; вторинна напруга холостого ходу: а) в діапазоні малих струмів – 78 В; б) в діапазоні великих струмів – 32 В; межі регулювання зварювального струму – 60...386 А. Діапазон регулювання зварювального струму виконується паралельним з'єднанням I і II обмоток (великі струми) і послідовним (малі струми);

- 2) випрямляч;
- 3) блок опорів;

- 4) комутаційний блок і захисну апаратуру;
- 5) вимірювальні прилади.

Перемикачі K1 і K2 схеми (рис. 2.2) дають можливість підключити джерела живлення змінного або постійного струму до навантаження (блок опорів), а K5 і K6 – дослідити режими холостого ходу і короткого замкнення. Кнопки SB1 – SB5 дозволяють змінювати навантаження.

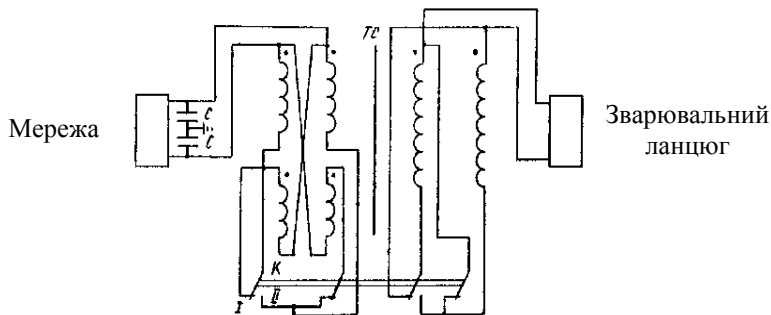


Рис. 2.3. Принципова схема зварювального трансформатора ТД-3000. С – конденсатор для подавлення радіоперешкод; К – перемикач діапазонів зварювального струму (I – діапазон великих струмів, II – діапазон малих струмів).

2.3. Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями по джерелам живлення зварювальної дуги і схемою лабораторної установки.

2. Дослідити холостий хід джерела живлення для трьох значень струму: 70; 100; 160 А. Визначити коефіцієнт трансформації, так як при холостому ході.

$$U \approx E; U_2 = E_2; K_T = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2}.$$

Виміряти струм холостого ходу I_{xx} .

3. Визначити коефіцієнт потужності холостого ходу.

$$\cos \phi_{xx} = \frac{P_{xx}}{U_{xx} \cdot I_{xx}}$$

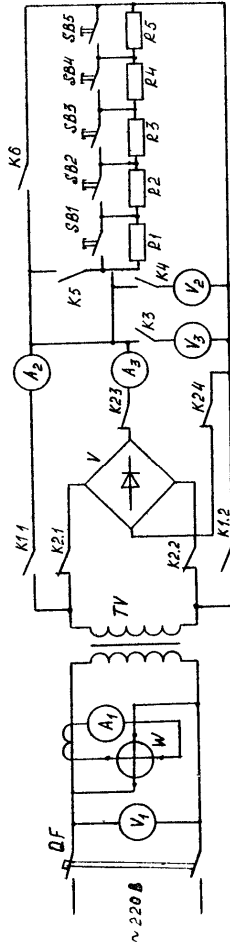


Рис. 2.2. Схема лабораторної установки для вивчення режимів роботи джерел живлення змінного та постійного струмів.

4. Дослідити режим короткого замкнення і визначити наступні величини:

$$Z_k = \frac{U_{xx}}{I_{k3}}; R_k = Z_k \cdot \cos \varphi_{xx}; X_k = Z_k \cdot \sin \varphi_{xx}.$$

5. Зняти та побудувати серію зовнішніх енергетичних джерел живлення, пояснити їх характер і дати висновки, що пред'являються до джерел живлення. Характеристики необхідно зняти для діапазонів малих та великих струмів.

Результати дослідів і розрахунків заносяться до табл. 2.1. Коефіцієнт корисної дії $\eta = \frac{P_2}{P_1}$, а коефіцієнт потужності $\cos \varphi = \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1}$.

Таблиця 2.1.Результати розрахунків та показань приладів

Режим роботи	Показання приладів						Результати розрахунків		
	R, Ом	U ₁ , В	I ₁ , А	P, кВт	U ₂ , В	I ₂ , А	P ₂ , кВт	cosφ	η
Діапазон малих струмів	Холостий хід								
	R ₁ =0.4								
	R ₂ =0.8								
	R ₃ =1.2								
	R ₄ =1.6								
	R ₅ =2.0								
	Коротке замкнення								
Діапазон малих струмів	Холостий хід								
	R ₁ =0.4								
	R ₂ =0.8								
	R ₃ =1.2								
	R ₄ =1.6								
	R ₅ =2.0								
	Коротке замкнення								

6. За результатами розрахунків будують зовнішні $U_2 = f(I_2)$ і енергетичні $\eta = f(I_2)$; $\cos \varphi = f(I_2)$ характеристики.

7. Програму дослідження задає викладач.

Контрольні питання.

1. Класифікація джерел живлення і вимоги що пред'являються до них.
2. Способи регулювання струму джерела живлення змінного та постійного струмів.

3. Особливості вольт-амперних характеристик джерел живлення.

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ГОЛОВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕЧІ ОПОРУ І СИСТЕМИ ДВОХПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ (ПОТУЖНОСТІ)

Мета виконання роботи – закріпити знання студентів по розділу “Електричні печі опору і позиційні системи регулювання температури (потужності)”. Робота носить розрахунково-дослідний характер і включає в себе визначення головних параметрів і режимів роботи електричних печей опору.

3.1. Теоретичні відомості.

Електричні печі опору непрямого нагріву – найбільш масові електротехнологічні установки. Печі опору випускаються номінальною потужністю від одиниці до тисяч кіловат і живляться від електричної мережі з частотою 50 Гц. В якості нагрівального елементу звичайно використовуються хромонікелеві сплави (ніхроми), виконані в вигляді спіралей, стержнів, пластин і т.п. Електричний опір нагрівача носить активний характер, нагрівачі вмикаються як в однофазну, так і в трифазну систему.

За технологічному призначенню і характеру роботи печі опору підрозділяються на періодичної та безперервної дії.

Вітчизняна промисловість випускає серійно печі камерні, шахтні, ковпакові та інші печі опору періодичної дії.

Відрізняють наступні головні параметри електропечей:

1. Встановлена потужність – сума встановлених потужностей всіх споживачів електроенергії, що входять в склад електропечі.

2. Потужність, що споживається – це потужність, що витрачається для нагріву виробів та на теплові втрати.

3. Потужність холостого ходу – потужність, що споживається електричною піччю без завантаження при встановленому тепловому режимі.

4. Час розігріву – час, витрачений на розігрів не навантаженої електропечі від температури 20 °С до встановленого теплового режиму.

5. Максимальна часова продуктивність печі, кг:

$$Q_{\max} = \frac{0,85 \cdot P_{\text{н}} - P_{\text{втр}}}{B},$$

де P_n – номінальна потужність печі, перевірена по показанням ватметра; $P_{втр}$ – потужність теплових втрат печі, що визначається дослідним шляхом по показанням лічильника з досліду холостого ходу; B – теоретичні витрати електроенергії, необхідні для нагріву виробу до температури, необхідною за технологічним процесом, кВт·год./кг.

6. Мінімальні питомі витрати енергії, визначений діленням часовими витратами енергії на часову продуктивність печі, кВт.год./кг.

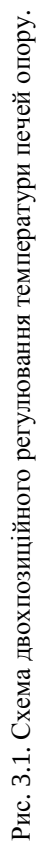
$$Q_{\min} = \frac{0,85 \cdot P_n}{q_{\max}} = \frac{0,85 \cdot P_n \cdot B}{0,85 \cdot P_n - P_{втр}}$$

В печах опору для регулювання температури (потужності) використовують системи плавного і позиційного регулювання. Частіше для зміни потужності печі використовують двохпозиційну систему, при якій піч періодично вмикається на свою номінальну потужність, а потім повністю вимикається. Змінюючи співвідношення часу ввімкненого $\tau_{в\text{імк}}$ та відключеного $\tau_{в\text{ідк}}$ стану печі, можна плавно в широких межах регулювати середню в часі потужність $P_{\text{ср}}$:

$$P_{\text{ср}} = P_n \frac{\tau_{в\text{імк}}}{\tau_{в\text{імк}} + \tau_{в\text{ідк}}}$$

3.2. Опис лабораторного стенду

Моделювання режимів роботи печі опору виконується на електропечі ЧОЛ-1,6,2.00.0,8/9М1. Номінальна потужність – 2,5 кВт (потужність необхідно перевірити за приладами), напруга – 220 В. Принципова схема установки показана на рис. 4.1. Автоматичне регулювання температури виконується електричним регулятором температури (ЕРТ) типу Ш4501. ЕРТ призначений для вимірювання температури та двохпозиційного регулювання температури (потужності) печі опору. Ш4501 використовується в комплекті з термопарою ХА₆₈ і дозволяє регулювати температуру в діапазоні від 0 до 800°C. ЕРТ типу Ш69006 – регулюючий логометр, використовуються в схемі вимірів для реєстрації температури кожуха печі.



Робота схеми проходить наступним чином. Універсальний перемикач SM встановлюють в положення 1 – автоматичне. При цьому замикаються контакти SM1, SM2. Якщо температура печі нижче значення, встановленого на ЕРТ, регулюючий контакт КМ2 ЕРТ замкнений, а реле КМ3 і контактор КМ1 ввімкнені. До печі підводиться номінальна потужність і її температура в ній починає зростати. При нагріві печі до заданої температури регулюючий контакт розімкнеться, контактор розімкне ланцюг і її температура почне зменшуватися.

3.3. Порядок виконання роботи.

1. Виміряти потужність, що споживається піччю в період розігріву. Побудувати графік споживання потужності і визначити втрати холостого ходу. Перемикач SM встановити в положення 2 і виміряти втрати електроенергії за інтервал часу $\Delta\tau_i=10\ldots20$ хвилин (час досягнення номінальної температури 800°C порядку 100 хвилин). Потім розраховується

середня потужність, що споживається на цьому інтервалі часу, $P_{\text{ср}} = \frac{\Delta W_i}{\Delta \tau_i}$ і

наноситься на графіку $P_{\text{ср}}=f(\tau)$ середині інтервалу.

Аналогічно визначаються середні потужності на наступних інтервалах часу $P_{\text{ср}i+1}$, $P_{\text{ср}i+2}$ і т.п. Отримані струми з'єднують плавною кривою і визначають втрати холостого ходу при номінальній температурі.

2. Встановити теплові втрати з кожуху печі в процесі розігріву і побудувати графік втрат $P_{\text{втр}}=f(\tau)$.

В табл. 3.1 наведені значення питомих теплових втрат стінки кожуха печі в залежності від її температури та стану поверхні при температурі навколишнього повітря 10°C .

Таблиця 3.1. Таблиця питомих значень втрат через стінки кожуха печі

Температура кожуху, $^{\circ}\text{C}$	30	40	50	60	80	100	150
Питомі втрати кожуху, пофарбованого алюмінієвою фарбою, кВт/м^2	0,155	0,25	0,36	0,47	0,73	1,0	1,8

Користуючись цією таблицею можна визначити фактичні теплові втрати печі (температуру навколишнього середовища вимірюють термометром). Результати експериментальних досліджень та розрахунків по пп. 1, 2 заносять до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Результати експериментальних досліджень та розрахунків при постійному нагріві

Час	Інтервал часу Δt_i , хвилини	t_1 , °C	t_2 , °C	t_b , °C	ΔW_i , кВт·год	P_{ni} , кВт	$P_{втр}$, кВт	примітка

3. Перемикач SM встановити в положення 1. Розмістити в печі заготовку і виставити на ЕРТ задану викладачем температуру технологічного процесу. Дослідити залежність температури від часу $t=f(\tau)$ і спожитої потужності від часу $P_{ni}=f(\tau)$. Результати заносять до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 Результати експериментальних досліджень та розрахунків при автоматичному двох позиційному нагріві

Час τ , хв.	$\tau_{вімкн}$, хв	$\tau_{відкл}$, хв	t_i , °C	P_{ni} , кВт	ΔW_i , кВт·год	P_{ni} , кВт

Результати вимірювань і розрахунків по п.3 нанести на одному графіку: в верхній частині – залежність температури печі від часу, а в нижній – відповідне значення її потужності.

4 Визначити максимальну продуктивність і мінімальні питомі витрати електроенергії (теоретичні витрати енергії $B=0,156$ кВт·год./кг).

Контрольні питання

1. Класифікація печей опору.
2. Як розрахувати потужність теплових втрат через кожух печі?
3. Основні енергетичні параметри печей опору.
4. Система автоматичного регулювання температурного режиму в печах опору.

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК ТИРИСТОРНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ПЕЧЕЙ ОПОРУ

Мета виконання – дослідити гармонічний спектр тиристорних джерел живлення печей опору; визначити рівні вищих гармонік електричних мереж при зміні параметрів електричної печі 4.1.

4.1. Теоретичні відомості.

Тиристорні керовані джерела живлення (ТКДЖ) застосовуються в системах безперервного регулювання температури або потужності печі опору.

Промисловістю серійно випускаються однофазні ТКДЖ типу РНТО потужністю 12...200 кВт і трьохфазні типу РНТТ потужністю 35...590 кВт.

Джерела живлення виконані по схемі фазово-імпульсного регулювання. Регулювання напруги за допомогою ТКДЖ створює несинусоїдальність струмів і напруг в електричній мережі. При роботі ТКДЖ з печами опору, що являються активним навантаженням, гармонійний спектр залежить від схеми з'єднання, кутів регулювання α і провідності λ . При використанні в схемі двох тиристорів, ввімкнених зустрічно-паралельно, регулювання напруги і струму навантаження okazується можливим при зміні кута відпирання тиристорів в межах $0 < \alpha < \pi$. Так як навантаженням являється чисто активний опір, то струм повторює по формі напругу (змінюється по синусоїді) і прирощення проходить при зміні знаку на аноді тиристора (рис. 4.1).

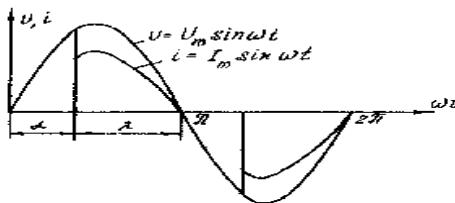


Рис. 4 1. Діаграма струму та напруги при активному навантаженні ТКДЖ.

При оцінці енергетичних показників ТКДЖ несинусоїдальний характер струму і напруги кількісно визначається наступними коефіцієнтами: коефіцієнт викривлення

$$K_{U(I)} = \frac{I_1}{\sqrt{\sum_{v=1}^n (I_v)^2}} ; K_{U(U)} = \frac{U_1}{\sqrt{\sum_{v=1}^n (U_v)^2}}$$

відношення діючого значення основної гармоніки до діючого значення всієї кривої;

Коефіцієнт несинусоїдальності

$$K_{yc(I)} = \frac{\sqrt{\sum_{v=1}^n (I_v)^2}}{I_{1(n)}} ; K_{yc(U)} = \frac{\sqrt{\sum_{v=1}^n (U_v)^2}}{U_{1(n)}}$$

відношення діючого значення вищих гармонік до діючого значення основної гармоніки (або номінальному значенню). Наведені коефіцієнти являються амплітудами гармонік, але не враховують порядок гармонік, що не дає повної характеристики несинусоїдальності струму та напруги. Для оцінки впливу вищих гармонік на живлячу мережу необхідно мати картину гармонічного спектру ТКДЖ.

Для ТКДЖ, побудованих за принципом фазово-імпульсного керування, з збільшенням кута регулювання різко зростають непарні вищі гармоніки: 3, 5, 7, 11, 9, 13-та.

Амплітуда v -ї гармоніки струму визначається виразом:

$$I_{mv} = \frac{U_m}{R} \cdot \sqrt{A_{v*}^2 + B_{v*}^2} , \quad (4.1)$$

$$\text{де: } A_{v*} = \frac{2}{(v^2 - 1) \cdot \pi \cdot (v \cdot \sin \alpha - \sin v\alpha)} ;$$

$$B_{v*} = \frac{2}{(v^2 - 1) \cdot \pi \cdot (v \cdot \cos \alpha - \cos v\alpha)} .$$

де v – порядок гармоніки; A_{v*} , B_{v*} – відносне амплітудне значення струму v -ї гармоніки.

4.2. Опис лабораторної установки.

В даній лабораторній установці досліджуються залежності вищих гармонік струму і напруги від зміни навантаження печі опору (зміна кута регулювання). В якості ТКДЖ моделюється тиристорний регулятор типу РНТО, що працює з піччю СНОЛ-1,6.2.0.0,8/9-МІ потужністю 2,5 кВт (рис.

4.2). Вхідний струм, а також струми напруги на виході регулятора при великих кутах керування сильно викривлені і мають високі коефіцієнти несинусоїдальності. Тривалість проходження струму через тиристори, яка залежить від кута регулювання α і характер навантаження, визначається по осцилограмам напруги або струму навантаження. Осцилографічні методи дають можливість безпосередньо визначати ступінь викривлення струму і напруги на вході регулятора (рис. 4.2). Схема керування ТКДЖ дозволяє змінювати кут регулювання від 0 до 180°. Перемикачі К1, К3 дозволяють виконати осцилографування форми кривої струму або напруги на вході або виході регулятора. При вимірюванні струму навантаження перемикачі К2 і К4 повинні бути відключеними. Осцилографування виконується за допомогою осцилографів: електрично-променевого типу Н-3013 та світло-променевого типу Н-117.

Методика розрахунку полягає в наступному.

Період функції $T=2\pi$ розділити на n рівних частин $\Delta X = \frac{2\pi}{n}$.

Амплітуда синусної складової v -ї гармоніки.

$$A_v = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f(x_p) \cdot \sin vx, \quad (4.2)$$

амплітуда косинусної складової v -ї гармоніки

$$B_v = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f(x_p) \cdot \cos vx, \quad (4.3)$$

де $f(x_p)$ – значення функції при $x_p=(p-0,5)\Delta x$, тобто в середині p -го інтервалу.

Амплітуда $I_v(U_v)$ v -ї гармоніки

$$I_v(U_v) = \sqrt{A_v^2 + B_v^2}, \quad (4.4)$$

кут початкової фази

$$\psi_v = \arctg\left(\frac{B_v}{A_v}\right). \quad (4.5)$$

Для виразу амплітуд гармонік в вольтах (амперах) необхідно визначити масштаб побудови, це виконується наступним чином: при осцилографуванні діюче значення струму (напруги) фіксується амперметрами (вольтметрами). Середнє квадратичне значення ординат досліджується кривою:

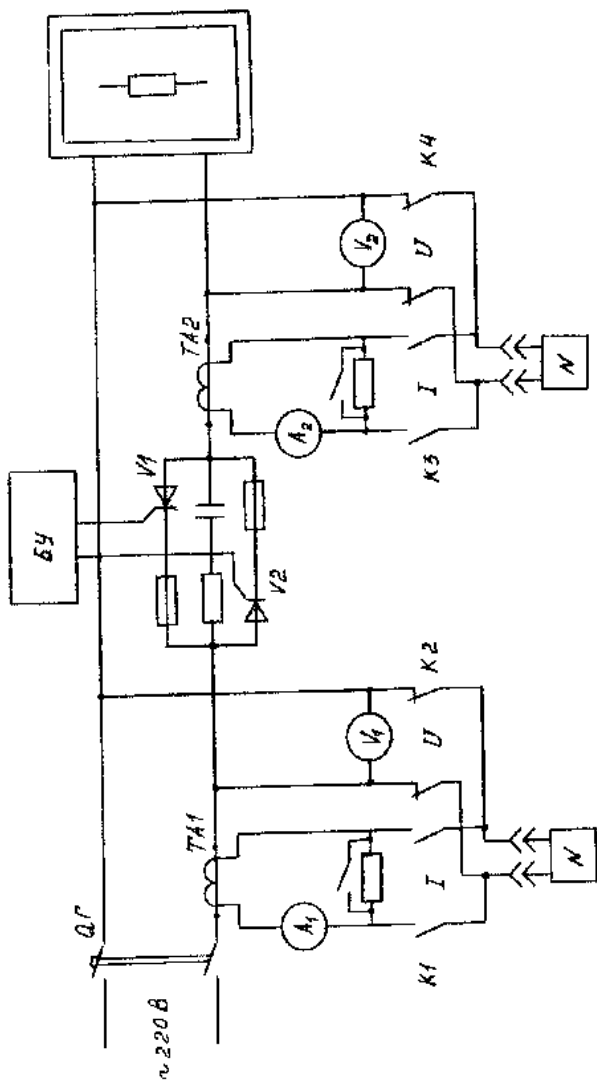


Рис. 4.2. Схеми вимірів параметрів однофазного тиристорного керованого джерела типу РНТО печей опору.

$$I_{\text{сер.кв}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2}}{n}.$$

Тоді масштаб визначиться виходячи з того, що 1 мм відповідає $I/I_{\text{сер.кв}}$. Коефіцієнт амплітуди $K_a = I_m/I$ (для синусоїди рівної 1,41).

4.3. Порядок виконання роботи

1. Перемикач K1 перевести в положення вимірювання струму, приєднати осцилограф, виставити мінімальне значення кута. Ввімкнути автоматичним вимикачем електричну піч і зафіксувати форму кривої струму, відмітити по амперметру А значення струму (попередньо з допомогою K2 замкнувши активний опір).

2. Виконати ті ж операції при збільшені кута до 180° (порядку 5...6 вимірів) і розрахувати амплітудні і діючі значення 3-, 5-, 6-ї гармонік.

3. Результати вимірів і розрахунків звести до табл. 4.2 – 4.3.

4. За формулою (5.1) розрахувати амплітудний спектр струму ТКДЖ і порівняти з експериментальними значеннями.

Таблиця 4.2. Графоаналітичний аналіз несинусоїдальності кривої

Номер ординати	Значення ординат, мм					
	В досліді					
	1-му	2-му	3-му	4-му	5-му	6-му
	$\alpha_1 =$	$\alpha_2 =$	$\alpha_3 =$	$\alpha_4 =$	$\alpha_5 =$	$\alpha_6 =$

Таблиця 4.3. Показання приладів і результати розрахунків

Номер досліді	Номер гармоніки	Дослідні данні			Розрахункові данні		
		I_1, A	U_1, B	Амплітуда, мм	Масштаб	Амплітудний струм I_m, A	Діючий струм I, A

5. Побудувати залежність $I_v = f(\alpha)$ і визначити коефіцієнти викривлення і несинусоїдальності.

6. Зняти осцилограми струму та напруги на виході ТКДЖ і порівняти з аналогічними осцилограмами на вході, пояснити отримані результати.

Контрольні питання

1. Як виконати плавне регулювання температури (потужності) печі опору при застосування ТКДЖ?
2. Чому гармонійний спектр ТКДЖ складається з непарних гармонік?
3. Як впливає зміна кута регулювання на рівні вищих гармонік струму, напруги?
4. Який вплив вищих гармонік на електрообладнання?

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ УСТАНОВОК НА ЖИВЛЯЧИЙ ЛАНЦЮГ

Мета виконання роботи - ознайомитися з причинами виникнення вищих гармонік в електричній мережі з електродуговими установками, з методами оцінки їх впливу і способів зниження вищих гармонік.

5.1. Теоретичні відомості.

Електродугові установки, являються крупними споживачами електроенергії в системах електропостачання, мають ряд фізичних особливостей. Електрична дуга електродугових установок мають нелінійну вольт-амперну характеристику, що приводить до генерації вищих гармонік в системі електропостачання. До електродугових установок відносяться дугові сталеплавильні печі, а також дугове електричне зварювання.

Ступінь викривлення кривих струму дугових печей в значному ступіні залежить від режиму горіння в різні періоди плавлення: розплавлення, окислення, рафінування.

В даний час на промислових підприємствах широко використовуються зварювальні установки, як джерело живлення яких застосовуються напівпровідникові перетворювачі. У зварювальних випрямлячах використовуються однофазні і трифазні мостові схеми двопівперіодного випрямлення. Найбільше поширення одержали некеровані зварювальні випрямлячі серій ВР, ВД, ВДМ, ВКСВВ. Напруга живлення випрямлячів 380/220 В, споживана потужність 9-70 кВА.

Основні джерела змінного струму – зварювальні трансформатори серії СТИ, СТ і ТСД.

На форму кривих струму і напруги дуг змінного струму впливають параметри її електричного контуру й умови горіння дуги. При чисто активному опорі контуру струм дуги двічі переривається за період, тому що дуга може горіти лише в той відрізок часу, коли напруга джерела більше необхідної напруги дуги. При наявності в ланцюзі індуктивності при переході струму через нуль напруга джерела не дорівнює нулю і відбувається повторне запалювання дуги. Для оцінки ступеня впливу електродугових установок на живильну мережу необхідно знати гармонійні спектри і значення коефіцієнтів несинусоїдальності напруги.

Для оцінки рівнів вищих гармонік струму і напруги звичайно використовуються наступні методи : графоаналітичний і апаратний, заснований на застосуванні спеціальних аналізаторів типу 34-48 і др.

Графоаналітичний метод заснований на тому, що будь-яка періодична функція, що задовольняє умовам Діріхле, тобто, що має за повний період кінцеве число розривів першого роду і кінцеве число максимумів і мінімумів, може бути представлена рядом Фур'є. Вираження для напруги $U(t)$ (аналогічно для струму $I(t)$) має наступний вигляд :

$$U(t) = A_0 + \sum_{\gamma=1}^n A_{\gamma} \cdot \sin \gamma \omega t + \sum_{\gamma=1}^n B_{\gamma} \cdot \cos \gamma \omega t, \quad (5.1)$$

де $A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) d\omega t$ - постійна складова ряду;

$A_{\gamma} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cdot \sin(\gamma \omega t) d\omega t$ - коефіцієнт ряду при синусних складових;

$B_{\gamma} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cdot \cos(\gamma \omega t) d\omega t$ - коефіцієнт ряду при косинусних складових.

Амплітуда γ -ї гармоніки $U_{\gamma} = \sqrt{A_{\gamma}^2 + B_{\gamma}^2}$.

Метод визначення коефіцієнтів Фур'є оснований на заміні визначеного інтервалу сумою кінцевого числа складових. Для цього період функції $f(\omega t)$, рівний 2π , розбивають на n рівних частин,

$$\Delta \omega t = \frac{2\pi}{n} \quad (5.2)$$

і замінюють їх сумами.

5.2. Опис лабораторного стенду.

Лабораторний стенд використовується для моделювання режимів роботи електродугових установок на постійному та змінному струмах. Принципова схема показана на рис. 2.3. Осцилографування струмів і напруг виконується за допомогою осцилографів - світло променевого Н-117 або електронного Н-3013. Лабораторна установка дозволяє досліджувати форму кривих струму і напруги дуги при активному або індуктивному характері опору системи джерела живлення – електрична дуга, а також форму кривих струму і напруги в системі вентильний перетворювач – електрична дуга.

5.3. Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитися з метою роботи, теоретичними відомостями і описом лабораторного стенду (див. лабораторну роботу №2).

2. Під'єднати осцилограф до джерела живлення змінного струму, запалити дугу і, змінюючи активний опір в мережі за допомогою К1...К5, зафіксувати форму кривих струму і напруги (роблячи відмітки в кожному досліді значення струму і напруги). Аналогічно виконати досліди при зміні індуктивності в мережі.

3. Під'єднати осцилограф до джерела живлення постійного струму, запалити дугу і, змінюючи активний опір в мережі та довжину дуги, зафіксувати форму кривих струму і напруги.

4. Результати дослідів по пп. 2-3 заносять до табл. 5.1. виконати графоаналітичний аналіз форм кривих струму і напруги. Періоди необхідно розділити на 12 або 18 частин. Результати заносять до табл. 5.2.

Таблиця 5.1. Результати вимірювань ВАХ електричної дуги постійного і змінного струму.

Номер дослідів	Показання приладів		Джерело струму			
	Опір, Ом	Довжина дуги, мм	змінного		постійного	
			U _д , В	I _д , А	U _д , В	I _д , А
1	R ₁ =0,4					
2	R ₂ =0,8					
3	R ₃ =1,2					
4	R ₄ =1,6					
5	R ₅ =2					

5. Провести аналіз отриманих результатів розрахунків .

Таблиця 5.2. Результати розрахунку несинусоїдальності напруги і струму.

Номер досліджу	Напруга v-ї гармоніки, В						Струм v-ї гармоніки, А					
	3	5	7	9	11	$K_{nc}, \%$	3	5	7	9	11	$K_{nc}, \%$
1												
2												
3												

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні групи електродугових установок, що викликають появлення вищих гармонік в живлячій мережі.
2. Як впливають умови горіння дуги (відкрита, захищена, що горить в середовищі захисних газів) на ступінь викривлення форм кривих струму і напруги.
3. Які типи періодичних функцій не містять парних гармонік?
4. Який вплив вищих гармонік на різноманітні групи електроспоживачів.

Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ $\cos \varphi$ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Мета роботи - дослідження залежності $\cos \varphi$ асинхронного двигуна від його навантаження, вивчення способів поліпшення $\cos \varphi$ асинхронного двигуна.

6.1. Теоретичні відомості.

Як відомо, в промисловості велика частина приймачів споживає реактивну потужність Q . Передача цієї потужності викликає збільшення струму й отже, з'являються додаткові втрати активної потужності в всіх елементах систем електропостачання, починаючи від генераторів станції і закінчуючи приймачем електроенергії.

Для створення кращого технічного й економічного режиму роботи системи електропостачання необхідно прагнути, наскільки це доцільно, до зменшення споживання реактивної потужності. Одержання такого, $\cos \varphi$ досягається за рахунок компенсації реактивної потужності, як природними шляхами (за рахунок поліпшення режиму роботи приймачів і т.д.), так і за рахунок установки спеціальних пристроїв компенсації, у відповідних точках системи електропостачання.

Реактивна потужність, необхідна промислового підприємству, в основному споживається таким чином: близько 65-70% - асинхронними двигунами, близько 20-25% - трансформаторами, близько 10% - лініями.

Величина споживання реактивної потужності асинхронними двигунами залежить від коефіцієнта завантаження двигуна.

Реактивна потужність холостого ходу дорівнює 60-70% від усієї реактивної потужності, що споживається при повному завантаженні двигуна. Тому велике значення має правильний режим роботи асинхронного двигуна. Необхідно прагнути до того, щоб асинхронні двигуни працювали з високим коефіцієнтом завантаження, обмежити холостий хід, підвищити якість ремонту, замінити малозавантажені двигуни двигунами меншої потужності, а якщо можливо, то понизити напругу малозавантажених двигунів, переключенням обмоток статора з трикутника на зірку.

6.2. Опис установки.

В лабораторній роботі для обертання генератора використовується асинхронний двигун потужністю $P_n=1$ кВт; $\cos\varphi=0,8$; ККД=0,82. До генератора потужність $P_r=0,8$ кВт підключені навантажувальні опори (лампи), струм яких контролюється амперметром "А". Збудження генератора регулюється за допомогою реостата R, встановленого на лицьовій стороні панелі.

Напруга генератора контролюється вольтметром "V"

$$U_{н.г.}=220 \text{ В}$$

Споживання асинхронних двигунів активної і реактивної потужності контролюється за допомогою ватметра, фазометра, вольтметра й амперметра, установлених на лицьовій стороні панелі. На панелі встановлені також пакетний вимикач і автомат для включення асинхронного двигуна: тумблери 3х3 групи для підключення конденсаторних батарей необхідної потужності до двигуна; клемчата колодка шести виводів статорної обмотки, асинхронного двигуна. Конденсаторні батареї з'єднані в трикутник і підключаються до асинхронного двигуна за допомогою трьох однофазних тумблерів (всього 3 групи).

УВАГА! Відключати тумблери конденсаторів дозволяється тільки після відключення асинхронного двигуна, що необхідно для розряду конденсаторів на обмотку статора.

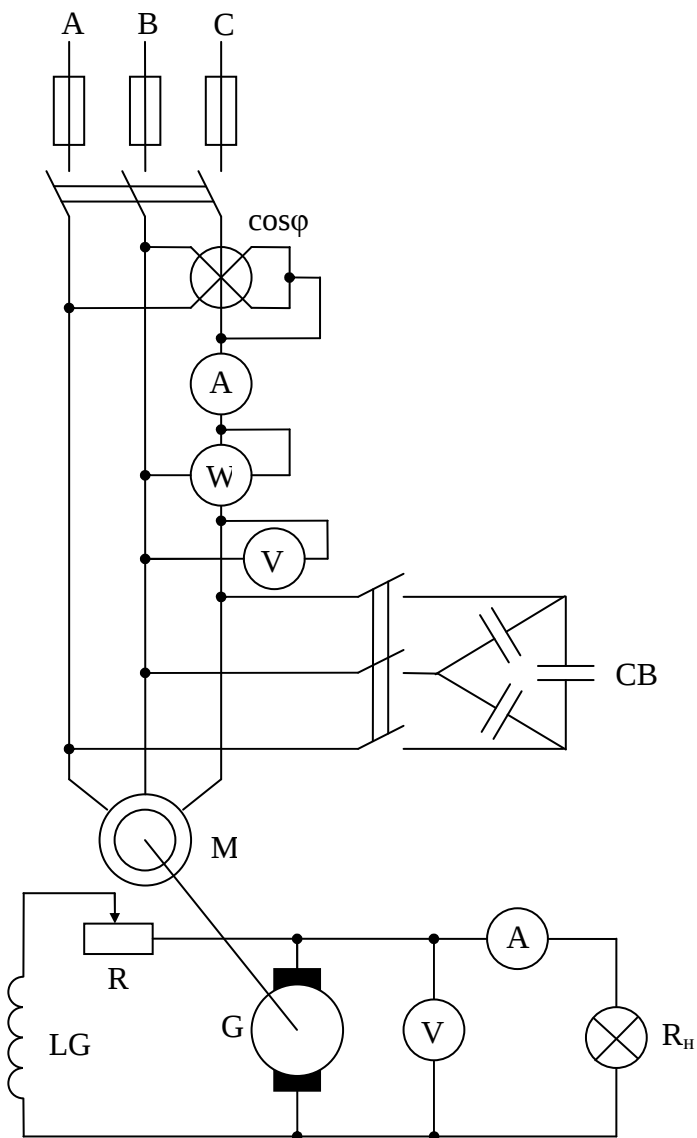


Рис. 6.1. Схема дослідження $\cos\varphi$ асинхронного двигуна.

6.3. Порядок виконання роботи.

1. Послідовним включенням навантажувальних ламп навантажувати двигун від холостого ходу до $1,2P_n$ підтримуючи за допомогою реостата R напругу генератора $U_g = 220$ В. При цьому показання приладів заносяться в табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Дослідні і розрахункові дані дослідження $\cos\phi$ АД.

№ п/п	Дослідні дані						Розрахункові дані				
	U _Г , В	I _Г , А	U _Д , В	I _Д , А	P _Д , кВт	cosφ	K _{з.Г}	η _Г	K _{з.Д}	S _Д , кВА	cosφ _{розн.}
1											
2											
...											

2. Переключити обмотку двигуна з трикутника на зірку. Встановити навантаження двигуна в межах $0,25 \div 0,4P_n$, порівняти значення $\cos\phi$ при даному навантаженні до і після переключення з трикутника на зірку.

3. За отриманими результатами табл. 6.1, побудувати залежність $\cos\phi$ асинхронного двигуна від коефіцієнта завантаження з огляду на, що:

$$K_{з.д} = \frac{P_d}{P_n} = \frac{U_g \cdot I_g}{\eta_g \cdot P_n}$$

де: P_d – навантаження на валу двигуна;

P_n – номінальна потужність двигуна;

U_g – напруга генератора;

I_g – струм навантаження генератора;

η_g – К.К.Д. генератора, обумовлене по кривій рис. 6.2, у залежності від коефіцієнта завантаження генератора $K_{з.г}$.

$$K_{з.г} = \frac{U_g \cdot I_g}{P_{н.г}}$$

де: $P_{н.г}$ – номінальна потужність генератора;

Розрахункове значення $\cos\phi$ визначається з виразу:

$$\cos\phi = \frac{P_{д.сп}}{S_d} = \frac{P_{д.сп}}{\sqrt{3}U_a I_a}$$

де: $P_{д.сп}$ – споживана двигуном активна потужність визначається за показом ватметра;

Розрахункові значення $\cos\phi$ порівняти з показанням фазометра.

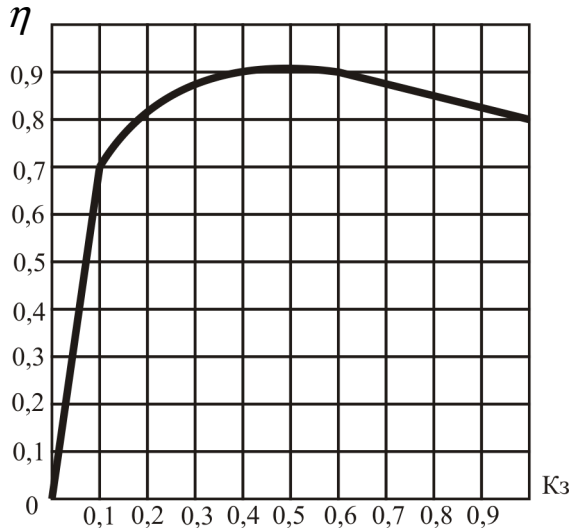


Рис.6.2. Залежність η генератора від його завантаження.

5. Послідовно підключити конденсаторну батарею до двигуна, дослідити їхній вплив на $\cos\phi$ двигуна. Результати пояснити.

Контрольні питання.

1. На що витрачається активна і реактивна потужність в асинхронному двигуні.
2. Чому зі збільшенням завантаження асинхронного двигуна збільшується $\cos\phi$.
3. Чому збільшується $\cos\phi$ в результаті переключення обмотки статора з трикутника на зірку при навантаженні асинхронного двигуна менш 50%.
4. Указати способи підвищення $\cos\phi$ промислового підприємства.

АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК

Мета роботи - вивчення схем автоматичного регулювання потужності конденсаторних установок пром підприємств по напрузі на шинах підстанції і по струму навантаження, розрахунок установок регулюючої автоматики.

7.1. Теоретичні відомості.

Більшість промислових підприємств мають нерівномірний добовий графік активного і реактивного навантаження, що обумовлює необхідність регулювання потужності, що віддається компенсуючими пристроями в мережу підприємства. В якості власних джерел реактивної потужності на промислових підприємствах використовуються високовольні і низьковольні батареї конденсаторів, синхронні двигуни. Регулювання реактивної потужності, що віддається конденсаторними установками можливо лише ступінчато, за рахунок відключення або включення секцій конденсаторної установки, а синхронного двигуна плавно за рахунок зміни струму збудження.

Регулювання потужності включенням і відключенням всієї установки або окремих її секцій дозволяє досягнути економічного режиму роботи електричних мереж промислових підприємств і одночасно використовувати конденсаторні установки як засіб місцевого регулювання напруги. Регулювання потужності може проводитись вручну експлуатаційним персоналом; автоматично від дії різних електричних параметрів і неелектричних датчиків; диспетчером – безпосередньо або розпорядженням по телефону.

Регулювання потужності вручну експлуатаційним персоналом в визначений час доби не може бути надійним способом регулювання, хоча і досі ще продовжує використовуватися на промислових підприємствах. Регулювання вручну в основному залежить від якості роботи чергового персоналу, при цьому можуть бути випадки, коли із-за необережності персоналу конденсаторна установка довгий час остається не відключеною або, навпаки, відключеною, що призводить до недокомпенсації або перекомпенсації.

Найбільш економічні режими роботи мереж можуть бути досягненні при використанні конденсаторних установок з автоматичним регулюванням

потужності. В залежності від характеристики мережі, вимог споживача і енергосистеми автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок може виконуватися:

1) за часом доби, коли важливо обмежити віддачу промисловим підприємством реактивної потужності в мережу енергетичної системи протягом доби по визначеній програмі з сталою технологією виробництва;

2) по рівню напруги, якщо необхідно зменшити відхилення рівня напруги електричної мережі промислового підприємства від оптимального значення;

3) по струму навантаження, якщо зростання або зниження повного навантаження змінюється протягом робочого дня і супроводжується відповідною зміною реактивної потужності;

4) по величині коефіцієнта потужності, якщо його зміна пропорційна визначеній зміні реактивної потужності;

5) по величині і напрямку реактивної потужності, коли важливо обмежити віддачу промисловим підприємством реактивної потужності в мережу енергосистеми;

6) в залежності від технології виробництва, коли регулювання потужності конденсаторних установок може здійснюватися від неелектричних датчиків (температури, тиску і т. п.);

7) по різним комбінованим схемам: в залежності від часу доби з корекцією по напрузі, по часу доби, напрузі і напрямку реактивної потужності, по напрузі з корекцією по струму, з використанням неелектричних датчиків від різних пристроїв;

8) у зв'язку з впровадженням диспетчерського керування і телемеханізацією електропостачання промислових підприємств доцільно здійснювати централізоване регулювання потужності конденсаторних установок диспетчером безпосередньо або розпорядженням по телефону на основі аналізу графіку навантаження даного підприємства або навіть цілого району енергетичної системи;

В умовах металургійної промисловості з потужними різко змінними активним і реактивним навантаженням доцільно використовувати швидкодіючі безконтактні регулятори реактивної потужності. В металургійних цехах з нормальними умовами роботи регулювання реактивної потужності може здійснюватися в залежності від необхідних параметрів за часом доби або по напрузі для даної категорії навантажень.

Для машинобудівної і інших промисловостей з спокійним графіком зміни навантаження регулювання реактивної потужності може здійснюватися за часом доби з невеликою кількістю ступенів регулювання. В хімічній і іншій промисловості, пов'язаній з наявністю вибухонебезпечного

середовища і відсутності конденсаторів для використання у вибухонебезпечному середовищі, конденсаторні установки можуть використовуватися тільки централізовано на живлячих підстанціях з регулюванням реактивної потужності за часом доби або напруги з невеликою кількістю ступенів регулювання.

Для регулювання реактивних навантажень в електромережах городів і сільських районах доцільно використовувати централізоване регулювання за часом доби і здійснювати керування конденсаторними установками струмами тональної частоти по живлячим лініям електропередач.

Автоматичне регулювання потужності КУ по напрузі на шинах підстанції.

При використанні конденсаторних установок для регулювання напруги слід мати на увазі, що:

при збільшенні потужності конденсаторної установки напруга збільшується, і навпаки, зменшення потужності установки при наявності попереднього споживання реактивної енергії призводить до зниження напруги;

регулювання потужності конденсаторних установок практично здійснюється тільки ступенями, відповідно, і регулювання напруги буде здійснюватися не плавно, а ступенями;

при зниженні напруги потужність конденсаторної установки знижується пропорційно квадрату напруги, в той час як бажано було б мати в цьому випадку підвищення потужності;

конденсаторна установка не є споживачем реактивної потужності і із-за цього можливості регулювання її напруги в сторону збільшення напруги відсутня.

Слід також враховувати, що основне призначення конденсаторних установок – це компенсація реактивних навантажень, і відповідно, ефект їх як регулятора напруги використовується без яких-небудь додаткових витрат. В сполученні з іншими заходами по регулюванню напруги, наприклад з трансформаторами з регулюванням напруги під навантаженням, конденсаторні установки в багатьох випадках можуть бути доцільно використані для місцевого регулювання напруги. Однак не можна допускати, щоб конденсаторні установки залишалися увімкненими в години мінімального навантаження, коли напруга і так велика (збільшуються втрати, підвищується напруга, знижується термін служби конденсаторів і електрообладнання). В той же час очевидно, що система регулювання по напрузі повинна бути відстроєна від короточасних знижень, викликаних, наприклад, включенням великих електродвигунів.

Одним із простих способів автоматичного регулювання по напрузі є регулювання яке здійснюється одним реле мінімальної напруги, діючим на включення і відключення конденсаторної установки при коливаннях напруги в мережі, або двома реле напруги – мінімальним і максимальним, із яких одне включає, інше відключає конденсаторну установку при відхиленнях напруги від номінального. Для регулювання по напрузі можуть бути використані реле напруги електромагнітні, електронні, індукційні, які допускають точну настройку і чітке спрацювання контактів при $\pm 10\%$ номінальної напруги мережі. При цьому уставки реле напруги повинні допускати можливість настройки в межах з інтервалами $\pm 5-10\%$, тобто 85, 90, 95, 100, 105, 110% номінальної напруги. При багатоступеневому регулюванні по напрузі і наявності великої кількості секцій конденсаторних установок настройки можуть бути більш вузькими, в межах 1-2% номінальної напруги мережі.

Для виконання простих пристроїв одноступеневого регулювання по напрузі використовуються електромагнітні реле серії РН-50, яке використовується в схемах автоматики, з межами регулювання напруги, наприклад 90 В при включенні конденсаторної установки і 105 В при її відключенні. Недоліком реле РН-50 є низький коефіцієнт повернення, але при послідовному включенні з обмоткою реле додаткового опору можливо отримати точність, достатню для роботи автоматики.

На рис. 7.1. приведена схема одноступеневого автоматичного регулювання потужності конденсаторної установки по напрузі, де в якості пускового органу прийнято одне реле мінімальної напруги типу РН-54. Розмикаючий контакт КВ1.1 працює в колі включення конденсаторної установки при зниженні напруги в мережі. Замикаючий контакт працює в колі відключення при підвищенні напруги в мережі. При зниженні напруги в мережі нижче заданої межі, наприклад до 95% номінальної, створюється коло включення контактора конденсаторної установки, а саме: реле напруги КВ1 спрацьовує і замикає свій контакт КВ1.1 в колі котушки реле часу КТ1. реле часу КТ1 з заданою витримкою часу (не менше 2-3 хв.) замикає свій контакт КТ1 в колі котушки контактора КМ і автоматично вмикає конденсаторну установку в мережу.

Після включення конденсаторної установки напруга в мережі декілька збільшиться; для того щоб конденсаторна установка не відключалась, автоматично відбувається зміна напруги уставки спрацювання реле КВ1 шунтуванням послідовно включеного з котушкою додаткового опору R. Реле напруги КВ1 в цьому випадку може спрацювати, тільки якщо напруга в мережі збільшується вище збільшеної уставки спрацювання.

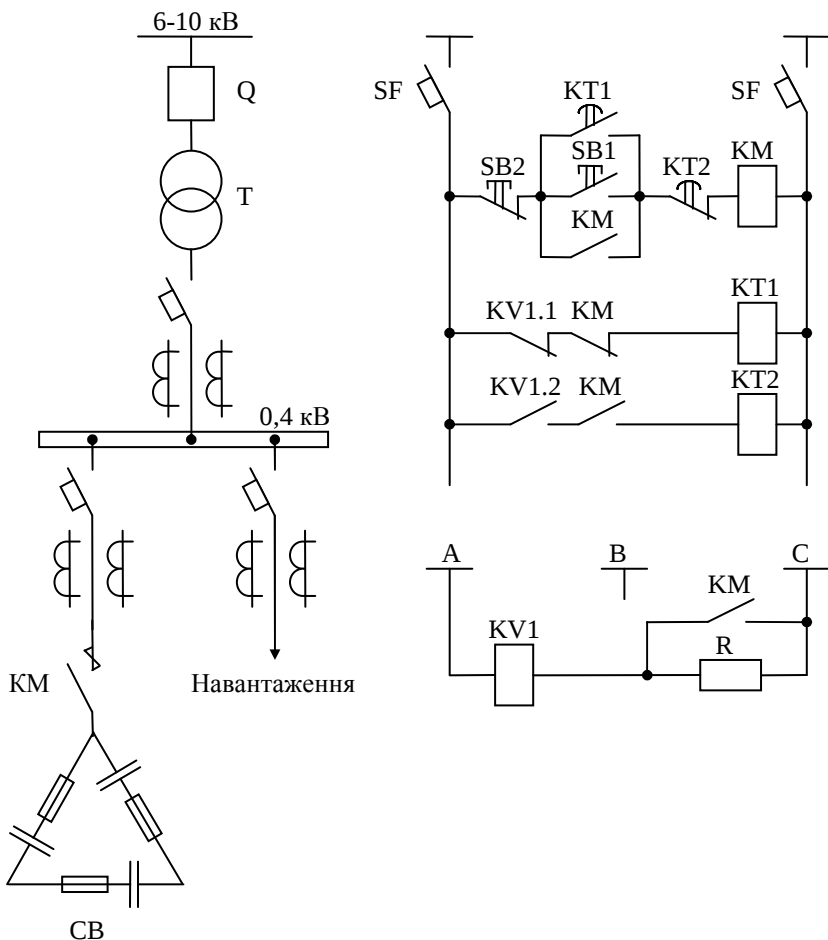


Рис. 7.1. Схема одноступеневого автоматичного регулювання по напрузі з одним реле напруги.

При збільшенні напруги вище заданої межі (наприклад, до 105% номінальної напруги) підготовлюється коло відключення конденсаторної установки, а саме: реле напруги KV1 спрацьовує і замикає свій контакт KV1.2 в колі котушки реле часу KT2. Реле часу KT2 з витримкою часу розмикає свій контакт в колі котушки контактора і автоматично відключає

конденсаторну установку від мережі. Для здійснення витримки часу, необхідної для відстроювання від короточасних знижень або підвищень напруги в мережі, передбачається реле часу типу РВП-2, діюче з витримкою часу 2-3 хв.

В схемах одноступінчатого регулювання по напрузі для підвищення точності роботи автоматики може бути використана схема з двома реле напруги, приведена на рис 7.2. Одне реле своїм контактом включає конденсатору установку при зниженні напруги в мережі, інше реле відключає її при підвищенні напруги.

Для більш точної настройки схеми автоматики в зв'язку з низьким коефіцієнтом повернення реле напруги в колі його котушки послідовно включається додатковий опір. При цьому наладка схеми з двома реле в порівнянні з схемою з одним реле напруги спрощується і досягається більша точність спрацювання реле. В іншому робота схеми одноступінчатого регулювання по напрузі з двома реле напруги аналогічна роботі схеми з одним реле напруги.

Автоматичне регулювання потужності КУ по струму навантаження.

В результаті аналізу графіка навантаження промислового підприємства може оказатися, що рівномірно розподілене навантаження між фазами різко змінюється протягом дня, причому ріст і зниження повного навантаження супроводжується відповідною зміною реактивної потужності. В цих умовах регулювання потужності конденсаторної установки доцільно здійснювати по струму навантаження з допомогою двох реле струму, встановлених на вводі підстанції. Одно реле включає конденсатору установку при зростанні навантаження, інше відключає її при зниженні навантаження. Змінюючи уставки струму спрацювання реле з урахуванням їх коефіцієнту повернення, можливо забезпечити автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок при різних навантаженнях на вводі підстанції.

Для відстроювання від короточасних підвищень і знижень струму в схемі передбачається два реле часу, які діючи з витримкою часу порядку 2-3 хв.

В якості пускового органу можуть бути використані струмові реле: індукційні, електромагнітні, наприклад, серії РТ-80, РТ-40, РЭВ, РТВ, які мають коефіцієнт повернення відповідно 0,85; 0,8; 0,7. Для більш точного регулювання слід використовувати реле з більш високим коефіцієнтом повернення. У випадку нерівномірного навантаження по окремим фазам для правильної роботи схеми пускові струмові реле включення і відключення

Кола оперативного струму
Ввідний автомат
Включення КУ кнопкою вручну
Відключення КУ кнопкою вручну
Відключення КУ релейним захистом
Кола відключення схеми регулювання
Кола відключення КУ
Кола включення КУ
Автоматичне включення при зниженні напруги
Автоматичне відключення при підвищенні напруги
Кола трансформатора струму

На рис. 7.3. приведена схема одноступеневого автоматичного регулювання по струму навантаження з використанням двох електромагнітних реле струму типу РТ-40.

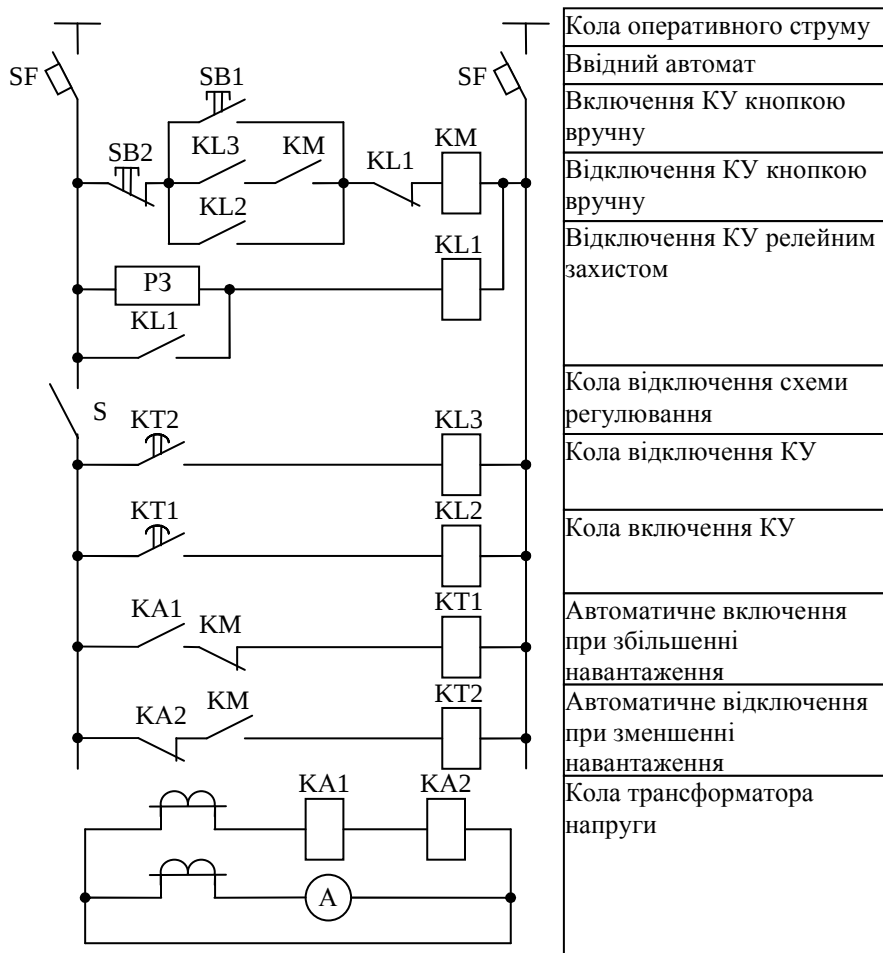


Рис. 7.3. Схема одноступеневого автоматичного регулювання по струму навантаження.

При навантаженні на вводі підстанції менше уставки струму спрацювання КА1 конденсаторна установка залишається відключеною. При збільшенні навантаження до струму спрацювання КА1 реле спрацьовує і замикає свій контакт в колі реле часу РТ1 з витримкою часу 2-3 хв. дає імпульс на включення конденсаторної установки. Реле струму КА2, маючи

струм уставки спрацювання менше струму уставки реле КА1, повинно також спрацювати, однак відключення конденсаторної установки при цьому не відбувається, так як розмикаючий контакт цього реле розмикається, а замикаючий блок-контакт контактору КМ в колі КТ2 замикається тим самим підготовлює коло для відключення конденсаторної установки. При зниженні навантаження на вводі підстанції меншої за струм відпускання реле КА2 спрацює реле часу КТ2 і з витримкою часу 2-3 хв. дасть імпульс на відключення конденсаторної установки.

Опис установки

У лабораторній роботі моделюється цехова трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ; до шин якої підключена конденсаторна установка КУ і фідери споживачів. Лабораторна робота зібрана на стенді, де змонтовані всі прилади, реле, навантажувальні дроселі і лампи.

На стенді приведена схема підстанції що змодельована, і схема релейної частини регульованої конденсаторної установки.

При виконанні розрахунків слід враховувати коефіцієнт трансформації трансформатора струму $n_{тс}=3000/5$.

Потужність навантаження підстанції через показання приладів визначається як:

$$S_{\text{нав}} = 3U_{\phi} I_{\phi} n_{тс}$$

де: U_{ϕ} і I_{ϕ} – показання відповідних приладів стенда.

Необхідні для розрахунку лабораторної роботи каталожні дані по трансформатору ТМ-1000/10/0,4 беруться з довідкової літератури. Потужність конденсаторної установки приймається 450 кВар.

7.2. Завдання і методика проведення роботи.

1. Регулювання потужності КУ по напрузі.

а) Після ознайомлення з лабораторним стендом подають живлення на стенд і поставивши регулятор потужності навантаження в положення мінімального, а потім максимального навантаження по показниках приладів визначають потужність навантаження в максимальному і мінімальному режимі, табл. 7.2.

б) Проводиться розрахунок уставок реле напруги.

- напруга при якій необхідно вимкнути КУ з умови недопущення перекомпенсації:

Таблиця 7.2. Результати досліджень і розрахунків при визначенні мінімального і максимального навантаження.

Дослід				Розрахунок		
Режим	I, А	P, кВт	U, В	S, кВа	Q, кВар	cosφ
Мінімальний						
Максимальний						

$$U_{\text{від}} = U_{\text{мін}} + \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{мін}}}{Q_{\text{мін}} - Q_{\text{макс}}} (Q_{\text{ку}} - Q_{\text{макс}})$$

- напруга уставки спрацювання реле на відключення КУ:

$$U_{\text{спр2}} = 0,95 U_{\text{від}}$$

- напруга уставки спрацювання реле на включення КУ:

$$U_{\text{спр1}} \leq (U_{\text{спр2}} - 1,1 \Delta U) / K_{\text{п}}$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт повернення для даного типу реле напруги ($K_{\text{п}} = 0,9$)

$$\Delta U = \frac{X_{\text{тр}} Q_{\text{ку}}}{U_{\text{нн}}}$$

$X_{\text{тр}}$ – індуктивний опір трансформатора приведений до сторони низької напруги.

г) Проводиться установка обчислених уставок реле напруги.

д) Збільшуючи навантаження від мінімального до максимального перевіряється дія автоматики. При цьому при всіх значеннях навантаження вольтметр повинен показувати напруги не виходячи з зони припустимих.

е) Відключивши вимикачем S - ланцюга автоматики, включивши кнопкою "пуск" КУ змінюючи навантаження від мінімального до максимального переконуються, що при відсутності регулювання КУ по напрузі напруга на шинах підстанції виходить за зону припустимих значень.

2. Регулювання КУ по струму навантаження.

а) Розраховуються уставки реле струму.

- струм спрацювання реле на відключення КУ:

$$I_{\text{сп1}} = \frac{0,1 Q_{\text{ку}}}{3 U_{\text{нн}} K_{\text{п}} n_{\text{тс}}}$$

- струм спрацювання реле на включення КУ:

$$I_{\text{сп2}} = \frac{1,2 Q_{\text{ку}}}{3 U_{\text{нн}} n_{\text{тс}}}$$

в) Змінюючи навантаження від мінімального до максимального перевіряється дія автоматики на включення і відключення КУ.

Контрольні питання.

1. По яких параметрах виробляється автоматичне регулювання потужності КУ.
2. У яких випадках доцільно застосовувати регулювання потужності КУ по напрузі, по струму навантаження.
3. Як виконується розрахунок зони допустимих напружень на шинах підстанції.
4. Вимоги ДСТ 13109-97 і ПУЕ до величин припустимих відхилень напруги на затисках різних електроприймачів.

Лабораторна робота № 8

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Мета виконання роботи – отримати практичні навички розрахунку компенсуючи пристроїв в системі електропостачання промислових підприємств.

Завдання: Для заданої схеми визначити оптимальні значення потужностей КП на високій (ВН) і низькій (НН) напрузі мережі.

1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв у високовольтних та низьковольтних мережах.
2. Розрахунок затрат на генерацію реактивної потужності (РП) для варіанта з мінімальним числом трансформаторів ($N_t = N_o$).
3. Розрахунок затрат на генерацію (РП) для варіанта з числом трансформаторів $N_t = N_o + 1$.
4. Вибір оптимального варіанта компенсації РП. Вибір стандартних БСК на високу і на низьку напругу.

8.1. Теоретичні відомості.

Значна частина електроприймачів, які приєднані до електричної системи, споживають окрім активної потужності і реактивну. Таким чином, генератори електростанцій поруч з активною потужністю повинні виробляти і реактивну.

При цьому виникають несприятливі техніко-економічні наслідки:

а) підвищення втрат активної потужності у лініях, трансформаторах і генераторах, пов'язане з протіканням реактивних струмів через активні опори елементів мережі, а також із збільшенням навантаження ланцюгів збудження генераторів електростанцій;

б) підвищення втрат напруги і зниження рівня напруги у споживачів;

в) неможливість повного використання пропускну здатності елементів мережі;

г) створення реактивними відстаючими струмами у обмотках статора синхронного генератора розмагнічуючих сил, що вимагає збільшення струму збудження.

Проект компенсації реактивних навантажень повинен ґрунтуватись на розрахунках, що охоплюють всю мережу від генераторів енергосистеми до електроприймачів. Проте практично це не здійснюється із-за складності і багатовимірності задачі, що розглядається, тому вказані розрахунки проводяться окремо для трьох ієрархічних рівнів цієї складної технічної системи.

1. На першому, самому високому, рівні для електричної мережі енергосистеми розраховується економічно обґрунтована найбільша реактивна потужність Q_c і визначається сумарна потужність компенсуючих пристроїв.

Потужність компенсуючих пристроїв (КП):

$$Q_{\text{кп}} = Q_{\phi} - Q_c$$

де Q_{ϕ} – фактичне реактивне навантаження у максимальному режимі;

Q_c – гранична реактивна потужність системи, яка по технічним умовам може бути передана споживачеві від енергосистеми.

Реактивну потужність Q_c знаходять по формулі:

$$Q_c = P_{\phi} \operatorname{tg} \varphi$$

де P_{ϕ} – фактичне активне навантаження споживачів, МВт;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт потужності системи ($\operatorname{tg} \varphi = 0,15$).

2. На другому рівні електричної мережі споживача, включаючи шини 0,4 кВ трансформаторних підстанцій, розраховують оптимальне розміщення компенсуючих пристроїв при умові, що їх сумарна потужність дорівнює.

3. На третьому рівні для електричних мереж напругою до 1000 В кожного цеху розраховують оптимальне розміщення конденсаторних батарей, сумарна потужність яких для кожної цехової підстанції вже визначена на другому рівні.

Вибір типу, потужності, місця установки і режиму КУ повинен забезпечувати найбільшу економічність при дотриманні допустимих режимів напруг у живлячих і розподільчих мережах і допустимих струмових навантажень у всіх елементах мережі.

КП сумарною потужністю $Q_{\text{кп}}$ можуть бути встановлені як у мережі напругою 0,4 кВ, так і у мережі напругою 6-10 кВ.

Оптимальний розподіл КП на шинах 0,4 і 6-10 кВ визначається питомою вартістю КП високих і низьких напруг, втратами на установку комутаційного устаткування і додаткових трансформаторних підстанцій, вартістю втрат енергії.

Отже, при проектуванні систем електропостачання необхідно розглядати декілька можливих варіантів розміщення КП з метою вибору найбільш економічного.

Критерієм економічності є мінімум приведених розрахункових витрат, при визначенні яких слід враховувати:

- а) витрати на установку КУ і додаткове устаткування до них;
- б) зниження вартості устаткування трансформаторних підстанцій і спорудження живлячих і розподілюючих мереж, а також втрат електроенергії у них. Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності визначаються по формулі:

$$Z = E \cdot K + C$$

де E – сумарні щорічні відрахування від капітальних вкладень (визначаються додаванням значень нормативного коефіцієнта ефективності капітальних вкладень, відрахувань на амортизацію і обслуговування);

K – капітальні вкладення в КП і додатково встановлені цехові трансформатори, тис.грн;

C – вартість втрат активної потужності, тис.грн.

Вона визначається по формулі:

$$C = C_0 \cdot \Delta P_{\max}$$

де C_0 – питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт;

$\Delta P_{\max}$ – найбільші втрати активної потужності, кВт.

При установці на великих підприємствах групи цехових трансформаторів потужність їх визначається густиною навантаження, конструктивними міркуваннями і т.п. і обирається, як правило, для всієї групи однаковою у діапазоні 630-2500 кВА.

Збільшення реактивної потужності, що передається зі сторони 6-10 кВ у мережі до 1000 В, може привести до збільшення загального числа установлених трансформаторів без зміни їх номінальної потужності.

Вартість встановлених на промислових підстанціях комплектних трансформаторних підстанцій дуже висока, і при виборі засобів компенсації вирішальне значення має число встановлених трансформаторів. У ряді випадків оптимальним є мінімально можливе число трансформаторів, що розраховується по формулі:

$$N_0 = \frac{P}{K_3 \cdot S_{\text{ном}}}$$

де P – сумарна активна потужність, яка споживається у мережах до 1000 В, МВт (сума розрахункових навантажень по цеховим ТП).

K_3 – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

$S_{\text{ном}}$ – номінальна потужність одного трансформатора, МВА.

Отримана величина повинна бути округлена до найближчого більшого цілого значення.

Значно рідше при більшому числі трансформаторів оптимальним може виявитись число трансформаторів, збільшене на 1 в порівнянні з мінімально можливим і ще рідше – збільшене на 2.

Найбільша реактивна потужність (Мвар), яка може бути передана зі сторони 6-10 кВ у мережі до 1000 В без збільшення заданого числа трансформаторів, може бути визначена по формулі:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{\text{ном}})^2 - P^2}$$

Таким чином, для вирішення поставленої задачі слід порівнювати величину розрахункових витрат для варіантів з мінімальним числом трансформаторів з числом трансформаторів збільшеним на 1 і на 2. У багатьох випадках досить порівняння розрахункових витрат для перших двох варіантів.

Величина витрат для першого варіанту визначається як сума витрат на генерацію активної потужності на стороні 6-10 кВ і витрат на установку БК в мережах до 1000 В, потужність яких знаходиться з умови балансу реактивних потужностей у цих мережах.

$$Z = Q_{\text{К.Н.}} \cdot Z_{1\text{Н}} + Q_{\text{К.В.}} \cdot Z_{1\text{В}},$$

де $Z_{1\text{Н}}$, $Z_{1\text{В}}$ – витрати (грн./Мвар) на генерацію реактивної потужності БК відповідно на напрузі до 1000 В і 6-10 кВ;

$Q_{\text{К.Н.}}$, $Q_{\text{К.В.}}$ – обрані потужності конденсаторних батарей на нижчій і вищій напрузі. Потужність, що генерується БК, реактивна (Мвар) пропорційна квадрату напруги на її затискачах.

$$Q = \left(\frac{U^*}{U_{\text{БК}}^*} \right)^2 \cdot Q_{\text{Н}}$$

де $U_{\text{БК}}^*$ – відношення номінальної напруги конденсаторів до номінальної напруги мережі;

U – відносна величина напруги мережі у пункті приєднання БК. Для БК напругою до 1000 В $U_{\text{БК}}^* = 1$; для БК напругою 6-10 кВ $U_{\text{БК}}^* = 1,05$.

Величини $Z_{1\text{Н}}$ і $Z_{1\text{В}}$ визначаються по формулах:

$$З_{1В} = E \cdot K_{К.В} \cdot \left(\frac{U_{6к}^*}{U} \right)^2 + C_0 \cdot \Delta P_{К.В}$$

$$З_{1Н} = E \cdot K_{К.Н} \cdot \left(\frac{U_{6к}^*}{U} \right)^2 + C_0 \cdot \Delta P_{К.Н}$$

де $E = P_H + E_a + E_0$ – річні відрахування від вартості конденсаторів, що складають $0,001 \cdot (12 + 15 + 5) = 0,32$

$K_{К.В.}$, $K_{К.Н}$ – вартість конденсаторів, тис.грн/МВар, встановлених відповідно на вищій і нижчій напрузі;

$\Delta P_{К.В.}$, $\Delta P_{К.Н}$ – питомі втрати в конденсаторах, які дорівнюють відповідно 2,5 і 4,5 кВт/МВар.

Для других і третіх варіантів повинні бути враховані витрати на додаткову установку відповідно одного або двох трансформаторів.

Приведені витрати розраховуються за виразом:

$$З = Q_{К.Н} \cdot З_{1Н} + E \cdot K_{Тр} + Q_{К.В} \cdot З_{1В}$$

де $K_{Тр}$ – вартість додатково встановлених трансформаторів.

Витрати на генерацію реактивної потужності синхронними двигунами (СД) визначаються по формулі:

$$З_{сд} = З_0 + З_1 \cdot Q + З_2 \cdot Q^2$$

де $З_0$ – витрати, які не залежать від потужності, що генерується, грн;

$З_1$ – питомі витрати на 1 МВар потужності, що генерується, тис.грн/МВар;

$З_2$ – питомі витрати на 1 МВар потужності, що генерується, тис.грн/МВар;

Q – реактивна потужність, що генерується СД, МВар.

Розрахункові витрати на генерацію реактивної потужності групою однотипних двигунів визначаються по формулах:

$$З_0 = E_p \cdot K_p \cdot N$$

$$З_1 = C_0 \cdot \left(\frac{D1}{Q_{ном}} + \frac{2 \cdot Q_{пр} \cdot D2}{Q_{ном}^2 \cdot N} \right)$$

$$З_2 = C_0 \cdot \left(\frac{D2}{Q_{ном}^2 \cdot N} \right)$$

де K_p – вартість регулятора, тис.грн;

$D1$, $D2$ – постійні величини, що залежать від технічних параметрів двигуна;

$Q_{пр}$ – реактивна потужність, що генерується СД в режимі компенсації, МВар;

$Q_{ном}$ – номінальна реактивна потужність двигуна, МВар;

N – кількість однотипних двигунів.

Потужність $Q_{\text{пр}}$ визначається з умови балансу реактивних потужностей у системі електропостачання і залежно від варіанту, що розглядається, компенсація може прийматись в межах від 0 до Q_{max} .

Максимальна реактивна потужність, що генерується СД, визначається по формулі:

$$Q_{\text{max}} = \frac{\alpha_{\text{ном}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ном}}}{\eta}$$

$\alpha_{\text{ном}}$ – коефіцієнт завантаження по реактивній потужності;

$P_{\text{ном}}$ – номінальна реактивна потужність СД, МВт;

$\text{tg}\varphi_{\text{ном}}$ – відповідає номінальним даним СД.

8.2. Вказівки до виконання роботи.

1. Вибір оптимальної схеми компенсації реактивної потужності на промисловому підприємстві може проводитись за програмами:

а) КОМПЕНС/ EXE (схема без СД)

б) КОМП – СД/ EXE (схема з СД).

2. Робота з наведеними програмами проводиться в діалоговому режимі.

8.3. Вихідні дані.

1. Розрахункова схема (Рис. 8.1).

2. Активна і реактивна потужності навантаження на шинах 0,4 кВ.

3. Активна і реактивна потужності навантаження на шинах 10 кВ.

4. Коефіцієнт потужності системи ($\text{tg}=0,15$), вартість втрат електроенергії (c_o , грн./кВт·год), час використання максимального навантаження (T_m , год), номінальна потужність цехових трансформаторів ($S_{\text{ном}}$).

5. Кількість і потужність високовольтних синхронних двигунів.

Вказівка: Варіант задається викладачем. Вартість втрат електроенергії згідно діючих тарифів.

Контрольні питання.

1. Які техніко-економічні наслідки від потоків реактивної потужності.

2. Як розраховується мінімальна кількість цехових трансформаторів.

3. Як записуються розрахункові затрати на компенсацію РП при мінімальній кількості трансформаторів і при $N_t=N_o+1$, $N_t=N_o+2$.

4. Врахування втрат потужності в елементах схеми електропостачання при розрахунках компенсації РП.

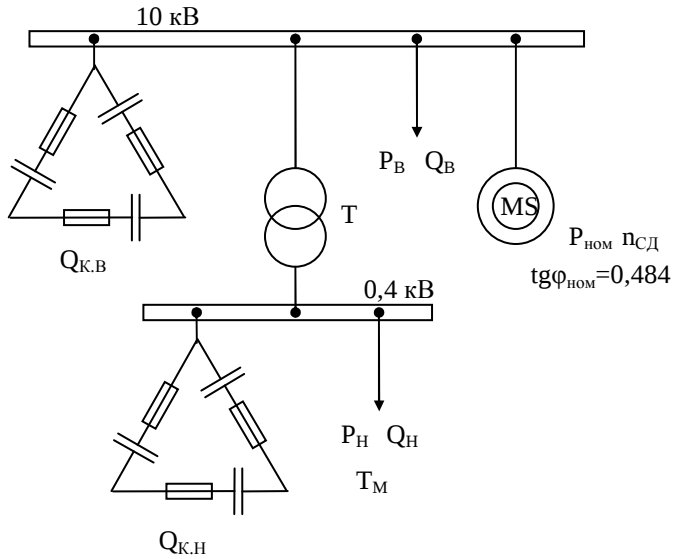


Рис. 8.1. Розрахункова схема.

Таблиця 8.1. Вихідні дані для розрахункової схеми.

Варіант	P_B , кВт	Q_B , кВар	P_H , кВт	Q_H , кВар	T_M , год	$P_{ном}$, кВт	$n_{сд}$	$S_{ном}$, кВА
1	1000	750	3000	2500	2500	630	2	630
2	2000	1500	4000	3000	2700	630	2	1000
3	3000	2200	5000	4500	3000	1000	2	630
4	4000	2800	5500	5000	3200	1600	2	1000
5	5000	3500	6000	4800	3500	1600	4	1000
6	6000	4100	6500	4500	3700	1000	2	630
7	7000	4900	7500	5600	3900	630	2	1000
8	8000	5300	8000	5200	4100	1000	4	630
9	7000	6000	9000	5700	4500	630	6	1000
10	6000	4700	9500	8500	5100	1000	6	1000

КОНДЕНСАТОРНІ УСТАНОВКИ ВИСОКОЇ ТА НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

№ п/п	Фірма-виробник і тип конденсаторів	Номинальна потужність, квар	Вартість установки з конденсаторами КЭК, грн.	Кількість ступенів регулювання
1. Установки конденсаторні (низьковольтні) з автоматичним регулюванням				
1	УКМ58-0,4-50-50	50	4965	1
2	УКМ58-0,4-67-67	67	5258	1
3	УКМ58-0,4-100-33	100	5845	3
4	УКМ58-0,4-112,5-37,5	112,5	5976	3
5	УКМ58-0,4-133-33	133	7022,5	4
6	УКМ58-0,4-150-30	150	7612	5
7	УКМ58-0,4-166-33	166	7612	5
8	УКМ58-0,4-200-33	200	7906	6
9	УКМ58-0,4-225-37,5	225	8020	6
10	УКМ58-0,4-268-67	268	9083	4
11	УКМ58-0,4-300-33,3	300	11741	9
12	УКМ58-0,4-335-67	335	11741	5
13	УКМ58-0,4-337,5-37,7	337,5	11741	9
14	УКМ58-0,4-402-67	402	12027	6
15	УКМ58-0,4-536-67	536	14383	8
2. Установки конденсаторні (низьковольтні) без автоматичного регулювання				
1	УК 1-0,4-20-20 УЗ	20	2223	1
2	УК 1-0,4-33,3-33,3 УЗ	33,3	2386	1
3	УК 2-0,4-40-20 УЗ	40	3292	2
4	УК 2-0,4-66-33 УЗ	66	3936	2
5	УК 3-0,4-75-25 УЗ	75	4100	3
6	УК 3-0,4-100-100 УЗ	100	4100	1
7	УК 3-0,4-133-133 УЗ	133	4916	4
3. Конденсаторні установки (високовольтні)				
1	УКЛ57 6,3/10,5/-450 УЗ	450	10065	
2	УКЛ57 6,3/10,5/-900 УЗ	900	15339	
3	УКЛ57 6,3/10,5/-1350 УЗ	1350	21267	
4	УКЛ56 6,3/10,5/-450 УЗ	450	11292	
5	УКЛ56 6,3/10,5/-900 УЗ	900	16849	
6	УКЛ56 6,3/10,5/-1350 УЗ	1350	23368	

ІНСТРУКЦІЯ ПО ТЕХНІЦІ БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ

Лабораторні заняття проводяться з дотриманням загальних правил безпеки при роботі на електроустановках. Зокрема в лабораторії є ряд специфічних особливостей, зумовлених додатковими вимогами по відношенню до безпеки проведення робіт. Так, лабораторні стенди, як правило, мають подвійне живлення змінним (робочим) або постійним (оперативним) струмом, в зв'язку з чим для повного знеструмлення стендів необхідно відключити їх двома комутаційними апаратами.

Всі лабораторні стенди змонтовані на металевих заземлених панелях, тому одночасний дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, і до заземлених панелей, небезпечно. В зв'язку з цим під час виконання робіт необхідно дотримуватися наступних заходів безпеки:

1. До початку робіт належить знати, де розташована комутаційна апаратура, що подає постійну та змінну напругу на стенд.
2. В присутності керівника переконатися в тому, що включення стенду під напругу сигналізується відповідними лампами. Працювати на стенді з несправними сигнальними лампами забороняється.
3. Збирати схему для випробувань дозволяється тільки при знеструмлених стендах. Вмикати стенд в роботу треба лише по дозволу керівника після перевірки схеми.
4. Перед вмиканням стенду керівник показує всі точки схеми, що знаходяться в процесі роботи під напругою, ізолювати які від дотику по умовам роботи неможливо.
5. Під час роботи на стенді, що знаходиться під напругою дозволяється оперувати лише ізольованими або заземленими ручками регулюючої апаратури, ключами керування, кнопками, тумблерами в тій послідовності, яка вказана в вказівках до кожної конкретної лабораторної роботи.
6. Перемикання в схемах і заміна вставок виконувати лише при знеструмленому стенді (по постійному та змінному струмах). Під час роботи кришки реле повинні бути встановлені на місце.
7. Про всі несправності, що з'явилися під час роботи, слід інформувати викладача. Усувати несправності самостійно і проходити з цією метою за стенди забороняється.
8. Вмикати стенди, на яких є трансформатори струму, дозволяється лише після закорочування їх вторинних зажимів або приєднання до них приладів і реле.