

Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський промислово-економічний коледж  
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Заступник директора з НР  
\_\_\_\_\_ С.В.Бондаренко  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Методичне забезпечення  
практичних занять з дисципліни  
«Основи проектування та конструювання електроустановок»  
для студентів IV курсу  
спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустаткування  
підприємств і цивільних споруд»

Уклав

Т.В. Ліх

Розглянуто на засіданні  
циклової комісії  
спеціальних електротехнічних дисциплін  
Протокол №\_\_ від \_\_ \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

## Інструкція для виконання практичної роботи №1

Тема: Вступ. Характеристика об'єкту проектування. Кінематичні та технологічні схеми виробничих машин.

1 Мета: Засвоїти різноманітність об'єктів проектування, технологічних процесів різних виробництв, виробничих машин.

1.1. Характеристика об'єкту проектування.

1.2. Кінематичні схеми виробничих машин.

1.3. Технологічні схеми виробничих машин.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Основним видом діяльності ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВОБЛЕНЕРГО» є постачання електроенергії за регульованими тарифами та передача її місцевими електромережами 0,4 - 110 кВ на території однієї з найбільших за розмірами областей України – Чернігівської. Площа ліцензійної діяльності становить близько 31,9 тис.кв.км.

Основним завданням ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВОБЛЕНЕРГО» є забезпечення якісного та безперебійного енергопостачання регіону, максимально ефективна співпраця зі всіма без виключення споживачами, збалансоване задоволення потреб всіх зацікавлених сторін: споживачів, акціонерів та суспільства в цілому.

Товариство постачає електроенергію 556 137 побутовим споживачам та 11,7 тис. споживачам - юридичним особам. За рік відпускається близько 1,9 млрд. кВт годин електроенергії.

Для транспортування електричної енергії до споживачів ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВОБЛЕНЕРГО» експлуатує 34 669,7 км повітряних та 1 535,6 км кабельних ліній електропередач різних класів напруги, 8 648 тисяч підстанцій.

Технічний розвиток енергогосподарства товариства є одним із стратегічно важливих напрямів діяльності ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВООБЛЕНЕРГО». Відновленню електромереж на високому технічному рівні, модернізації діючого обладнання, зменшенню технологічних витрат на транспортування електроенергії сприяє інвестиційна політика, яку здійснює ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВООБЛЕНЕРГО». Сьогодні в рамках існуючої Інвестиційної програми товариство вкладає десятки мільйонів гривень в будівництво нових та реконструкцію діючих підстанцій та мереж, впроваджує нові технології в обслуговування енергообладнання.

Підприємство, одним із перших в Україні, впровадило в електромережі вакуумні вимикачі нового покоління «Таврідаелектрик» та розпочало будівництво повітряних ліній електропередач із використанням самоутримуючого ізолюваного дроту. Це дозволило істотно підвищити якість енергопостачання споживачів і поліпшити показники технологічних витрат електроенергії на її транспортування.

Всі досягнення ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВООБЛЕНЕРГО» в електроенергетичному секторі: стабільні виробничі показники, висока ділова репутація – це результат професійної, цілеспрямованої праці 3400 колективу підприємства. Вони відчують себе однією командою – справжніх професіоналів, з високим рівнем відповідальності та вмінням ефективно діяти в будь-якій екстремальній ситуації.

Кадрова політика ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВООБЛЕНЕРГО» орієнтована на забезпечення постійного професійного росту персоналу від робітничих спеціальностей до керівників всіх рівнів. Саме на підприємствах електромереж Чернігівської області в 70-тих роках були проведені одні з перших в Радянському Союзі внутрішньосистемні змагання електромонтерів розподільчих мереж. Сьогодні цю традицію продовжено. Щороку на навчально-тренувальних полігонах проводиться конкурс професійної майстерності бригад дільниць електромереж. Відпрацьовується техніка

безпеки виконання робіт, розширюється діапазон теоретичних знань та практичних навиків технічного персоналу.

Центром освітньої діяльності у ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВООБЛЕНЕРГО» є власний навчально - курсовий комбінат, який здійснює ліцензоване навчання, підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації персоналу з цілого ряду робітничих професій.

Накопичений багаторічний досвід роботи та закладені традиції є надійним плацдармом для нового етапу розвитку та модернізації підприємства, де головним принципом роботи – залишаються надійність та безперебійність електропостачання споживачів засновані на відповідальності та професіоналізмі персоналу.

ВАТ ЕК «ЧЕРНІГІВООБЛЕНЕРГО» у своєму розпорядженні має великий парк металорізального, пресового, термічного, електрозварювального, газорізального устаткування, що дозволяє виконувати весь комплекс робіт для виробництва продукції і надання послуг з токарної, фрезерної, шліфувальної, зубофрезерний обробці деталей, термообробці, штампування, гнуття, зварювання та інших робіт.

Ремонтно-механічний цех – це один з підрозділів товариства, призначений для виконання та надання послуг з ремонту, реконструкції та модернізації обладнання.

Виробниче приміщення має один поверх. Його стіни і стелю виконано із залізобетонних плит. Перекриття між приміщеннями із цегли.

До допоміжних приміщень відносяться: підготувальне, ремонтне, заточувальне, механічної обробки, фарбування, а також складські приміщення для матеріалу, заготовок та деталей. До службових і побутових приміщень відносяться приміщення адміністративно-технічного персоналу, гардеробні, душові, туалети, буфет, медпункт, кімната відпочинку та інші. Виходячи із кількості верстатів та їх потужності планується розмістити обладнання в виробничому цеху з розмірами 54 x 24 x 6 м.

В ремонтно-механічному цеху проектується припливно-витяжна вентиляція, опалення, природне та штучне освітлення.

Стіни всередині цеху покриті глазурованою кахлею на висоту 2,0 м, далі до стелі пофарбовані світлою масляною фарбою.

Підлоги бетонні, з врахуванням великої кількості металевих корпусів верстатів цех відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою, тому в підлозі планується металева сітка для вирівнювання потенціалів та заземлення

всіх металевих корпусів та пристроїв, які можуть опинитись під напругою внаслідок порушення ізоляції.

У відношенні вибухо- та пожежонебезпеки приміщення відноситься до категорії «Д», класу П-Па.

Ремонтно-механічний цех відноситься до другої категорії електропостачання. Перерва в живленні допустима на час вмикання електроустаткування черговим персоналом або виїзною бригадою.

Прокладка кабелів здійснюється в спеціальних каналах, що зроблені в бетонній підлозі.

#### 4 Хід роботи:

- 4.1. Основний вид діяльності об'єкту проектування.
- 4.2. Основні завдання об'єкту проектування.
- 4.3. Технічний розвиток енергогосподарства.
- 4.4. Технологічна схема об'єкту проектування.
- 4.5. Інші відомості.

#### 5 Висновки:

#### 6 Контрольні питання:

- 6.1. Основні види діяльності підприємств?
- 6.2. Основні завдання об'єкту проектування?
- 6.3. Що входить до складу енергогосподарства?
- 6.4. Що таке технологічна схема виробництва?
- 6.5. Що таке кінематична схема виробничих машин?

## Література

1. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982
2. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989
3. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987
4. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

## Інструкція для виконання практичної роботи №2

Тема: Загальні характеристики споживачів електроенергії

1 Мета: Ознайомлення з характеристиками споживачів електроенергії.

1.1. Кваліфікація електроспоживачів

1.2. Відомість споживачів електроенергії

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1.Підручники.

2.2.Плакати.

2.3.Стенди.

3 Теоретичні відомості:

В цьому розділі дипломник на основі зібраного матеріалу на переддипломній практиці дає характеристику споживачів електроенергії, визначає категорію електропостачання.

Споживачем електроенергії ( електроспоживачем ) являється електрична частина технологічної установки чи механізму, яка одержує енергію з мережі і витрачає її на виконання технологічних процесів.

Електроспоживачі промислових підприємств кваліфікуються по наступним прикметам: *струму, напрузі, частоті, потужності, надійності* електро-постачання, режиму роботи, технологічному призначенні, територіальному розміщенні.

**За напругою** електроспоживачі діляться на дві групи: до 1000 В і вище 1000 В.

**За родом струму** електроспоживачі діляться на споживачів промислової частоти (50 Гц), змінного струму частотою вище чи нижче 50 Гц, постійного струму.

**За потужністю** підприємство прийнято розділяти на малі – до 5 МВт; середній від 5 до 75 МВт; великі від 75 до 1000 МВт.

**За ступенем надійності** електропостачання ПУЕ передбачає три основні категорії.

**Перша категорія** – об'єднує такі електроспоживачі, перерва в електропостачанні яких зв'язана з небезпекою для життя людей, нанесенням

значних збитків народному господарству, розладом складного технологічного процесу, пошкодженням устаткуванням, масовим браком продукції виробництва. Перерва в електропостачанні споживачів першої категорії допускаються тільки на час автоматичного вводу резервного живлення.

**Друга категорія** – відноситься споживачі, перерва в електропостачанні яких може привести до масового недовипуску продукції, простою технологічних машин, робітників, промислового транспорту. Перерва в електропостачанні споживачів другої категорії допускається на час, необхідний для включення резервного живлення силами експлуатаційного персоналу

**Третя категорія** – об'єднує електроприймачі, які не підпадають під вказані вище характеристики. Приймачі даної категорії допускають перерву в електропостачанні не більше однієї доби.

**За режимом роботи** електроприймачі відносять до одного з трьох режимів: довгостроковий, короткостроковий, повторно-короткостроковий.

В залежності від виду перетворень електроенергії електроспоживачі діляться на електропривод, електротехнічні установки, освітлювальні установки.

**За схожістю технологічного процесу** електроспоживачі можна розділити на загально - промислові установки, виробничі механізми, під'ємно-транспортне устаткування, електрозварочні установки, перетворювачі, електронагрівальні та електролізні установки.

До загально-промислових установок відносяться вентилятори, насоси, компресори, повітродувки, і т. ін.. в них використовуються асинхронні і синхронні двигуни трьохфазного змінного струму, а де потрібне регулювання продуктивності – двигуни постійного струму. Характер навантаження рівний, поштовхи спостерігаються тільки при запуску. Основні агрегати працюють в довгостроковому режимі. Дана група електроспоживачів відноситься, як правило, до першої категорії надійності, а на виробництвах хімічної промисловості, і в ряді інших виробництв – до „особливої” групи першої категорії. Деякі вентиляційні і компресорні відносяться до другої категорії надійності.

На промислових підприємствах переважає електропривод виробничих механізмів. Як правило електропривод технологічних механізмів відноситься до другої категорії надійності, крім механізмів та установок, які по своїх показниках відносяться до першої категорії (хімічна промисловість, деякі унікальні верстати).

Електронагрівальні установки об'єднують електричні печі і електротермічні установки, які по способу перетворення електроенергії в теплову поділяються на печі опору, індукційні установки, дугові електричні печі, інфрачервоного нагріву. Всі вони відносяться до другої категорії надійності.

Електрозварочне устаткування працює повторнокороткочасовому режимі однофазні зварювальні споживачі дають нерівномірне навантаження по фазах. Коефіцієнт потужності коливається в межах 0,3-0,7. По степені надійності відносяться до другої категорії.

Коефіцієнт потужності під'ємно-транспортних механізмів змінюється відповідно навантаженню в межах 0,3 - 0,8. По надійності електропостачання під'ємно-транспортні механізми відносяться до першої або другої категорії (в залежності від призначення та місця роботи).

Електричні освітлювальні установки являються в основному однофазними споживачами. Рівномірне навантаження всіх фаз досягається шляхом групування світильників по фазах. Характер навантаження довгостроковий. Коефіцієнт потужності для лам розжарення -1.0, з газорозрядними лампами від 0,95 до 0,96. Освітлювальні установки відносяться до другої категорії надійності. В таких випадках коли відключення освітлення загрожує безпеці людей, чи не допускається по умовах технологічного процесу, передбачається системи аварійного освітлення.

### Відомість споживачів електроенергії

Однією з складових вихідних даних для проектування систем електропостачання є відомість споживачів електроенергії, яка складається по даних звіту по технологічній та переддипломній практиках і включає в себе відомість технологічного обладнання, як основного ( по виробництву ) даним цехом (чи підприємством), так і допоміжного – вентилятори, конденсатори, і т. ін..

Наприклад у механічному цеху встановлено два токарні станки, три фрезерні, три свердлильні, два шліфувальні, п'ять заточні, дві печі опру, два вентилятори, освітлення.

Таблиця 1.1 - Відомість споживачів електроенергії

Но- мер за пла- но м	Найменуван ня механізму	Номіналь-на потужність, кВт	Кіль- кість верста- тів, шт.	cos $\varphi$	$K_v$	Заг аль на пот уж- ніст ь, кВт
1	Токарний верстат	7,5	2	0,4 - 06	0,12	19,6
		1,5			-	
2		0,6			0,14	
3	Фрезерний верстат	11	3	0,4 - 06	0,12	5,48
4		3			-	
5		1,1			0,14	
		0,75				
		0,6				



Продовження таблиці 1.1

6	Радіально	5,5	3	0,4	0,12	8,45
7	свердлильні	2,2		- 06	-	
8	й верстат	0,75			0,14	
9	Шліфувальн	5,5	2	0,4	0,12	4,55
10	ий верстат	3,0		- 06	-	
		0,6			0,14	
11	Вентилятор	22	2	0,8	0,65	22
12		22				
13	Піч опору	35	2	0,95	0,5	35
14		35				
15	Заточні	1,5	5	0,4	0,12	1,5
16	верстати	1,5		- 06	-	
17		1,5			0,14	
18		1,5				
19		1,5				

4 Хід роботи:

- 4.1. Характеристика споживачів електроенергії за родом струму
- 4.2. Характеристика споживачів електроенергії за напругою
- 4.3. Характеристика споживачів електроенергії за потужністю
- 4.4. Характеристика споживачів електроенергії за надійністю (I,II,III категорії)
- 4.5. Режими роботи електроприймачів
- 4.6. Характеристика споживачів електроенергії за технологією

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Як поділяються споживачі електроенергії за родом струму?
- 6.2. Як поділяються споживачі електроенергії за потужністю?
- 6.3. Охарактеризуйте споживачі електроенергії за напругою.
- 6.4. Які категорії надійності електропостачання за ПУЕ?
- 6.5. Які режими роботи електроприймачів ви знаєте?
- 6.6. Як поділити споживачі за технологією?

Література

5. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981
6. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982

## Інструкція для виконання практичної роботи №2

### Тема: Розрахунок освітлення

1 Мета: Ознайомлення з розрахунком освітлення виробничих приміщень

1.1. Загальні положення

1.2. Метод коефіцієнта використання світлового потоку

1.3. Точковий метод

1.4. Метод питомої потужності

1.5. Розрахунок місцевого освітлення

1.6. Розрахунок мережі освітлення

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Методички.

2.3. Довідники.

3 Теоретичні відомості:

Електричне освітлення - важливий фактор, від якого значною мірою залежать комфортність перебування і роботи людей.

Основні показники штучного освітлення (горизонтальна освітленість на нормованому рівні, яскравість, спектральний склад світла, пульсація світлового потоку, що засліплює дію джерел світла) повинні забезпечувати нормальні і безпечні умови праці людей, сприяти підвищенню продуктивності праці і якості продукції. Важлива вимога до освітлювальної установки, - її економічність (мінімум приведених витрат і витрати електроенергії).

Основні документи для проектування освітлення: "Будівельні норми і правила" (СНиП-2-4— 79), ПУЭ (гл. VI-1...VI-5) і розроблені на їх основі відомчі норми для установок, введені в дію з

1 січня 1979 р., "Галузеві норми освітлення підприємств, будинків і споруджень".

Робоче освітлення, що є основним і служить для створення нормованої освітленості у всіх точках робочої поверхні, виділяють 10% ламп для чергового висвітлення. Чергове освітлення призначене для контролю безперервних технологічних процесів при відсутності або недостатку природного освітлення. Включається і відключається чергове освітлення незалежно від основного робочого освітлення.

Для тимчасової роботи персоналу при аварійному відключенні робочого освітлення і в момент евакуації людей із приміщення (при числі працюючих більш 50 чоловік) використовують аварійне освітлення, освітленість від якого складає приблизно 10 % від нормального, але не менш 5 лк всередині будинків і 1 лк на відкритих площадках. Аварійне освітлення повинно живитись від незалежного джерела або автоматично підключатися до нього при аварійному відключенні основного джерела.

Для створення однакової освітленості в усіх точках освітлюваної поверхні застосовують систему загального рівномірного освітлення. У разі потреби

створення більшої освітленості на визначених ділянках приміщення, використовують систему загального локалізованого освітлення.

Для концентрації освітленості на робочих місцях (верстатах, стендах, щитах керування, робочих машинах і т.д.) застосовують систему комбінованого освітлення, що складається з місцевого і загального освітлення, причому освітленість на робочих поверхнях від загального освітлення повинна складати не менш 200 лк при люмінесцентних лампах і 100 лк при лампах розжарювання.

Як джерела світла застосовують лампи розжарення або люмінесцентні. Основні переваги ламп розжарення - проста конструкція, порівняно невисока вартість, надійність. До недоліків їх варто віднести низьку світлову віддачу, незадовільний спектральний склад випромінювання, необхідність застосування захисних пристроїв від сліпнучої дії ламп.

Люмінесцентні лампи в порівнянні з лампами розжарення мають більш м'який спектр випромінювання, у 4...5 разів більшу світлову віддачу, більш тривалий термін служби і значно меншу яскравість. Однак люмінесцентні лампи мають потребу в додатковій пусковій апаратурі, для них характерні висока вартість установки, пульсація світлового потоку, його зменшення при температурі нижче 15°C и вище 40°C, підвищення напруги запалювання при збільшенні вологості повітря, менша надійність.

Люмінесцентне освітлення можна застосовувати в приміщеннях, де виконують роботи, що вимагають розпізнавання колірних відтінків; у приміщеннях, у яких тривало знаходяться люди, але природне світло туди не проникає; у приміщеннях, де виконують роботи, що потребують великої зорової напруги; для зовнішнього освітлення при великому значенні нормованої освітленості.

Відповідно до галузевих норм освітлення будинків і споруд для загального освітлення приміщень основного виробничого призначення варто застосовувати газорозрядні джерела світла низького тиску (лампи типу ЛБ, ЛБР, ЛД і інші), а для підсобних приміщень - лампи розжарення. Для освітлення території підприємств, виробничих площадок, проїздів необхідно застосовувати газорозрядні (високого і низького тиску) джерела світла. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні допускається використовувати для основних виробничих приміщень і відкритих територій лампи розжарення.

При виборі типу світильників необхідно враховувати умови навколишнього середовища, вимоги до характеру світлорозподілу, умови й економічність монтажу й експлуатації.

Замість світильників ПВЛМ і ПЛВП промисловість випускає світильники з поліпшеними характеристиками серії ЛСП-18 з лампами ЛБ потужністю 18, 36 і 40 Вт і замість світильників ППД і ППР світильники НСП21 з лампами розжарення 100 і 200 Вт. Рівномірність розподілу освітлення на освітлюваній поверхні в основному залежить від типу світильника і відношення  $\lambda$  (відстані  $L$  між світильниками до висоти  $h$  розташування світильника над освітлюваною поверхнею). Найкраще відношення  $L/h$  для деяких типів світильників наступні:

Г, Гс - 0,9...1,0; ОД, ОДОР, ПВПП, ШОД, НОГЛ, ВЛН —1,3...1.5; ПО-21, СК-300, УП, ПВЛМ, У, СО, ВЗГ—1,6...1,8; ШМ, ППР, ППД, ПУ, СХ —2,0...2,25.

Якщо уздовж стін приміщення розташовані робочі поверхні, то відстань  $l$  від крайніх рядів світильників до стін приймають рівним (0,25...0,3)  $L$ , в інших випадках (0,4...0,5)  $L$ . Для створення рівномірної яскравості по стелі для світильників відбитого і розсіяного світлорозподілу відстань від світильника до стелі повинна складати 0,2...0,25 відстані від стелі до освітлюваної поверхні.

Освітленість розраховують методом коефіцієнта використання світлового потоку, точковим методом або за допомогою таблиць питомої потужності та прямих нормативів.

Тоді вирішують питання: знайомство з характеристикою об'єкта і складання таблиць основних параметрів приміщень (довжина, ширина, площа, висота, коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги, характер навколишнього середовища та особливості технологічного процесу); вибору типу джерела світла (враховується напруга джерела електропостачання); системи освітлення і типу світильників; нормованої освітленості та коефіцієнта запасу; визначення кількості світильників і розміщення їх на плані приміщення; розрахунок освітленості одним із методів.

Для загального освітлення приміщень основного виробничого призначення слід, як правило, застосовувати газорозрядні джерела світла низького тиску, а для приміщень підсобного призначення — ламп розжарювання.

Території підприємств, виробничі майданчики, проїзди освітлюють газорозрядними джерелами світла високого і низького тиску.

Допускається застосування ламп розжарювання.

**Метод коефіцієнта використання світлового потоку** застосовують при розрахунках загального рівномірного освітлення горизонтальної поверхні в накритих приміщеннях.

При цьому враховується світловий потік, який відбивається від стелі, стін і підлоги. Основна формула

$$\Phi = \frac{EkSz}{N\eta},$$

- де  $\Phi$  — розрахунковий світловий потік лампи, лм;  
 $E$  — нормована освітленість, лк;  
 $k$  — коефіцієнт запасу;  
 $S$  — площа приміщення,  $m^2$ ;  
 $z$  — коефіцієнт нерівномірності освітлення;  
 $N$  — кількість світильників;  
 $\eta$  — коефіцієнт використання світлового потоку.

**Порядок розрахунку.** Спочатку обґрунтовано вибирають тип джерела світла (лампи розжарювання, люмінесцентні лампи, лампи типу ДРЛ, тощо). Потім залежно від характеру робіт, що виконуються в приміщенні, згідно з «Галузевими нормами освітлення підприємств, будівель і споруд» вибирають нормовану освітленість, коефіцієнту, запасу і коефіцієнт нерівномірності освітлення (1,15 — для світильників з лампами розжарювання прямого світла; 1,1 — в інших випадках).

Враховуючи світлорозподіл, умови навколишнього середовища та економічність, визначають тип світильника.

Знаходять кількість світильників при умові їх розміщення з найбільш вигідною відносною відстанню

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

де  $L$  — віддаль між світильниками, м;

$H_p$  — розрахункова висота, м. Приймавши для даного типу світильника  $\lambda$  (у розрахунках береться менше значення), визначають кількість світильників в ряду при заданій розрахунковій висоті:

$$\text{Кількість рядів } n_a = A / L, n_b = B / L,$$

Кількість всіх світильників

$$N = n_a n_b,$$

де  $A$  і  $B$  — відповідно довжина і ширина приміщення, м.

Вибирають коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги. Визначають індекс приміщення

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)},$$

Знаходять коефіцієнт використання залежно від типу світильника, коефіцієнтів відбиття та індексу приміщення. При  $i > 5$  коефіцієнт використання береться для  $i = 5$  в %, а в формулу при розрахунках підставляється в частках одиниці. Потім за формулою визначають розрахунковий світловий потік однієї лампи.

На заключному етапі вибирається потужність лампи, світловий потік якої дорівнює або більший розрахункового. При значній розбіжності розрахункового і фактичного світлового потоку лампи у формулу підставляється значення фактичного світлового потоку і уточнюється кількість ламп.

Розрахунок освітлення люмінесцентними лампами методом коефіцієнта використання можна проводити в іншому порядку. Спочатку вибирається тип світильника, потужність і світловий потік ламп якого відомий. Потім

визначається розрахунковий світловий потік для всього освітлюваного приміщення і кількість світильників ( діленням розрахункового світлового потоку на світловий потік ламп одного світильника ). Одержана кількість світильників рівномірно розміщується над освітлюваною площею приміщення.

**Точковий метод** використовують під час перевірки розрахунків освітлення, а також при прямих розрахунках:

- загального локалізованого освітлення;
- місцевого освітлення;
- освітлення негоризонтальних площин;
- зовнішнього освітлення ( вулиць, площ, відкритих просторів ).

Точковий метод враховує тільки освітленість від світлового потоку, що безпосередньо потрапляє від світильника в розрахункову точку.

Основні формули

$$E_G = \frac{I_\alpha}{H_p^2} \cos^3 \alpha;$$

$$E_B = \frac{I_\alpha}{H_p^2} \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha,$$

де  $E_G, E_B$  — відповідно горизонтальна і вертикальна освітленість, лк;  
 $H_p$  — розрахункова висота, м;  
 $I_\alpha$  — сила світла в напрямку розрахункової точки, що освітлюється, кд;  
 $\alpha$  — кут між напрямом сили світла в розрахункову точку і віссю симетрії світильника, град.

*Порядок перевірки освітленості в розрахунковій точці точковим методом.* Спочатку визначають тангенс кута падіння світлового променя в розрахункову точку

$$\operatorname{tg} \alpha = d / H_p,$$

де  $d$  — відстань від розрахункової точки до проекції осі симетрії світильника на площину, яка їй перпендикулярна і проходить через розрахункову точку. Цю відстань можна виміряти на плані приміщення з урахуванням масштабу. По визначеному тангенсу знаходять кут  $\alpha$  та  $\cos^3 \alpha$  або  $\cos^2 \alpha$  та  $\sin \alpha$ .

$$I_\alpha = (I_\alpha)_{1000} \frac{\Phi_\lambda}{1000},$$

де  $(I_\alpha)_{1000}$  — сила світла світильника з умовною лампою 1000 лм;  
 $\Phi_\lambda$  — дійсний світловий потік лампи, що встановлена в світильнику, лм.

Підставляючи одержані дані у відповідну формулу, знаходять освітленість.

Якщо контрольна точка освітлюється декількома світильниками, то аналогічно визначають освітленість від кожного із них і дані підсумовують.

При прямих розрахунках точковим методом визначають кількість світильників і розміщують їх на плані приміщення, потім знаходять точку з найменшою освітленістю для світильника з умовною лампою 1000 лм і визначають розрахунковий потік за формулою

$$\Phi = \frac{1000Ek}{\mu\Sigma e},$$

де  $E$  — нормована освітленість, лк;

$k$  — коефіцієнт запасу;

$\mu$  — коефіцієнт, що враховує освітленість віддалених світильників і залежить від їх типу

( $i = 1,1—1,2$ );

$\Sigma e$  — сумарна умовна освітленість від ламп з світловим потоком 1000 лм кожна, лк.

Визначається для кожного світильника за формулою

$$e = \frac{(I_{\alpha})_{1000} \cos^3 \alpha}{H_p^2},$$

**Розрахунок освітлення за питомою потужністю** застосовують при визначенні загального рівномірного освітлення закритих приміщень. При цьому користуються спеціальними таблицями питомої потужності.

Основна формула

$$P = \frac{\omega S}{Nn},$$

де  $P$  — потужність лампи, Вт;

$S$  — площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$\omega$  — питома потужність, Вт/м<sup>2</sup>;

$N$  — кількість світильників, шт.;

$n$  — кількість ламп світильнику.

Порядок розрахунку освітлення за питомою потужністю. Спочатку визначають параметри освітлювальної установки (тип та кількість світильників, коефіцієнти відбиття, освітленість, коефіцієнт запасу, а також площу приміщення та розрахункову висоту).

Потім приймають значення питомої потужності з відповідної таблиці.

Знаходять розрахункову потужність лампи за основною формулою і вибирають тип лампи, потужність якої дорівнює або близька до розрахункової.

Таблиці питомої потужності не враховують форми приміщення і досить точні при умові  $A : B \leq 2,5$ . При користуванні таблицями для подовжених

приміщень питому потужність приймають для умовної площі  $2B^2$  і це значення відносять до всієї площі приміщення.

**Розрахунок освітлення за прямими нормативами** застосовують для приміщень, де встановлюється один світильник. При цьому потужність лампи приймається за таблицею з урахуванням нормованої освітленості та площі приміщення.

**Розрахунок освітлення від світної лінії.** Окремо встановлені люмінесцентні лампи або їх ряди розглядаються як світні лінії, якщо їх довжина більше половини розрахункової висоти.

Світні лінії можуть бути як безперервні, так і з проміжками  $\lambda$ , що рівномірно розподіляються по довжині. Довгі лінії з проміжками  $\lambda < 0,5H_p$  розглядаються як безперервні довжиною  $L$ .

Освітлення в кожному з цих випадків зручно підраховувати за допомогою графіків лінійних ізолюкс.

Основна формула

$$\Phi' = \frac{1000EkH_p}{\mu\Sigma\varepsilon},$$

де  $\Phi'$  — щільність світлового потоку, лм/м;

$E$  — нормована освітленість, лк;

$k$  — коефіцієнт запасу;

$H_p$  — розрахункова висота;

$\mu$  — коефіцієнт, який враховує дію віддалених світильників і відбитий світловий потік ( $\mu = 1,1—1,3$ );

$\varepsilon$  - відносна освітленість (при  $\Phi' = 1000$  лм/м і  $H_p = 1$  м).

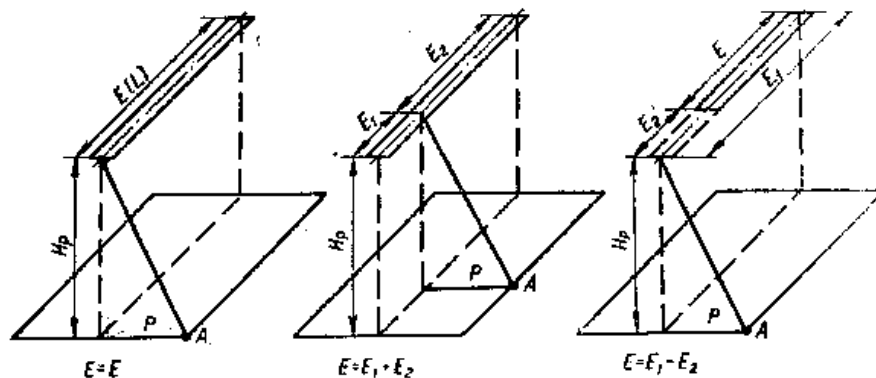


Рисунок - Відносна освітленість точок залежно від їх положення відносно світної лінії

Залежність між світловим потоком і його щільністю для безперервної світної лінії  $\Phi = \Phi'L$ ; лінії з проміжками

$$\Phi_c = \Phi'(l + \lambda),$$



де  $\Phi, \Phi_c$  — світловий потік відповідно лінії і одного світильника, лм;  
 $l$  — довжина світної частини лампи в світильнику, м.

Розрахункова точка при загальному рівномірному освітленні, як правило, вибирається між рядами в місцях, де задається нормована освітленість.

При довгих рядах світильників зменшення освітленості на кінцях рядів компенсують продовженням лінії на  $0,5H_p$  за межі освітлювальної поверхні або доповнюють поздовжніми рядами світильників по торцях ліній.

Порядок розрахунку освітлювальної установки з люмінесцентними лампами за допомогою графіків лінійних ізолюкс. Визначають кількість рядів світильників (враховуються робочі та технологічні проходи, а також найбільш вигідна відносна відстань).

Вимірюють розміри  $p$  і  $L$  і підраховують відношення

$$p' = \frac{P}{H_p} \text{ та } L' = \frac{L}{H_p},$$

Визначається відносна освітленість  $\varepsilon$  для точки на графіку з координатами  $p'$  і  $L'$ . При освітленні точки А декількома рядами або їх частинами відносна освітленість визначають від кожного ряду окремо і складають (одержують  $\Sigma\varepsilon$ ).

Підраховують щільність потоку  $\Phi'$  за наведеною формулою.

Знаходять повний потік ламп в ряду  $\Phi = \Phi' L$  та кількість світильників  $n_a = \Phi / \Phi_c$  ( $\Phi_c$  — світловий потік ламп в світильнику) і рівномірно розміщують їх в ряду.

Освітленість в контрольній точці під час перевірки для безперервної лінії і лінії з проміжками визначається за формулами

$$E = \frac{\Phi \mu \Sigma \varepsilon}{1000 k H_p L},$$
$$E = \frac{\Phi}{1000 k H_p (l + \lambda)},$$

де  $l$  — довжина лампи.

Розрахунок і вибір схем мереж освітлення

Вибір напруги для освітлювальної установки проводиться одночасно з вибором напруги для силових споживачів, враховуючи також вимоги техніки безпеки.

Для світильників загального призначення рекомендується напруга 380 / 220 В змінного струму при заземленні нейтралі і не вище 220 В змінного струму при ізолюванні нейтралі і при постійному струмі. В приміщеннях з особливою небезпекою застосовується напруга не вище 42 В.

Електропостачання робочого освітлення, як правило виконується самостійними лініями від щитів підстанції. При цьому електроенергія передається від щитів підстанції живлячими лініями на освітлювальні магістральні пункти або щитки, а від них груповим освітлювальним щиткам, від яких живляться групові лінії. Допускається живлення освітлення від силових магістралей при схемах блок. трансформатор – магістраль, якщо

коливання напруги не перевищують норм. Світильники аварійного освітлення повинні бути приєднані до незалежного джерела.

При виборі типу щитків управління освітленням і їх розміщенням враховують умови середовища де вони встановлюються, спосіб установки, типи і кількість апаратів.

Щитки по можливості повинні бути розташовані в центрі навантаження, довжина групових ліній ( враховуючи підйоми і спуски ) повинне бути не більше для 4х - провідної лінії 70-75 м, для двохпровідної 30-35 м.. щитки повинні встановлюватись в місцях вільних від обладнання і зручних для обслуговування, при цьому, бажано, бачити з місця установки щитка вмикання світильників. Число групових ліній вибирається по навантаженню – до 20 А. До двохпровідної групи допускається приєднання до 20 світильників, до 4х - провідної до 60 світильників

( штепсельна розетка прирівнюється до світильника, для ліній, що живлять світильники з двома і більшим числом ламп дозволяється приєднувати до 2х - провідної до 50 ламп, до 4х провідної до 150 ламп ).

Освітлювальні мережі розраховують на мінімум провідникового матеріалу та по допустимій втраті напруги, яка залежить від розрахункового навантаження ліній і її довжини.

Переріз проводів (кабелів) повинен забезпечити: достатню механічну міцність, проходження струму навантаження без нагріву зверх допустимих температур, необхідний рівень напруги у джерел світла, спрацювання захисних апаратів. Найменший допустимий переріз по механічній міцності повинен бути: для мідних проводів  $1\text{мм}^2$ , для алюмінієвих –  $2,5\text{мм}^2$ .

Нагрів проводів викликається проходженням по ньому струму, значення якого при рівномірному навантаженні:

- для трифазної мережі ( з нульовим проводом чи без нього )

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U_{л.\cos\varphi},}$$

- для двохфазної мережі з нульовим проводом

$$I = \frac{P}{2U_{ф.\cos\varphi},}$$

- для однофазної мережі

$$I = \frac{P}{U_{ф.\cos\varphi},}$$

По даному струму і по таблицях перевіряють відповідність перерізу проводу на нагрів при проходженні тривалого струму.

Переріз проводу по допустимій втраті напруги приймають по формулі

$$S = \frac{M}{\Delta U \cdot C},$$

де  $M$  – момент навантаження на дану лінію,

$$M = P_a \cdot L,$$

$L$  – довжина лінії, м;

$P_a$  – активна потужність всіх ламп на даній лінії, кВт;

$\Delta U$  - допустима втрата напруги на даній ділянці, в межах 2,5 – 4 %;

$C$  – коефіцієнт, залежить від схеми живлення, трифазна з нулем, для міді – 72,

для алюмінію – 44.

На практиці при розрахунку мереж користуються формулою

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{\Delta U \cdot C},$$

де  $\sum M$  - сума моментів до щитка освітлення ( групових ліній );

$\sum \alpha m$  - сума моментів всіх відгалуження;

$\alpha$  - коефіцієнт приведення моментів, залежить від числа проводів на ділянці до відгалуження і після. При переході з 4х провідної на однофазну  $\alpha = 1,85$ , якщо групові лінії теж 4х провідні ( кабелем ) то  $\alpha = 1$ .

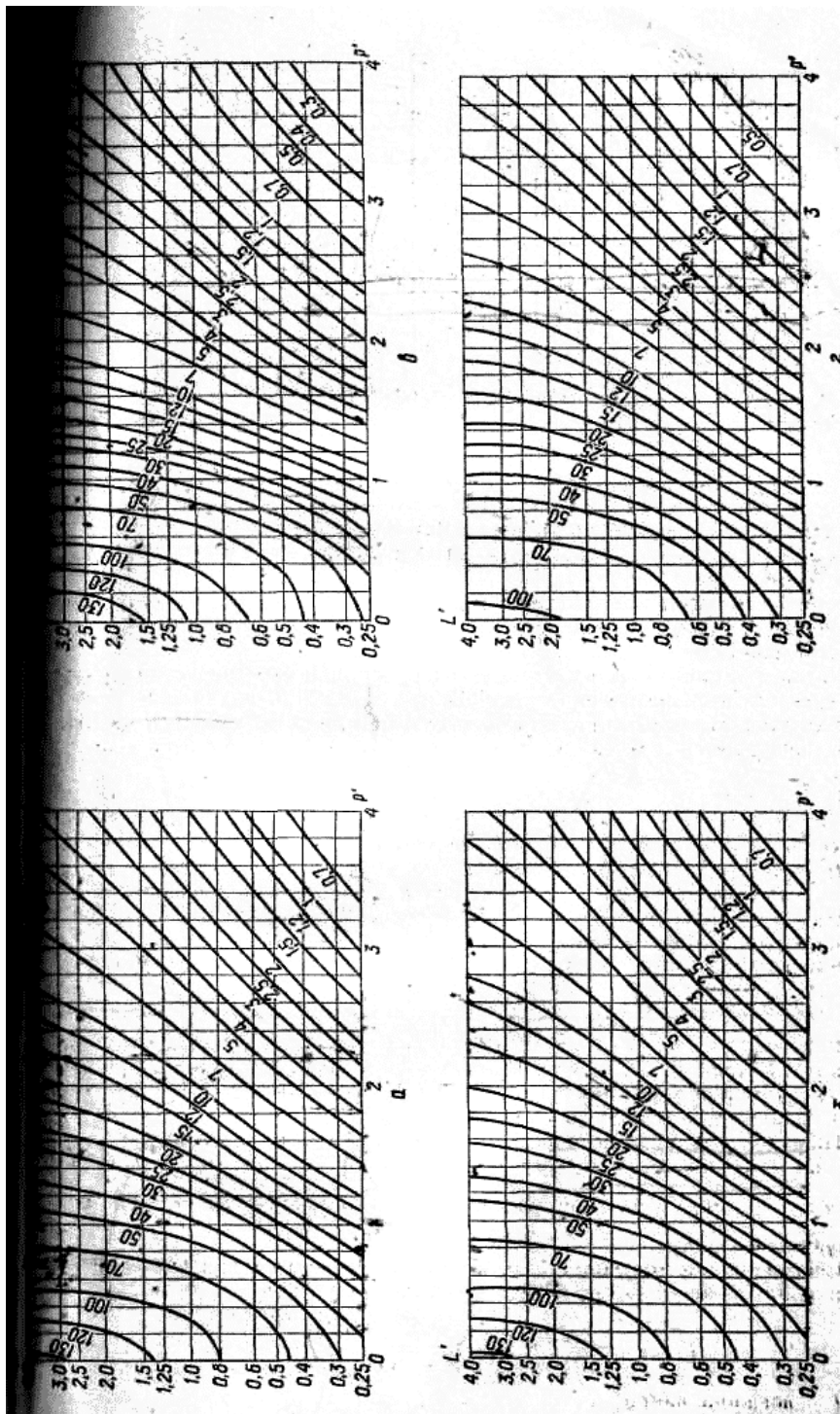


Рис. 6.5. Лінійні ізолюкси для світильників:  
а — ПВЛМ з двома лампами ЛБР; б — ПВЛМ з однією лампою ЛБР; в — ПВЛМ-Р з лампами ЛБР; г — ПВЛМ, ПВЛ-П.

4 Хід роботи:

- 4.1. Розрахувати освітлення основного цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку
- 4.2. Перевірити освітлення точковим методом
- 4.3. Розрахувати освітлення допоміжних приміщень методом питомої потужності
- 4.4. Розрахувати місцеве освітлення
- 4.5. Розрахувати мережу освітлення

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Суть методу коефіцієнта використання світлового потоку?
- 6.2. Де застосовують точковий методом і чому?
- 6.3. В чому переваги і недоліки методу питомої потужності ?
- 6.4. Для чого потрібне місцеве освітлення? Як його розрахувати?
- 6.5. За якими параметрами розраховується мережа освітлення?
- 6.6. Як розшифровуються марки проводів ПВ та АПВ і в чому різниця між ними?
- 6.7. Яку будову мають проводи АВТ та АВТС і які особливості їх використання?
- 6.8. Які особливості будови кабелів марок АВРГ та АНРГ? Де вони застосовуються?
- 6.9. Які кабелі застосовуються для прокладки в землі в разі агресивного середовища?

Література

7. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982
8. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989
9. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987
10. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

#### **Інструкція для виконання практичної роботи №4**

Тема: Розрахунок і вибір електроприводу до технологічних установок

1 Мета: Вивчити будову і провести дослідження роботи електродвигунів з короткозамкненим ротором. Навчитися запускати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

- 1.1. Ознайомитись з будовою електродвигунів.
- 1.2. Навчитися запускати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1. Підручники.
- 2.2. Плакати.
- 2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Для приводу машин і верстатів переважно використовують асинхронні електродвигуни.

Двигун називається асинхронним тому, що швидкість обертання ротора менша за швидкість обертання магнітного поля статора. Різницю швидкостей характеризують коефіцієнтом, який зветься ковзанням:

Конструкція асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором відрізняється від двигуна з фазним ротором тільки будовою ротора. Він складається з таких частин: сталюого циліндра, складеного з штампованих ізольованих один від одного листів електротехнічної сталі; вала ротора, на якому закріплено сталюий циліндр ротора, підшипники, приводний шків і вентилятор; обмотки ротора, яка складається з мідних стержнів, що з торців замикаються кільцями, утворюючи так зване “біляче колесо”.

Крім паспортних даних на корпусі двигуна кріплять також клемний щиток, до якого підводяться кінці трьох обмоток статора. Початки обмоток позначають  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$ , а кінці – відповідно  $C4$ ,  $C5$ ,  $C6$ . З'єднання кінців слід виконувати зіркою при  $U_{л}=380$  В, або трикутником при  $U_{л}=220$  В.

Відносно низький  $\cos\phi$  асинхронного двигуна є його істотним недоліком за умови правильного вибору потужності. Найкраще розв'язати питання про збільшення  $\cos\phi$  всієї установки можна, раціоналізуючи роботу двигуна і збільшуючи його  $\cos\phi$ . Якщо зважати тільки на економічність роботи генераторів станцій і електричних мереж, то досить збільшити  $\cos\phi$  установки, не збільшуючи  $\cos\phi$  самого двигуна. Цього можна досягти, під'єднуючи паралельно двигуну батарею конденсаторів, що забезпечує зменшення струму мережі. Це розвантажить мережу живлення від реактивних струмів.

#### 4 Хід роботи:

4.1. Ознайомитися з приладами та обладнанням експериментальної установки (рис.4.1.).

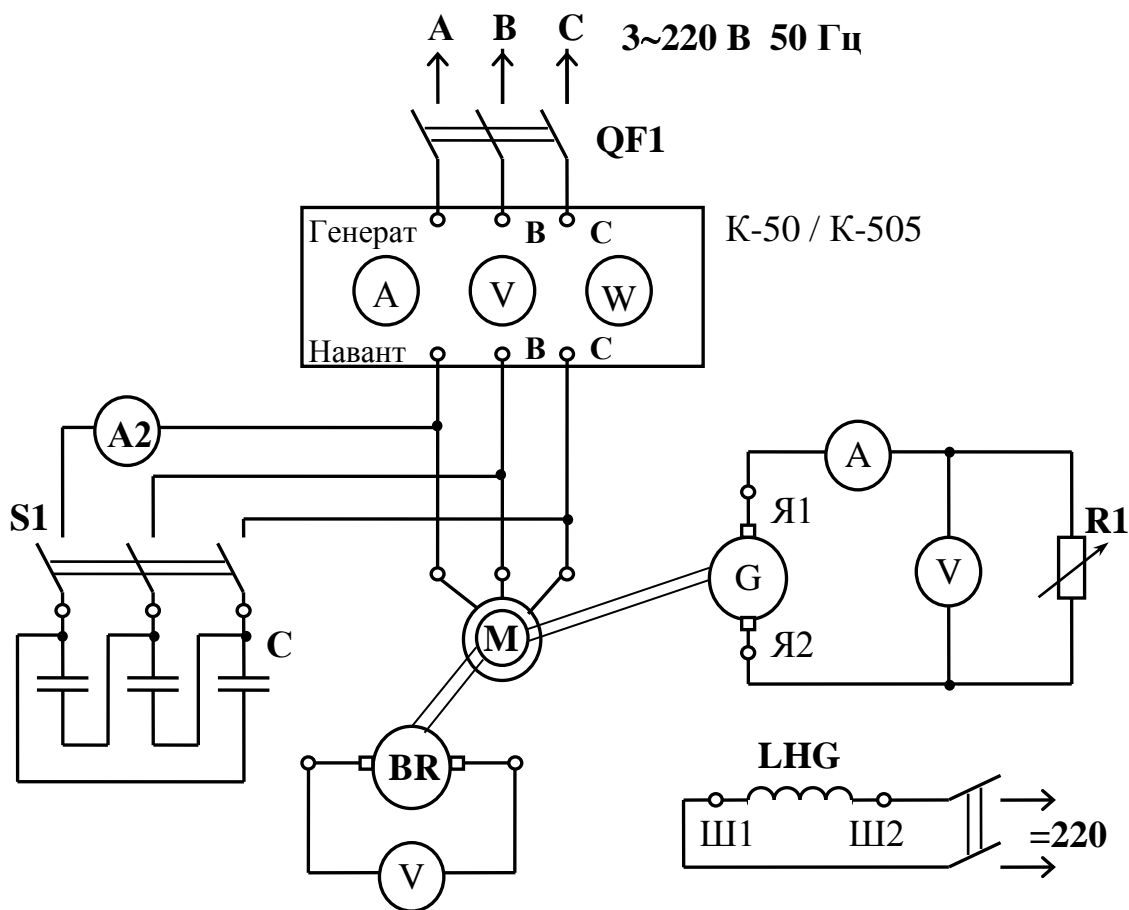


Рис. 4.1. Схема електрична лабораторної установки

4.2. Записати в таблицю паспортні дані досліджувальних машин

Таблиця 4.1

Паспортні дані								Обчислити		
Найменування машини	Тип	$P_{ном}$	$U_{н1}$	$I_{н1}$	$n_{н2}$	$\cos\varphi$	$\eta$	$M_n$	$n_1$	$P$
		кВт	В	А	об/хв		%	Н·м	об/хв	пар.пол
Двигун										
Генератор										

Для проведення випробувань трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором складають установку (рис. 4.1), в якій передбачено апаратуру для вимірювання фазної напруги  $V_1$ , лінійного струму  $A_1$ , активної фазної потужності  $P_1$  (комплект К-50, або К-505). Батарея конденсаторів  $C$  (з'єднаних трикутником) приєднується паралельно статорним обмоткам двигуна через вимикач  $S$ . Для визначення ємнісного струму в одній фазі використовуємо амперметр  $A_2$ . Як і в попередній роботі, для створення гальмівного моменту на валу двигуна, використовуємо генератор постійного струму  $G$ . Змінюючи опір навантажувального реостата  $R_1$ , завдаємо режим навантаження - "холостий хід", 25%, 50%, 75%, 100%, 125% від  $P_{ном}$ . Навантаження можна контролювати по амперметру  $A_3$ , в колі якірної обмотки генератора, або по амперметру  $A_1$ .

При проведенні випробувань необхідно знімати відліки спочатку без конденсатора, а потім з ним (замикаючи вимикач S1).

Частоту обертання  $n_2$  визначимо за допомогою тахогенератора BR. Дані спостережень записати в табл.4.2.

Таблиця 4.2

Наванта- ження двигуна		Дані спостережень						Результати обчислень							
		$n_2$	$U_\phi$	$I_l$	$P_\phi$	$I_c$	$U_c$	$I_c$	$P$	$S$	$P_2$	$\cos\phi$	$M$	$S$	$\eta$
		об/хв	В	А	Вт	А	В	А	Вт	ВА	Вт		Нм	%	%
$P_{дв}$ х.х.	БезС														
	зС														
$P_{дв}$ 25%	БезС														
	зС														
$P_{дв}$ 50%	БезС														
	зС														
$P_{дв}$ 75%	БезС														
	зС														
$P_{дв}$ 100%	БезС														
	зС														
$P_{ос}$ 125%	БезС														
	зС														

### 4.3. Опрацювання результатів дослідів

Розрахувати такі величини:

– лінійний струм  $I_l$  при з'єднанні обмоток двигуна трикутником

$$I_l = \sqrt{3} \cdot I_\phi;$$

– загальна активна потужність двигуна

$$P = 3 \cdot P_\phi = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos\phi;$$

– повна потужність асинхронного двигуна

$$S = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l;$$

– коефіцієнт потужності  $\cos\phi = \frac{P}{S}$ .

Побудувати робочі  $n_2=f(P_2)$ ,  $M=f(P_2)$ ,  $S=f(P_2)$ ,  $I_2=f(P_2)$ ,  $\eta=f(P_2)$ , та механічну  $n_2=f(M)$  характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

За результатами обчислень побудувати трикутники потужностей для кожного режиму навантаження (до вмикання конденсаторної батареї і після) і зробити висновки. Визначити графічно реактивну потужність  $Q_c$  конденсаторної батареї.



Використавши характеристики, зробити висновки про виконану роботу.

## 5 Висновки:

### 6 Контрольні питання:

6.1. Пояснити будову та принцип дії асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

6.2. Як змінюється струм двигуна і  $\cos\phi$  при збільшенні навантаження?

6.3. Пояснити, чому зменшується споживаний струм при роботі двигуна з приєднаними конденсаторами, не дивлячись на те, що корисна потужність двигуна не змінюється?

6.4. Пояснити фізичний зміст поліпшення коефіцієнта потужності методом приєднання конденсаторів.

6.5. Які ще існують методи поліпшення коефіцієнта потужності?

### Література

11. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981

12. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982

## **Інструкція для виконання практичної роботи №5**

Тема: Розрахунок потужності і вибір типу електродвигуна

1 Мета: Навчитись розраховувати потужність і вибрати тип електродвигуна

1.1. Вибір типу схеми електроприводу

1.2. Розрахунок потужності і вибір електродвигуна для приводу механізму

1.3. Розрахунок статичних моментів

1.4. Попередній вибір двигуна

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості

Вибір типу схеми електроприводу

Електропривод включає в себе електромеханічний пристрій що складається з електродвигуна, передаточного механізму і апаратури захисту і

управління, призначеного для приведення в дію робочих органів виконуючих машин.

В залежності від призначення виконуючих механізмів, їх будови і способу передачі енергії електричні приводи діляться на три види: одиночний, груповий і багатодвигуновий. Найбільше розповсюдження має багатодвигуновий, для якого характерне дистанційне управління в поєднанні з можливою централізацією.

Електродвигуни до робочих механізмів вибирається по слідуєчим параметрам: напрузі, роду струму (постійний, змінний), частоті обертання, умовах оточуючого середовища, характеру і величині навантаження.

### **Розрахунок потужності і вибір електродвигуна для приводу механізму**

Для розрахунку потужності і вибору двигуна необхідно мати всі початкові дані. Правильний вибір потужності двигуна, на підставі одержаного розрахунку, має велике значення, оскільки від цього залежить продуктивність, надійність і економічність робочого механізму. Якщо вибраний двигун більшої потужності, ніж необхідно за умовами його роботи, то збільшуються капітальні витрати і знижуються КПД  $\cos \varphi$ . Якщо потужність двигуна менше необхідної, виникає перегрів обмоток, що різко знижує термін служби двигуна.

З погляду нагріву двигунів розрізняють три основні режими їх роботи:

- 1 Тривалий: а) з постійним навантаженням; б) із змінним навантаженням;
- 2 .Короткочасний; 3 Повторно-короткочасний.

Режими робота двигунів найкращим чином характеризуються діаграмами навантажень, під якими розуміють графіки зміни в часі моменту  $M = f(t)$ , струму  $I = f(t)$  або потужності на валу двигуна в період його роботи.

Діаграма, навантаження двигуна, будується на підставі рівняння руху електроприводу

$$M = M_c + M_{дин},$$

- де  $M$  - момент, що розвивається двигуном,  $N_m$ ;  
 $M_c$  - статичний момент опору, приведений до валу двигуна,  $N_m$ ;  
 $M_{дин}$  - динамічний момент, приведений до валу двигуна;

$$M_{дин} = I \frac{dw}{dt}.$$

Як видно з рівняння, для побудови діаграми, навантаження двигуна, необхідно мати графік зміни в часі приведених статичних моментів,  $M_c = f(t)$  тобто діаграму, навантаження робочої машини, і графік зміни в часі динамічного моменту  $I \frac{dw}{dt} = f(t)$ . для визначення якого необхідно знати графік зміни швидкості двигуна і приведений момент інерції приводу.

Сума, алгебраїчних статичних і динамічних моментів, дає графік зміни сумарного моменту на валу двигуна, тобто діаграму, навантаження двигуна.

Слід зазначити, що при визначенні динамічного моменту необхідно наперед орієнтуватися на певну потужність двигуна. Останнє необхідне для визначення прискорення і повного моменту інерції  $J$ , частина якого складає момент інерції ротора (якоря) двигуна. Після побудови діаграми, навантаження, для конкретного двигуна останній перевіряється за умовами нагріву і перевантажувальної здатності. Із сказаного виходить, що розрахунок потужності двигуна необхідно проводити в наступній послідовності:

- 1) визначити початкові дані для розрахунку потужності двигуна;
- 2) провести розрахунок статичних моментів  $M$  на підставі початкових даних;
- 3) заздалегідь вибрати потужність двигуна на підставі набутого значення  $M$  і швидкості обертання  $W$ ;
- 4) розрахувати і побудувати діаграму, навантаження двигуна  $M = f(t)$ ; для чого розрахувати залежність  $M_c = f(t)$ ,  $w = f(t)$  та  $M_{дин} = f(t)$ .
- 5) перевірити заздалегідь вибраний двигун за умовами нагріву і перевантажувальної здатності; на підставі перевірки зробити висновок про придатність вибраного двигуна.

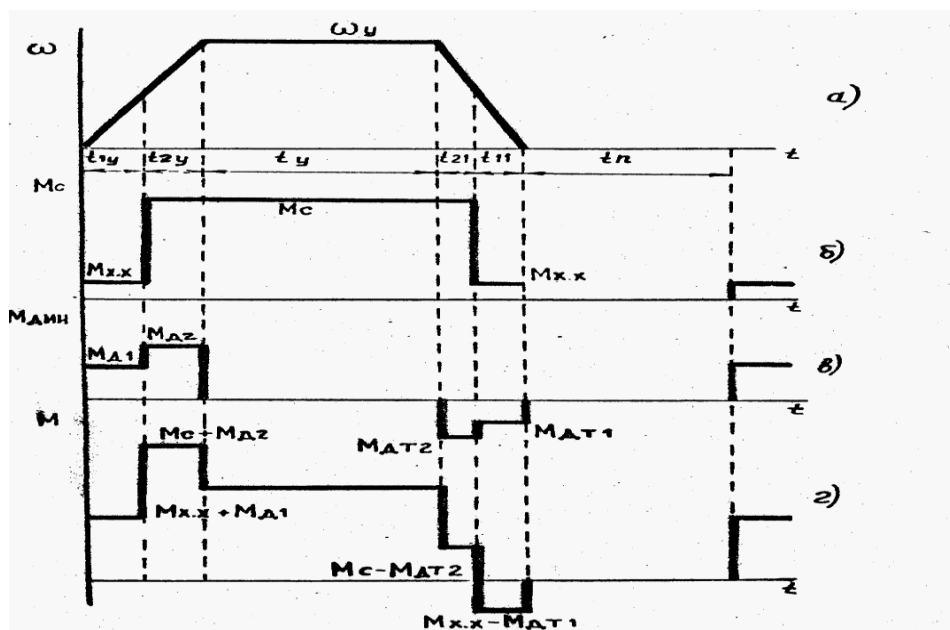


Рисунок - Скоростная діаграма (а), нагрузочная діаграма (б), діаграма динамічних моментів (в) и нагрузочная діаграма двигателя (г)

Розглянемо докладніше кожний з приведених пунктів.

Початкові дані для розрахунку потужності двигуна

До початкових даних відносяться всі ті дані, які характеризують роботу двигуна у будь-який момент часу. Тобто, це дані технологічного процесу і технічні характеристики механізму. Ці дані для розрахунку студент повинен зібрати під час проходження переддипломної практики. Тому, вже на цій стадії, слід добре вивчити метод розрахунку потужності двигуна, щоб визначитися з переліком необхідних даних. Частину початкових даних необхідно узяти з паспорта механізму, де вказана його технічна характеристика решта даних,

тобто дані технологічного процесу визначаються на основі конкретних функцій механізму в техпроцесі.

### **Розрахунок статичних моментів**

Якщо заздалегідь значення статичних моментів опору не задані, то їх слід розрахувати за даними технологічного процесу і технічним характеристикам механізму, тобто за початковими даними.

Отже, перш ніж приступити до розрахунку, необхідно чітко представляти конструкцію механізму, його кінематику, функції механізму в техпроцесі, режим роботи і мати початкові дані.

Далі слід визначитися, з яких складових складається сумарний момент опору.

$$M_c = M_{np} + M_{тр} + M_{хх},$$

де  $M_{np}$  - момент плющення, потрібний для подолання сил деформації прокатуваного металу і сил тертя між металом і валяннями;

$M_{тр}$ - момент додаткових сил тертя в підшипниках робочих валків і в передавальних механізмах при плющенні металу;

$M_{хх}$ - момент холостого ходу.

Розраховані за початковими даними складові статичного моменту повинні бути приведені до валу двигуна.

Загальна формула приведення має наступний вигляд

$$M_c = \frac{M_{c.b}}{i \cdot \eta},$$

де  $M_c$  - статичний момент, приведений до валу двигуна;

$M_{c.m}$ - статичний момент на валу робочої машини.

Під  $M_{c.m}$  мається на увазі будь-який момент опору, тобто  $M_{c.m}$  це може бути.

- загальний КПД і загальне передавальне число між двигуном і механізмом;

За наявності в механізмі поступально рухомих елементів приведення сил опору до валу двигуна проводиться аналогічно, тобто

$$M_c = \frac{F_{c.m} \cdot V}{w \cdot \eta},$$

де  $F_{c.m}, V$  - зусилля і лінійна швидкість поступально рухомого елемента робочого органу механізму;

- кутова швидкість на валу двигуна.

Відомо, що

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 0,105n, \text{ рад/с,}$$

$$V = \frac{\omega R}{i}, \text{ м/с,}$$

де  $n$  - швидкість обертання двигуна, об/мин;  
 $r$  - радіус пристрою.

Рівняння (3.2) і (3.3) справедливі лише для рухового режиму. Для гальмівних режимів (двигун працює генератором) приведення статичних моментів слід проводити по наступних формулах

$$M_c = \frac{M_{cm} \cdot \eta}{i}; \quad M_c = \frac{F_{c.m} \cdot V \cdot \eta}{\omega}.$$

На закінчення слід вивести формулу залежності з часу,  $M_c = f(t)$ , якщо така залежність але задана.

### Попередній вибір двигуна

Важливим завданням є вибір потужності приводного двигуна.

З формули (3.1) видно, що відразу вирішити це завдання неможливо, оскільки у величину приведенного моменту інерції  $I$  входить і момент інерції двигуна,  $I_{дв}$ , який ще не вибраний. А  $I_{дв}$  складає у ряді випадків 70% від сумарного  $I$ .

Окрім потужності двигуна необхідно знати:

- тип виконання двигуна, вибір якого залежить від умов навколишнього середовища;
- режим роботи двигуна (тривалий, короткочасний, повторно короткочасний);
- номінальна напруга двигуна;
- швидкість обертання в рад/с або об/мин;
- тип збудження (для двигуна постійного струму).

При виборі потужності двигуна керуються наступними міркуваннями:

Г) Величина середнього статичного  $M_{c.c.p.}$  моменту бути першим орієнтиром при визначенні номінальної потужності ( $P_H$ )

$$P_H \geq (1 \div 1,6) \cdot M_{c.c.p.} \cdot \omega_H \cdot \sqrt{\frac{E_{фак}}{E_{cm}}}, \text{ кВт,}$$

де  $1/1,6$  – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження приводу;  
 $E_{фак}$  - фактична тривалість включення;  
 $E_{сз}$  - каталожна тривалість включення, на яку розрахований двигун;  
 $\omega_H$  - номінальна швидкість двигуна, яка заздалегідь повинна бути порохвана.

2) Може бути прийнятий за основу найбільший момент, потрібний від двигуна. В цьому випадку

$$P_H \geq (1,2 \div 1,4) \cdot \frac{M_{c.\max}}{\lambda_{\text{дв}}} \cdot \omega_H, \text{ кВт},$$

де  $M_{c.\max}$  - максимальний статичний момент, приведений до валу двигуна;  
1,2/ 1,4 - коефіцієнт запасу;

$\lambda_{\text{дв}}$  - перевантажувальна здатність двигуна.

3) У разі тривалої роботи із змінним навантаженням потужність двигуна вибирається на 15-20% більше середньої потужності графіка, навантаження робо-чої машини, тобто

$$P_H \geq (1,15 \div 1,2) \cdot \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_n t_n}{t_{\text{ц}}}, \text{ кВт},$$

де 1,2...- ділянки графіка, навантаження.

4) Можуть бути взяті до уваги рекомендації літератури.

5) Можуть використовуватися спеціальні методи розрахунку потужності з літератури.

Розрахунок спрощеної діаграми навантаження двигуна

Побудова діаграми, навантаження двигуна  $M = f(t)$ , ведеться на підставі рівняння .

Її починають з побудови графіків зміни в часі швидкості двигуна,  $\omega = f(t)$  приведених статичних моментів  $M_c = f(t)$  динамічного моменту;  $M_{\text{дин}} = f(t)$

Залежність  $\omega = f(t)$  як правило буває заданою. Якщо тахограми немає, то її слід розрахувати за початковими даними і потім побудувати графік .

Потім розраховують залежність,  $M_c = f(t)$  якщо вона не задана і також будують графік .

Наступним етапом визначають сумарний момент інерції приводу  $I$ , приведений до валу двигуна і потім значення  $M_{\text{дин}}$ .

Визначити  $I$  стає можливим після попереднього вибору двигуна по наступній формулі:

$$I = (1,1 \div 1,2) I_{\text{дв}} + I_m \cdot \frac{1}{i^2} + \frac{mV^2}{\omega^2}, \quad (3.10)$$

де  $I_{\text{дв}}$  - момент інерції двигуна, кг м ;

1,1/1,2 - коефіцієнт, що враховує момент інерції редуктора;

$i$  - передавальне число редуктора;

$I_m$ .- момент інерції, частин механізму, що обертаються кг м<sup>2</sup>;

$V_m$ , гл - лінійна швидкість (м/с) і маса (кг) поступально рухомих органів механізму;

$W$  - кутова швидкість обертання, рад/с.

Приведеному значенню моменту інерції приводу і відповідних прискорень при розгоні і уповільненні, визначуваних за даними графіка швидкості  $w = f(t)$  ведеться побудова графіці зміни динамічного моменту .

Тепер можна перейти до побудови  $M = f(t)$ .

Сума, алгебри, в кожен момент часу приведених значень статичного моменту і динамічного моменту визначає момент, що розвивається двигуном, графік якого в часі і є діаграмою, навантаження електроприводу.

При розрахунку потужності двигуна іноді потрібно задатися значеннями середніх пускових і гальмівних моментів ( $M_p$ ,  $M_T$ ).

Строгих рекомендацій для їх вибору не існує, проте залежно від системи приводу і технологічних вимог можна рекомендувати наступні співвідношення по порівнянню про моментом номінальним ( $M_n$ ,  $M_T$ ).

- 1) Для приводу постійного струму за системою.
- 2) Для приводу за системою.
- 3) Для вентильних асинхронних каскадів.

Час пуску і гальмування при цьому визначаються по формулах

- 1) Для приводу постійного струму по системі Г-Д

$$M_p = (1,6-1,8)M_n; \quad M_T = (1,2-1,4)M_n.$$

- 2) Для приводу постійного по системі ТП-Д:

$$M_p = M_T = (1,7-2)M_n.$$

- 3) Для вентильних асинхронних каскадів

$$M_p = (1,3-1,6)M_n; \quad M_T = (1-1,3)M_n.$$

Час пускання та торможення при цьому знаходять за формулами

$$t_n = \frac{I\Delta w}{Mn - Mc}, \text{ с}; \quad t_k = \frac{I\Delta w}{Mr + Mc}, \text{ с}.$$

Перевірка заздалегідь вибраного двигуна за умовами нагріву і перевантажувальної здатності

Спосіб остаточної перевірки заздалегідь вибраного двигуна за умовами нагріву визначається типом двигуна і режимом його роботи.

Для механізмів тривалого режиму роботи з постійним або таким, що мало змінюється навантаженням (насоси, вентилятори і т.д.) потужність двигуна вибирається безпосередньо по каталогу, відповідно до потужності з діаграми,

навантаження (або потужністю порахованої по теоретичній формулі). При цьому повинно дотримуватися умова  $P_H \geq P_c$ .

Перевірки двигуна по нагріву або перевантаженню тут не вимагається.

Для всієї решти режимів роботи (тривалого із змінним навантаженням, короткочасного і повторно-короткочасного) проводиться перевірка заздалегідь вибраного двигуна на нагрів методом еквівалентного струму, моменту потужності або методом середніх втрат.

У практиці проектування електроприводів зі всіх методів перевірки двигунів на нагрів частіше використовується метод еквівалентного струму або моменту.

Значення еквівалентних величин знаходять по рівняннях (Л-1) (Л-2).

$$I_3 = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

$$M_3 = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

де  $I_1, I_2, \dots, I_n, M_1, M_2, \dots, M_n$  - значення струмів і моментів на окремих ділянках навантаження

Діаграми  $I = f(t)$ ,  $M = f(t)$ , заздалегідь вибраного двигуна;  $t_1, t_2, \dots, t_n$  час роботи на цих ділянках. Таким чином, необхідно мати діаграму, навантаження двигуна, у вигляді  $I = f(t)$  або  $M = f(t)$  і по ній відповідно до формули або (3.12) визначити  $I$  або

Це значення порівнюється з номінальним значенням струму, моменту заздалегідь вибраного двигуна. Якщо ??? або  $M$  то двигун задовольняє умовам нагріву.

Необхідно пам'ятати, що при виборі потужності двигунів постійного струму незалежного збудження з регулюванням швидкості за рахунок зміни магнітного потоку, постійного струму послідовного або змішаного збудження, а також асинхронних з к.з, ротором необхідно користуватися методом еквівалентного струму.

У тих випадках, коли момент пропорційний струму (двигуни постійного струму незалежного збудження, що працюють при номінальному потоці, а також асинхронні двигуни трифазного струму при роботі на робочій частині механічної характеристики) перевірку за умовами нагріву (вибір двигуна) можна проводити методом еквівалентного моменту.

Приведені рівняння (3.11) і (3.12) справедливі в тих випадках, коли умови охолодження на всіх ділянках роботи не відрізняються від розрахункових або використовуються двигуни з примусовою вентиляцією. Для самовентилюючих двигунів, тепловіддача яких залежить від швидкості, в рівнянні (3.11) і (3.12) слід вводити поправочні коефіцієнти для ділянок, де



швидкість двигуна, вибраного з серії призначеної для роботи в тривалому режимі, менше номінальної або відбувається його зупинка.

Так, наприклад, вираз еквівалентного моменту з урахуванням зміни тепловіддачі двигуна для діаграми, навантаження рис.3.2, буде наступним:

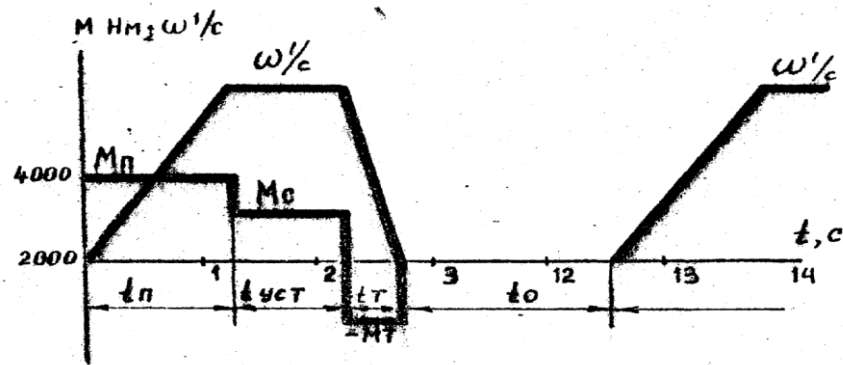


Рисунок 3.2 Нагрузочна діаграма

де  $d_1$  - коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження при пуску і гальмуванні, звичайно  $d = 0.75$ ;

У випадку виборі двигуна з серії, призначеної для повторно короткочасного режиму, величина паузи і коефіцієнти  $d_B$  і  $B$  при визначенні  $M$  або  $I$  не враховуються. При цьому спочатку визначається Фактичне значення еквівалентної величини

$$M_{\phi} = \sqrt{\frac{M_n^2 t_n + M_c^2 t_{ycz} + M_r^2 t_r}{t_n + t_{ycz} + t_r}}$$

Потім визначається фактична тривалість включення, куди входить і час паузи  $t_0$

$$E_{\phi} = \frac{t_p}{t_u}, \text{ де } t_u = t_p + t_0$$

У каталогах тривалість включення звичайно виражають у відсотках і позначають ПВ

$$ПВ\% = \frac{t_p}{t_u} \cdot 100\%$$

Двигуни, призначені для роботи в повторно-короткочасному режимі випускаються з ПВ в %: 15,25 ; 40 чи 60.

Якщо фактична ПВ відрізняється від стандартної, то слід зробити перерахунок по рівнянню

$$M_{\phi} = M_{\phi,ф} \cdot \sqrt{\frac{E_{\phi}}{E_{cm}}} = M \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\phi}}{ПВ_{cm}}}$$

вважається обов'язковому. Тому при виборі двигуна необхідно прагнути до того  $M = (0,7-0,8) M_n$   $I = (0,7-0,8) I_n$

Після перевірки двигуна за умовами нагріву його перевіряють по перевантажувальній здатності, тобто вибір потужності двигуна повинен

проводитися з урахуванням як умов тривалої роботи, так і миттєвих перевантажень.

Двигун проходить по перевантаженню, якщо виконується умова:

$$M_{max} \leq \lambda M_n;$$

$$I_{max} \leq \lambda_1 I_n,$$

де  $M_{max}$   $I_{max}$  - максимальні значення моменту і струму, узятих з діаграми, навантаження;

$\lambda$  - відповідно допустимі коефіцієнти перевантаження по моменту і струму.

4 Хід роботи:

4.1. Вибрати тип електроприводу

4.2. Розрахувати потужність і вибрати електродвигун для приводу механізму

4.3. Розрахувати статичний момент електродвигуна

1.4. Зробити попередній вибір двигуна

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1. Які електроприводи ви знаєте?

6.2. Які існують типи асинхронних двигунів?

6.3. Переваги та недоліки АД?

6.4. Статичний і динамічний моменти двигунів

Література

13. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982

14. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989

15. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987

16. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

## **Інструкція для виконання практичної роботи №7**

Тема: Вибір апаратів управління і захисту

1 Мета: Вивчити конструкції і головні параметри запобіжників та плавких вставок, дослідити захисні характеристики запобіжників.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

### 3 Теоретичні відомості:

Запобіжник - це комутаційний апарат, що розмикає електричне коло внаслідок розплавлення плавкої вставки, яка нагрівається струмом навантаження. Сила цього струму перевищує номінальний струм вставки. Принцип дії запобіжника базується на виділенні теплоти при проходженні струму через плавку вставку. В нормальному режимі теплота, що виділяється в ній, нагріває саму плавку вставку і корпус запобіжника та віддається у навколишній простір, при цьому температура плавкої вставки не перевищує температури її плавлення.

Внаслідок підвищення струму температура плавкої вставки зростає, вона розплавляється, а коло струму розривається. При плавленні з'являється електрична дуга, через яку продовжує проходити струм. Загальний час розриву складає

$$t_p = t_{пл} + t_{гор} \quad (1.1)$$

де  $t_{пл}$ ,  $t_{гор}$  - тривалість розігріву плавкої вставки до температури плавлення та горіння електричної дуги.

Значення  $t_p$  залежить від струму і має бути мінімальним, що забезпечується спеціальними конструкціями корпусу запобіжника, зокрема, виготовленням його із газогенеруючого матеріалу, заповненням внутрішнього простору корпусу спеціальним наповнювачем - кварцовим піском.

Запобіжники дешеві й прості у виготовленні. Вони мають у процесі експлуатації значну замикаючу здатність і тому широко використовуються як елементи струмового захисту ліній електропередач та електрообладнання у розподільчих мережах напругою 6 - 20 кВ та в електричних мережах до 1 кВ. До головних недоліків запобіжників слід віднести розкид їх характеристик і одноразовість дії.

Запобіжники характеризуються такими параметрами: номінальним струмом плавкої вставки  $I_{ВС.НОМ}$ , номінальним струмом запобіжника  $I_{ЗАП.НОМ}$ , номінальною напругою  $U_{ЗАП.НОМ}$ , граничним струмом відмикання  $I_{ВІД.МАХ}$ .

**Номінальний струм плавкої вставки** - це струм на який розраховані струмонесучі та контактні частини патрона запобіжника, тобто струм, при якому температура частин запобіжника не перевищує припустимого значення.

Номінальний струм плавкої вставки визначається припустимою температурою у робочих режимах, тобто це гранична сила струму, при тривалому проходженні якого вставка не розплавляється. Обчислюється за формулою

$$I_{ВС.НОМ} = \frac{I_{\infty}}{1,3 \dots 1,5} \quad (1.2)$$

$$I_{ВС.НОМ} = \frac{I_{ГР}}{1,6 \dots 2,1} \quad (1.3)$$

де  $I_{\infty}$  - найбільший струм, при якому плавка вставка не згоряє протягом 1 години;

$I_{ГР}$  - граничний струм, тобто найменший струм, при якому вставка плавиться протягом 1 години.

Обидва ці параметри визначаються як середньостатистичні за серією дослідів для даного типу плавкої вставки.

**Граничним струмом відмикання запобіжника**  $I_{ВІД.МАХ}$  називається найбільший струм короткого замикання, який запобіжник при згорянні плавкої вставки може розірвати без зруйнування, що дозволяє після заміни плавкої вставки ще раз використовувати запобіжник.

**Номінальний струм запобіжника**  $I_{ЗАП.НОМ}$  має бути не меншим за максимальний номінальний струм плавкої вставки, яка використовується в цьому запобіжнику.

**Номінальна напруга запобіжника**  $U_{ЗАП.НОМ}$  визначається електричною міцністю його корпусу. Якщо в електричне коло встановлено запобіжник, у якого  $U_{ЗАП.НОМ} > U_{НОМ.МЕРЕЖІ}$ , то після згоряння вставки такий запобіжник не буде замкнений електричною дугою навіть у випадку максимально можливих комутаційних перенавантажень в електричній мережі.

Залежність тривалості розриву запобіжником електричного кола від струму, який проходить через запобіжник, називається захисною характеристикою.

Частіше захисна характеристика запобіжника будується в логарифмічному масштабі, при цьому на горизонтальній осі відкладається кратність струму перевантаження по відношенню до номінального струму плавкої вставки (рис. 1.1).

Неоднорідність металу, з якого виготовлена плавка вставка, технологічні припущення під час штампування вставок, різниця в умовах охолодження та інше призводять до того, що періоди часу згоряння плавких вставок мають значні розбіжності (до 50 % від середнього часу плавлення при даному струмі), які більші в зоні невеликих струмів перевантаження. Тому захисна характеристика запобіжника зображується у вигляді деякої зони, обмеженої штриховими лініями на рис. 1.1.

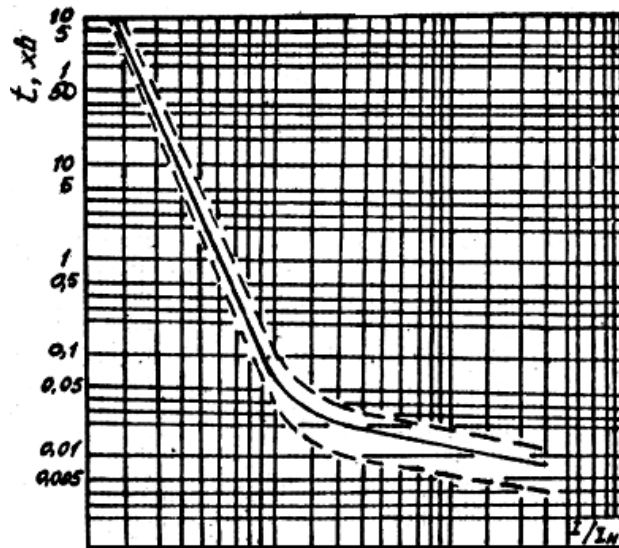


Рис.1.1. Захисна характеристика запобіжника типу ПН-22

Внаслідок розкиду в часі спрацьовування запобіжники неодноразово згорають у різних фазах трифазної мережі, що призводить до неповнофазних режимів роботи електрообладнання (відсутність напруги в одній чи в двох фазах трифазної мережі).

Є ще один недолік, викликаний розкидом часу спрацьовування запобіжників у зоні малих струмів перевантаження. Оскільки при малих струмах перевантаження в 2 - 3 рази більших за  $I_{AN.ін}$  час згорання запобіжника перебуває в діапазоні від 10...60 с до 2...20 хв, то можна стверджувати, що при розкиді характеристик не гарантується надійності захисту електрообладнання наприклад, електродвигунів, силових трансформаторів від перевантажень. Тому разом із запобіжниками для захисту від перевантажень повинні використовуватися додаткові апарати, наприклад теплові реле. Застосовуються також спеціальні конструктивні та схемні рішення для забезпечення одночасності згорання запобіжників і зменшення розкиду тривалості їх згорання.

Із захисної характеристики (рис. 1.1) видно, що при великих крайностями струмів короткого замикання, наприклад 100, вставка згорає дуже швидко менш ніж за 0,01 с. На захисній характеристиці є зона в області великих струмів, коли при збільшенні струму час розриву мережі не зменшується. Це обумовлюється тим, що при великих струмах короткого замикання час розриву визначається вже не часом плавлення вставки, а часом гасіння електричної дуги після згорання вставки.

Розглянемо процес згорання вставки при великих струмах короткого замикання (рис. 1.2.) У момент часу  $t_K$  виникає коротке замикання. Якби в мережу не було встановлено запобіжник, то струм мав би амплітуду  $I_{KC.MAX}$ . Однак через час  $t_{iE}$  плавка вставка плавиться і через час  $t_{AID}$  дуга гасне. Видно, якщо час малий  $t_D = t_{iE} + t_{AID}$ , менше від півперіоду струму

промислової частоти, то фактичний амплітудний струм короткого замикання  $I_{\text{кз.мак}}$  плавкої вставки буде меншим ніж  $I_{\text{кз.мак}}$ . У цьому виявляється струмообмежуючий ефект запобіжника. Таким чином, струм короткого замикання може бути обмежений у 2-5 разів, що значно знижує електродинамічні навантаження на електроустаткування, які спричиняються струмами короткого замикання.

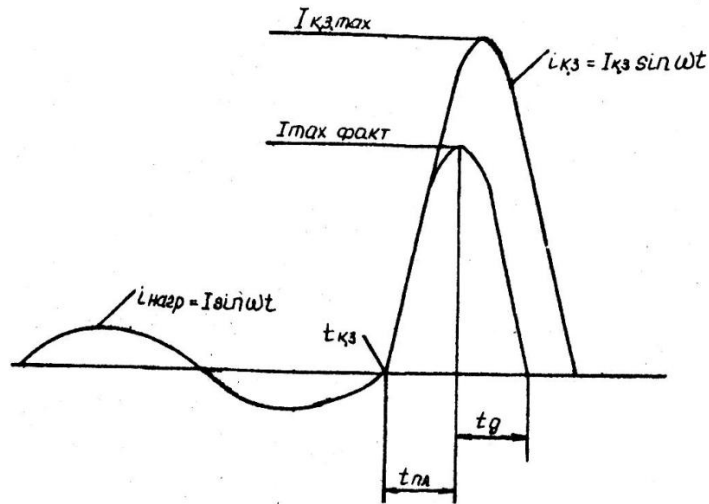


Рис. 1.2 Осцилограма вимикання струму короткого замикання плавкою вставкою

Якщо струм, який проходить через запобіжник, у 3 й більше разів перевищує номінальний струм плавкої вставки, то її нагрів можна вважати адіабатичним, тобто таким, що проходить практично без розсіювання теплоти, яка виділяється. При цьому кількість теплоти, необхідної для плавлення вставки,

$$W = B \cdot I_{\text{АН}}^2 \cdot R_{\text{АН}} \cdot t_{\text{іЕ}} \quad (1.4)$$

Де  $B$  - сталий коефіцієнт;

$I_{\text{АН}}, R_{\text{АН}}$  - відповідно струм та опір плавкої вставки.

Таким чином, при струмах, які перевищують  $3 \cdot I_{\text{АН.н}}$ , можна вважати що захисна характеристика запобіжника описується обернено квадратичною залежністю (час горіння дуги  $t_{\text{АД}} = 0$ )

$$t_{\text{іЕ}} = \frac{W}{I_{\text{BC}}^2 \cdot R_{\text{BC}} \cdot B} = \frac{A}{I^2} \quad (1.5)$$

де  $A$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу вставки, її форми, конструкції запобіжника та його наповнювача. У табл. 1.1 наведені параметри плавких вставок із різних матеріалів.

Таблиця 1.1

Матеріал	Температура		Питомий опір, Мк*Ом*М
	плавлення	припустима	

Мідь	1083	250	0,0153
Свинець	327	150	0,21
Цинк	419	200	0,06

Найменшу температуру плавлення має свинець, однак його питомий опір у 12 разів більший, ніж у міді, тому переріз свинцевої плавкої вставки треба робити значно більшим.

При згорянні масивної вставки випаровується велика кількість металу, тому умови горіння дуги у парах металу кращі, а дугогасіння утруднюється, що погіршує комутаційну здатність запобіжника, тобто зменшує граничний струм, що вимикається запобіжником.

Характеристики плавких вставок з міді можна покращити, використовуючи металургійний ефект. На тонку мідну проволочку наплавляють олов'яну кульку. При струмі перевантаження мідь нагрівається, олов'яна кулька плавиться, олово, в свою чергу, розплавляє мідь. Розчин, що з'явився, має великий електричний опір, тому вставка в цьому місці перегоряє. Виконана таким чином плавка вставка має вищу чутливість у зоні малих струмів перевантаження. Недолік такого запобіжника значний розкид характеристик спрацьовування.

Стабільність захисної характеристики залежить від окислення плавкої вставки. Свинець та цинк утворюють на поверхні оксидну плівку, яка перешкоджає окисленню; мідь такої плівки не утворює. Тому вставки із свинцю й цинку довговічніші.

Якщо на двох сусідніх ділянках електричної мережі встановлені два запобіжники, то за умовами селективності вимикання один з них має згоріти швидше:

$$t_{I\ddot{E} 2} < t_{I\ddot{E} 1} \quad (1.6)$$

З урахуванням розкиду захисних характеристик, наприклад, при  $\pm 50\%$ -му розкиді,

$$1,5 \cdot t_{I\ddot{E} 2} < 0,5 \cdot t_{I\ddot{E} 1} \quad (1.7)$$

$$\text{тобто } 3 \cdot t_{I\ddot{E} 2} < t_{I\ddot{E} 1} \quad (1.8)$$

Час плавлення залежить від площі перерізу плавких вставок, тому можна записати

$$S_1 > \alpha \cdot S_2 \quad (1.8)$$

де  $\alpha$  - усталений коефіцієнт, який залежить від матеріалу плавкої вставки та конструкції запобіжника.

Значення коефіцієнтів  $\alpha$  для різних матеріалів плавких вставок і різних конструкцій запобіжників зводяться в табл. 1.2

Таблиця 1.2

Матеріал плавкої вставки, запобіжника, встановленого ближче до джерела живлення	Матеріал плавкої вставки попереднього запобіжника					
	Закритого типу з наповнювачем			Відкритого типу без наповнювача		
	мідь	цинк	свинець	мідь	цинк	свинець
Мідь	1,55	0,2	0,55	1,15	0,15	0,4
Свинець	12,4	1,65	4,5	9,4	1,2	3,8
Цинк	4,5	0,6	1,65	3,5	0,44	1,2

Наприклад, попередній запобіжник мав свинцеву плавку вставку, площа перерізу якої 10 мм<sup>2</sup>. Тоді для вибору наступного запобіжника відкритого типу потрібно взяти плавку вставку, наприклад, з міді площею перерізу

$$S_{\text{міді}} \geq 0,15 S_{\text{свинцю}} = 0,15 * 10 = 1,5 \text{ мм}^2,$$

але в цьому разі свинцева вставка згорить раніше при будь-якому струмі, що протікав через обидва запобіжники.

Для зменшення об'єму металу який розплавляються, плавкі вставки виконують з кількома паралельними ланцюгами, що поліпшує умови охолодження металу, в також дає можливість краще використовувати весь об'єм запобіжника для гасіння дуги.

У плавких вставках роблять два чи більше вузьких коротких перешийки. При короткому замиканні плавляться ці звужені ділянки, а при нормальних струмах уся вставка внаслідок теплообміну має приблизно . однакову температуру.

Плавкі елементи для швидкодіючих запобіжників виготовляються з листових матеріалів завтовшки 0,05. - 0,2 мм (рис. 1.3 а, б, в). При роботі в режимі розширення-звуження плавкий запобіжник підпадає під великі знакозмінні механічні навантаження. Щоб збільшити час дії запобіжників, їх плавкі елементи виконують із вигином, який бере на себе температурні деформації.

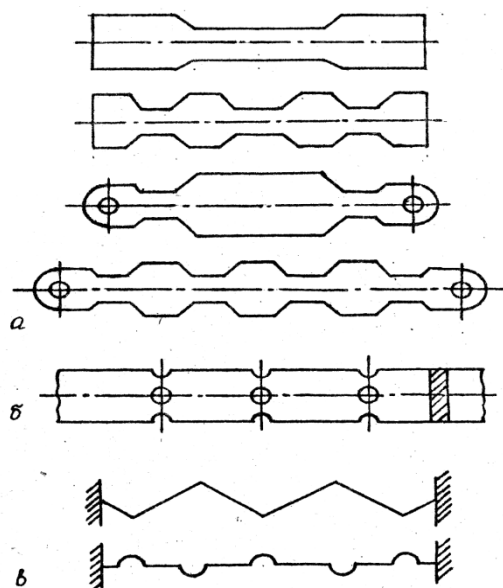




Рис 1.3. Конструкція плавких вставок

За конструкцією запобіжники, що використовуються в мережах з напругою до 1...20 кВ, можуть бути розділені на такі групи: відкриті трубчасті, замкнені без наповнювача, замкнені з наповнювачем.

**Відкриті запобіжники** - це відкриті окремі чи складені в кілька паралельних ланцюгів плавкі вставки, що закріплені між контактними стояками. У відкритих трубчастих запобіжниках вставка розміщена всередині фарфорових трубок, відкритих з обох кінців.

**Запобіжники із замкненим патроном без наповнювача**, наприклад типу ПР-2 (рис. 1.4), мають патрон з фібрової трубки, на кінцях якої щільно насаджені латунні втулки, що попереджають розрив трубки. При плавленні фібри виділяється газ, який допомагає дуго гасінню.

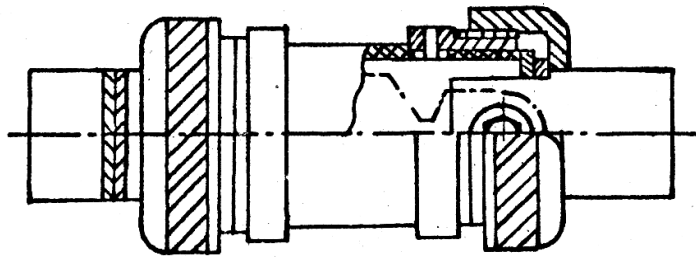


Рис. 1.4. Запобіжник типу ПР-2

**Запобіжники із зачиненим патроном з наповнювачем**, наприклад типу ПН-2 (рис 1.5), мають фарфоровий корпус, всередині якого розміщені стрічкові плавкі вставки і наповнювач кварцевий пісок. Такі конструкції мають найбільшу граничну розривну здатність.

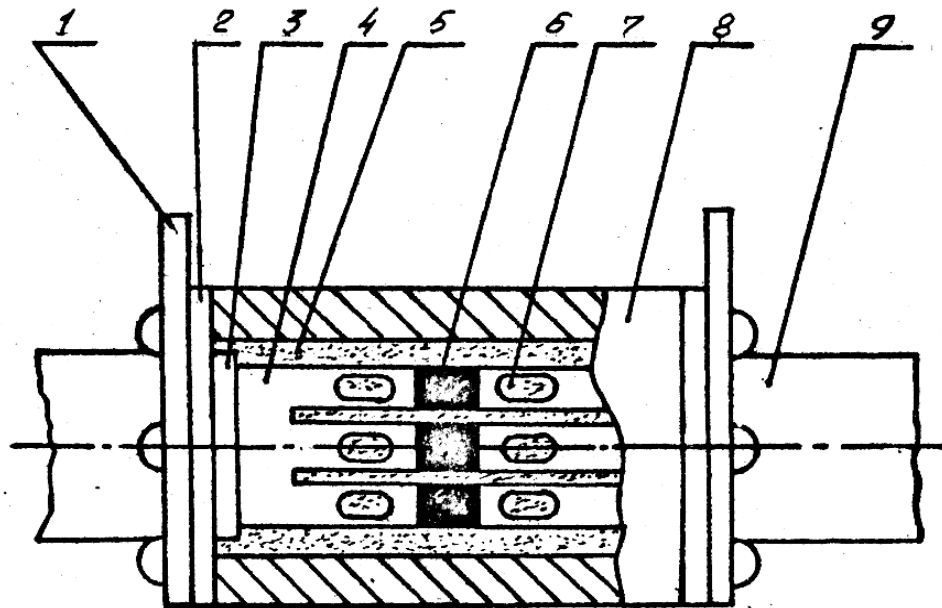


Рис. 1.5. Запобіжник типу ПН-2 :1- кришка; 2- азбестова прокладка; 3- прокладка; 4- плавка вставка; 5- кварцевий пісок; 6 – олов'яна напайка; 7- просічка; 8- корпус; 9- врубний контакт виводу.

**До запобіжників висувають наступні вимоги:**

1. Не допускається перегрів запобіжника в нормальних режимах вище від припустимих температур.
2. Запобіжник не повинен вимикати електричну мережу при короткочасних перевантаженнях (наприклад, при протіканні пускових струмів електродвигунів, струмів запуску електродвигунів після короткочасної втрати напруги, тощо).
3. Захисна характеристика запобіжника має проходити нижче, але якомога ближче до захисної характеристики об'єкта захисту.
4. Час опрацювання запобіжника при короткому замиканні мав бути мінімально можливим, особливо при захисті напівпровідникових приладів. Запобіжник повинен мати ефект струмообмеження.
5. Характеристики запобіжника мають бути стабільними і не змінюватися з часом. Технологічний розкид параметрів мав бути мінімальним.
6. Запобіжник повинен мати високу вимикаючу здатність.
7. Конструкція патрона запобіжника мав забезпечувати можливість його швидкого і безпечного встановлення та зняття, бути зручною для швидкої заміни плавкої вставки та наповнювача.

4 Хід роботи:

Принципову схему лабораторного стенду зображено на рис. 1.6. Установа для перевірки захистів типу У5052 використовується як джерело регульованого струму, лабораторний планшет для випробувань плавких вставок має рубильник, який шунтує плавку вставку і струмове реле для фіксації моменту згоряння вставки.

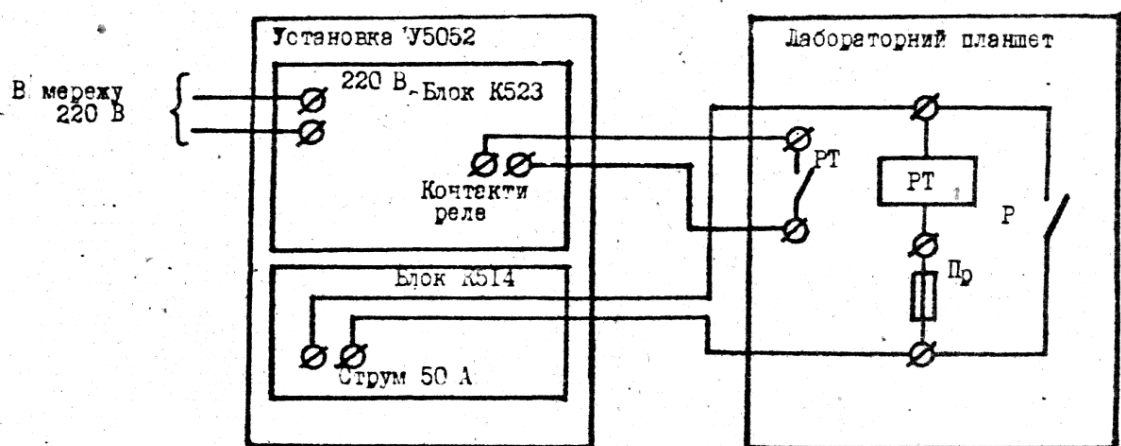


Рис. 1.6. Лабораторний стенд для випробування плавких вставок:

- 4.1. Вивчити конструкції, головні параметр і характеристики запобіжників та плавких вставок.
- 4.2. Накреслити схему випробувань. Зібрати схему.

4.3. Визначити мінімальний струм плавлення вставки. Для цього необхідно:

- а) закріпити плавку вставку на клеммах планшета;
- б) ввімкнути установку У5052.

Початкові умови ручок управління блока К-513: S2 -  $\infty$ ; S3 - "ОТКЛ", S4 - 5А; S5 - 450 В; S6 -, S7 - nJm; S8 - ВОЗВРАТ; S9 - 115 В; T1 - МИНИМУМ; S10 - ОТКЛ.; S11 - ОТКЛ.; S12 - 100; S13 - ОТКЛ.

Початкові положення ручок управління блока К-514: S15 - 10А; S16 -, S17 - 100А; S18 - АВ; S19 - 5А; S20 - ПРЯМО; S21 - 0.

Установка вмикається S10 - "ВКЛ".

в) ввімкнути ручку S8 в положення "СРАБАТ". Регулюючи ручкою T1 струм через вставку при вимкненому рубильнику Р, добитися сили струму  $I_{20}$ , при якому вставка згорить протягом 2...3 хв. Межу вимірювання амперметра та регулювання струму змінювати з допомогою штирів I5 при вимкненій установці У5052;

г) визначити струм  $I_{\hat{A}\hat{N}.III}$  (за п. 1.2), беручи максимальний коефіцієнт рівним 2,1.

4.4. Зняти захисну характеристику плавкої вставки.

Для кожного дослід встановлювати в клемник нову вставку.

Визначення часу згоряння вставки починати при струмі  $2 \cdot I_{\hat{A}\hat{N}.III}$  та продовжувати до сили струму, при якій час згоряння менший ніж 1 с.

Кожен дослід проводити в такій послідовності:

- а) замкнути рубильник Р;
- б) перевести ручки в такі положення: S10 - "ВКЛ"; S8 - "СРАБАТ"; ручкою T1 встановити необхідну силу струму, ввімкнути ручку S8 - "ВОЗВРАТ";
- в) перемкнути перемикач S2 в положення "Ср", розімкнути рубильник Р, ввімкнути перемикач S8 - "СРАБАТ"; після згоряння вставки записати час, який показує секундомір блока К513; зняти покази секундоміра ручкою "СБРОС";
- г) вимкнути перемикач в положення S8 - "ВОЗВРАТ";
- д) замкнути рубильник Р, замінити плавку вставку за умови, що перемикачі в положенні S8 - "ВОЗВРАТ", S10 - "ОТКЛ".

4.5. Отримані координати точок захисної характеристики записати в табл. 1.3 та побудувати графік.

Побудувати розрахункову захисну характеристику мідної плавкої вставки  $t_{iE} = f(I)$  використовуючи залежність

$$t_{iE} = \frac{g^2 \cdot 10^4}{I^2} \quad (1.9)$$

де  $g$  - площа перерізу плавкої вставки, мм

4.6. Побудувати розрахункову захисну характеристику мідної плавкої вставки суміжного запобіжника  $t_{CM} = f(I)$  відкритого замкненого типу, використовуючи дані табл. 1.2. Довести, що селективність роботи запобіжників

забезпечується з урахуванням припустимого розкиду тривалості опрацювання.

4.7. Скласти звіт.

Зміст звіту

1. Короткі теоретичні відомості, параметри і характеристики запобіжників.
2. Схема і послідовність проведення дослідів.
3. Результати розрахунків і дослідів, оформлені у вигляді табл. 1.3, та графічні залежності.
4. Висновки.

Таблиця 1.3

Номер дослідів	Струм I, А	Кратність струму $\frac{I}{I_{BC.NOM}}$	Час $t_{IE}$		
			Дослідний	Розрахунковий	Розрахунковий для суміжного запобіжника

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Охарактеризувати процес згоряння плавкої вставки.
- 6.2. Якими параметрами характеризується запобіжник?
- 6.3. Проаналізувати захисну характеристику запобіжника.
- 6.4. Переваги та недоліки запобіжників.
- 6.5. Чим обумовлений розкид часу згоряння плавких вставок?
- 6.6. Запобіжник з металургійним ефектом.
- 6.7. Засоби гасіння дуги в патронах запобіжників.
- 6.8. Узгодження запобіжників за часом згоряння (за селективністю).
- 6.9. Типи конструкцій запобіжників.
- 6.10. Конструктивне виконання плавких вставок.

Література

17. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981
18. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982

## Інструкція для виконання практичної роботи №8

Тема: Розрахунок і вибір схеми електропостачання

1 Мета: Вміти вибрати схему електропостачання підприємства, цеху та дільниці. Знати категорії електропостачання згідно ПУЕ, їх визначення та умови експлуатації.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Схема електропостачання цеху, підприємства, в цілому, повинна відповідати технологічному процесу і бути органічно з ним зв'язана. Схема повинна забезпечувати задану категорію надійності постачання, бути економічною і достатньо гнучкою, тобто, без суттєвої перебудови забезпечити живлення електроприймачів при зміні їх потужності або кількості. Тому при виборі схеми електропостачання необхідно передбачити можливість розширення і розвитку окремих її елементів.

Характерною особливістю схем внутрішньозаводського розподілу електроенергії є велика розгалуженість мережі і наявність великого числа комутаційно-захисної апаратури. В загальному випадку схеми внутрішньозаводського розподілу електроенергії мають ступінчасту побудову, але не більше двох – трьох, бо в цьому випадку ускладнюється комутація і захист мережі. На невеликих за потужністю підприємствах рекомендується застосувати одноступінчасті схеми. Схема розподілу повинна бути зв'язана з технологічною схемою об'єкту, живлення споживачів різних паралельних технологічних ліній повинно здійснюватись від різних джерел: підстанцій, розподільчих пунктів, різних секцій шин однієї підстанції.

При побудові загальної схеми внутрішнього електропостачання підприємства необхідно приймати варіанти, які забезпечують раціональне використання розподільчих пристроїв, мінімальну довжину мереж, максимум економії комутаційно - захисної апаратури та провідникової продукції.

Внутрішньо-заводський розподіл електроенергії виконується по магістральній, радіальній та змішаній схемах. Вибір схеми визначається категорією надійності споживачів електроенергії, їх територіальним розміщенням, особливостями режимів роботи. Радіальна схема – електроенергія від джерела живлення передається безпосередньо до споживача. Частіше радіальні схеми виконують одно- або двоступінчастими. Одноступінчаста схема на невеликих підприємствах для живлення сконцентрованих споживачів.

Магістральні схеми розподілу електроенергії застосовують в тому випадку, коли, споживачів багато і застосування радіальних схем економічно не вигідне. Основна перевага магістральних схем – зниження капітальних витрат за рахунок скорочення ліній, зменшення кількості використаних високовольтних апаратів. Особливо вигідно застосовувати магістральні схеми

при живленні цехових трансформаторні підстанції незначної потужності, розташованих вздовж цеху. Основний недолік магістральних схем - менша надійність електропостачання в порівнянні із радіальними. Тому на практиці застосовуються різні модифікації таких схем: схеми подвійних магістралей, які резервуються між собою окремими ділянками, або двопроменеві схеми, коли живлення підстанції забезпечується від двох джерел.

На виробництві, переважно, застосовують змішані схеми живлення, де використовують переваги як магістральних, так і радіальних схем, що дозволяє створити схему електропостачання з найкращими техніко-економічними показниками.

Електроприймачі I категорії - електроприймачі, перерва електропостачання яких може спричинити: небезпеку для життя людей, значний збиток народному господарству; пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства. Зі складу електроприймачів I категорії виділяється особлива група електроприймачів, безперебійна робота яких необхідна для безаварійного зупину виробництва з метою запобігання загрозі життю людей, вибухам, пожежам і пошкодженням дорогого основного обладнання.

Електроприймачі I категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох взаєморезервуючих джерел живлення, і перерва їх електропостачання при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення може бути лише на час автоматичного відновлення живлення (на час спрацювання схеми АВР - автоматичного ввікнення резерва) для електропостачання особливої групи електроприймачів I категорії має передбачатися додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервуючого джерела живлення. Як третє незалежне джерело живлення для особливої групи електроприймачів і як друге незалежне джерело живлення для решти електроприймачів I категорії можуть бути використані місцеві електростанції, електростанції енергосистем (зокрема, шини генераторної напруги), спеціальні агрегати безперебійного живлення, акумуляторні батареї тощо.

Якщо резервуванням електропостачання не можна забезпечити необхідної безперервності технологічного або якщо резервування електропостачання економічно недоцільно, має бути здійснено технологічне резервування, наприклад, шляхом установавання взаєморезервуючих технологічних агрегатів, спеціальних пристроїв безаварійного зупину технологічного процесу, що діють при порушенні електропостачання. Електропостачання електроприймачів I категорії з особливо складним безперервним технологічним процесом, що потребує тривалого часу на відновлення робочого режиму, за наявності техніко-економічних обґрунтувань рекомендується здійснювати від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення, до яких висуваються додаткові вимоги, що визначаються особливостями технологічного процесу.

Електроприймачі II категорії - електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовипуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту,

порушення нормальної діяльності значної кількості міських та сільських жителів.

Електроприймачі II категорії рекомендується забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Для приймачів II категорії при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допустимі перерви електропостачання на певний час, необхідний для вмикання резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

Допускається живлення електроприймачів II категорії по одній ПЛ, у тому числі з кабельною вставкою, якою забезпечено можливість проведення аварійного ремонту цієї лінії за час не більше 1 доби, кабельні вставки цієї лінії повинні виконуватися двома кабелями, кожен з яких вибирається за найбільшим тривалим струмом ПЛ. Допускається живлення електроприймачів II категорії по одній кабельній лінії, що складається не менше ніж з двох кабелів, приєднаних до одного загального апарата.

За наявності централізованого резерву трансформаторів і можливості заміни пошкодженого трансформатора за час не більше 1 доби допускається живлення електроприймачів II категорії від одного трансформатора.

Електроприймачі III категорії - решта електроприймачів, що не підпадають під визначення I та II категорії.

Для приймачів III категорії електропостачання може виконуватися від одного джерела живлення за умови, що перерви електропостачання, необхідні для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищують однієї доби.

Живлення забезпечується від двох незалежних джерел. Перерва в електропостачанні цієї категорії допускається на час вмикання живлення черговим персоналом, або виїзною оперативною бригадою. Допускається живлення від одного трансформатора, перерва в електропостачанні не повинна бути більшою за одну добу.

Підприємство живиться електричною енергією змінного струму промислової частоти 50 Гц., від двох окремих понижуючих підстанцій на підприємство надходять кабельна лінія напругою 10 кВ. На території підприємства розташована трансформаторна підстанція. На підприємстві використовується напруга 380В і 220В. Споживачами електричної енергії в цеху являються в першу чергу двигуни змінного струму які встановлені на виробничих верстатах.





Вся схема електропостачання підприємства починається з подачі електроенергії від найближчої понижувальної підстанції. Як правило, в більшості випадків на підприємство надходить високовольтна лінія з напругою 6-10кВ. Залежно від потреби в резервному живленні, таких ліній роблять дві, незалежні одна від одної. У разі знеструмлення однієї з них, автоматично переходять на резервну лінію за допомогою АВР (автоматичне введення резерву).

Сама ж підстанція: три основні блоки. Це блок вводу з напругою в 6-10кВ (шафа ВВ-1 ... ВВ-3 і ШВВ-3), наступний і мабуть самий основний це блок трансформатора (ТМ і ТСЗ) і останній блок, розподільного пристрою на напругу 0, 4кВ (шафа КБ-1 ... КБ-4, КН-1 ... КН-6, ШНЛ, ШНВ, ШНС). З таких основних частин, що поставляються виробником, на території підприємства збирається підстанція. Тут не враховані додаткові шафи і системи, що можуть ставитися за потребою.

Для контролю за роботою самих трансформаторів і відповідного обліку електроенергії, включаються такі вимірювальні прилади: вольтметр, амперметр, розрахункові та контрольні лічильники як активної, так і реактивної енергії за допомогою вимірювальних трансформаторів. Розрахункові електролічильники зазвичай встановлюються на самому введенні в підстанцію, на високій напрузі підстанції і на низькій напрузі трансформатора. Контрольні лічильники як правило часто включаються тільки на нижчу напругу трансформатора.

І так, високовольтна лінія підводиться до першого блоку вводу, його основне завдання прийняти живлення і передати його в трансформатор. У нього можуть входити вимикачі навантаження з дистанційним або ручним відключенням, захист від перенапруги, пристрій обліку енергії по високій стороні, розчіплювачі, запобіжники. Комплектація залежить від самої потреби.

З ввідного блоку живильна висока напруга подається в силовий трансформатор, де знижується до значення 0,4кВ. Від потреби в резерві, таких трансформаторів може бути два. Далі знижена напруга переходить в блок - розподільного пристрою. Завдання даного модуля полягає в розподіленні електроенергії на необхідні навантаження. Воно являє собою шафу з осередками, в кожній з яких є секційний вимикач і клеми для під'єднання кабелю. При підключенні великого навантаження, її підключають на окрему секцію РП.

У разі, коли ж потрібно жити, наприклад, окрему ділянку з безліччю дрібних навантажень, роблять так: на необхідній ділянці ставиться розподільний щит, який і з'єднується кабелем певного перерізу з однією з



осередків на підстанції. Крім осередків в розподільчому пристрої можуть, встановлюється лічильники електроенергії по низькій стороні, вольтметри, амперметри, їх підсвічування, а так само додаткові елементи захисту і автоматики.

До електропідстанції повинні підключатися системи компенсації реактивної потужності. Ця система являє собою окремих щит, в якому встановлений комплект конденсаторних батарей і в залежності, від величини реактивної складової, автоматично підключаються до лінії певну кількість ємностей. У ній є як автоматичний режим роботи, так і ручний.

Ці всі основні блоки знаходяться в одному спеціально відведеному приміщенні, під назвою КТП. Це і є місце, з якого і здійснюється живлення всього промислового підприємства. З КТП виходять силові кабелі, які йдуть на всі ділянки виробництва, що вимагають заживлення. Залежно від різновиду і характеру приймачів електроенергії, існує кілька способів або схем живлення. Це радіальний, магістральний, кільцевої і змішаний. І коротко тепер про кожен з них.

Радіальним називається схема харчування, при якому відбувається запитка електроприймача без додаткових відгалужень на інші навантаження. Зазвичай він застосовується при харчуванні потужних споживачів, таких як насосна, котельня, компресорна і так далі. На відміну від радіальної схеми, магістральна навпаки розгалужується, тим самим роблячи одночасне харчування декількох навантажень безпосередньо з одного місця підключення (в нашому випадку з певною осередки на комплектні трансформаторні підстанції).

По самій назві, думаю ясно, що кільцева схема проводиться шляхом замикання всієї схеми в кільце і тим самим дозволяє, підвищить надійність. У разі, коли відбудеться розрив в одне місці кільця, знеструмлення не відбудеться, оскільки обрив не вплине на електропостачання, за винятком обриву лінії живить саме це кільце з навантаженнями.

Ну і змішана об'єднує всі переваги ці трьох схем для загальної надійності і зручності електроживлення всього підприємства. Це мабуть і все, що стосується теми: Загальна схема електропостачання підприємства.

P.S. : При розумінні загальної схеми роботи електропостачання підприємства, полегшується завдання з ремонту та обслуговування всієї системи електоснабженіє в цілому, що в підсумку дозволяє набагато швидше усувати несправність і відновлювати працездатність, що дуже важливо.

#### 4 Хід роботи:

- 4.1. Визначити категорію електропостачання згідно ПУЕ.
- 4.2. Вибрати схему електропостачання підприємства, цеху та ділянки.
- 4.3. Накреслити попередню схему електропостачання підприємства, цеху та ділянки.

#### 5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Охарактеризувати принципи побудови схеми електропостачання.
- 6.2. Які споживачі відносяться до I категорії електропостачання зв ПУЕ?
- 6.3. Які споживачі відносяться до II категорії електропостачання зв ПУЕ?
- 6.4. Які споживачі відносяться до III категорії електропостачання зв ПУЕ?
- 6.5. Принцип побудови магістральної схеми?
- 6.6. Принцип побудови радіальної схеми?
- 6.7. Принцип побудови змішаної схеми?

Література

19. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981
20. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Высшая школа, 1982

### **Інструкція для виконання практичної роботи №9**

Тема: Розрахунок електричних навантажень підприємства (цеху)

1 Мета: Вміти виконати розрахунок потужності цеху методом упорядкованих діаграм, розрахувати провідники за допустимим струмом навантаження та вибрати перерізи провідників.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

3 Теоретичні відомості:

Розрахунок потужності цеху проводиться методом упорядкованих діаграм, аналогічно розрахунку при виборі розподільчих шаф. Електропостачання від трансформаторних підстанцій до розподільчих шаф передається шинопроводами, кабелями, вибраними за розрахунковим струмом відповідних навантажень.

Першим етапом проектування систем електропостачання є визначення електричних навантажень.

Розрізняють наступні види навантажень: активну потужність  $P$ , реактивну потужність  $Q$ , повну потужність  $S$  і струм  $I$ .

При розрахунках електричних навантажень застосовують різні коефіцієнти графіків навантаження, які характеризують режими роботи споживачів електроенергії за потужністю або в часі.

Коефіцієнт попиту – це відношення розрахункової (в умовах проектування) або спожитої (в умовах експлуатації) активної потужності до номінальної (установленої),  $K_{\Pi}$

$$K_{\Pi} = \frac{P_{\text{розр.}}}{P_{\text{ном.}}} \quad (2.34)$$

Для визначення розрахункової активної потужності користуються формулою  $P_{\text{розр.}}$ , кВт

$$P_{\text{розр.}} = \sum_1^n K_{\Pi} \cdot P_{\text{ном.}} \quad (2.35)$$

Реактивна потужність знаходиться за формулою  $Q$ , кВар

$$Q = \sum_1^n P_{\text{розр.}} \cdot \tan \varphi \quad (2.36)$$

Повна потужність, яка споживається всіма електроустановками  $S$ , кВА

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.37)$$

Метод упорядкованих діаграм

Цей метод є основним при визначенні розрахункових навантажень систем електропостачання.

Розрахункова потужність визначається за формулою  $P_{\text{розр.}}$ , кВт

$$P_{\text{розр.}} = K_{\text{мах}} \cdot K_{\text{в}} \cdot P_{\text{н.уст.}} \quad (2.38)$$

де  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання, це відношення середньої активної потужності  $P_{\text{зм.}}$  за найбільш завантажену зміну до номінальної установленної потужності;

$\kappa_{\max}$  – коефіцієнт максимуму, це відношення розрахункового максимуму активної потужності навантаження групи струмоприймачів до середньої потужності навантаження, за найбільш завантажену зміну. Вибирається за таблицями.

Коефіцієнт максимуму  $\kappa_{\max}$  залежить від коефіцієнту використання  $\kappa_{\text{в}}$  і ефективного числа струмоприймачів,  $n_{\text{ф}}$ . Ефективна кількість групи струмоприймачів, приєднаних до одного вузла (розподільча шафа підстанції, силова розподільча шафа, магістральний шинопровід) визначається в залежності від показника цього вузла  $m$ , кількості споживачів  $n$ , середнього коефіцієнту використання  $\kappa_{\text{в}}$ . Показник  $m$  – це відношення номінальної потужності найбільшого споживача до номінальної потужності найменшого споживача. Ефективна кількість знаходиться за різними формулами в залежності від значень  $\kappa_{\text{в}}$ ,  $m$ ,  $n$  і постійності навантаження.

При  $n \leq 5$ ,  $\kappa_{\text{в}} \geq 0,2$  і  $m > 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = \frac{(\sum_1^n P_{\text{ном.}})^2}{\sum_1^n P_{\text{ном.}}^2} \quad (2.39)$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_{\text{в}} > 0,2$  і  $m > 3$ ,  $P = \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = n \quad (2.40)$$

При  $n > 5$ ,  $\kappa_{\text{в}} \geq 0,2$  і  $m < 3$ ,  $P \neq \text{const}$  ефективна кількість

$$n_{\text{еф}} = n \quad (2.41)$$

При  $n > 5$ ,  $\kappa_{\text{в}} < 0,2$  і  $m < 3$ ,  $P \neq \text{const}$  ефективна кількість не визначається, а максимальна активна потужність розраховується за коефіцієнтом завантаження  $\kappa_{\text{з}}$

$$P_{\text{мак}} = \kappa_{\text{з}} \cdot \sum_1^n P_{\text{ном}} \quad (2.42)$$

де  $\kappa_{\text{з}}$  - коефіцієнт завантаження струмоприймачів, що працюють у повторно-короткочасному режимі

$$\kappa_{\text{зпкр}} = 0,75$$

при тривалому режимі роботи

$$\kappa_3 = 0,9$$

при автоматичному режимі роботи

$$\kappa_3 = 1,0$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_\varepsilon \geq 0,2$  і  $m \geq 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{ном.}}}{P_{\text{ном(одного найбільшого двигуна)}}} \quad (2.43)$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_\varepsilon < 0,2$  і  $m \geq 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = n_{*\text{еф}} \cdot n \quad (2.44)$$

$$n_{*\text{еф}} = f(n_*, P_*)$$

$n_{*\text{еф}}$  - відносна ефективна кількість, визначається за таблицями

$$n_* = \frac{n'}{n}$$

де  $n_*$  - відносна кількість найбільших за потужністю електроприймачів;  
 $n'$  - кількість струмоприймачів з одиничною потужністю більшою або рівною  $\frac{P_{\text{ном.мах.}}}{2}$  (половина потужності найбільш крупного струмоприймача).

$$P_* = \frac{P_{n'}}{P_{\text{ном.}}} \quad (2.45)$$

$P_*$  - відносна потужність найбільших за потужністю електроприймачів

При  $n > 300$ ,  $\kappa_s > 0,2$  і  $m > 3$ , ефективне число  $n_{\text{еф}} = n$

При виборі проводів і кабелів напругою до 1000 В за умовами нагріву їх переріз вибирається в залежності від тривало допустимого струмового навантаження.

Переріз проводів і кабелів напругою до 1000 В вибирається за умовами нагріву в залежності від тривало-допустимого струмового навантаження. Вибір перерізу проводиться:

- за умовами нагріву тривалим розрахунковим струмом  $I_{\text{н.доп.}}$ , А

$$I_{\text{н.доп.}} \geq \frac{I_{\text{р.}}}{\kappa_1 \cdot \kappa_2}$$

- за умовами відповідності вибраному апарату максимального струмового захисту  $I_{\text{н.доп.}}$ , А

$$I_{\text{н.доп.}} \geq \frac{I_{\text{зак.}} \cdot \kappa_3}{\kappa_1 \cdot \kappa_2}$$

де  $I_{\text{р.}}$  - розрахунковий струм навантаження, А;

$I_{\text{н.доп.}}$  - тривало допустимий струм на проводи, кабелі чи шино проводи (вибирається за таблицями);

$\kappa_3$  - коефіцієнт захисту або кратність захисту;

$\kappa_1$  - поправочний коефіцієнт на умови прокладання;

$\kappa_2$  - поправочний коефіцієнт на число працюючих кабелів, що лежать поряд в землі, трубах, лотках.

Розрахунковий струм навантаження для верстатів з одним, двома чи трьома двигунами розраховується як сума номінальних струмів двигунів, якщо електроспоживачів чотири і більше розрахунковий струм знаходиться методом упорядкованих діаграм, який описаний вище.

Розподільчі шафи призначені для розподілу електроенергії, захисту електрообладнання від коротких замикань і перевантаження. Розподільчі шафи випускаються промисловістю України різноманітних модифікацій, ступенем захисту від оточуючого середовища з різними захисними апаратами. При виборі шаф перевагу необхідно віддавати новим вітчизняним видам серії ПР (з автоматичними вимикачами на фідерах і вводах), та типу ШР-11, СПМ-74, СП-62-У з запобіжниками на фідерах та рубильниками на вводах. Автоматичні вимикачі і запобіжники повинні відповідати розрахунковому струму на кабелі, який вони захищають.



n <sub>e</sub>	Коефіцієнт використання K <sub>в</sub>								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження K<sub>p</sub> на шинах НН цехових трансформаторів і для магістральних шинопроводів напругою до 1 кВ

n <sub>e</sub>	Коефіцієнт використання K <sub>в</sub>							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10 - 25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25 - 50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
Більше 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Таблиця 3. Значення коефіцієнтів одночасності K<sub>о</sub> для визначення розрахункового навантаження на шинах 6 (10) кВ РП і ГПП

Средньозважений K <sub>в</sub>	Число приєднань 6 (10) кВ на збірних шинах РП, ГПП			
	2-4	5-8	9-25	Більше 25
K <sub>и</sub> < 0,3	0,9	0,8	0,75	0,7
0,3 < K <sub>и</sub> < 0,5	0,95	0,9	0,85	0,8
0,5 < K <sub>и</sub> < 0,8	1,0	0,95	0,9	0,85
K <sub>и</sub> > 0,8	1,0	1,0	0,95	0,9

#### 4 Хід роботи:

- 4.1. Визначити коефіцієнт використання устаткування.
- 4.2. за таблицями відповідно до коефіцієнта використання устаткування та ефективного числа споживачів знайти коефіцієнт максимуму.
- 4.3. Розрахувати активну потужність споживачів.
- 4.4. Розрахувати реактивну потужність споживачів.
- 4.5. Розрахувати повну потужність споживачів.
- 4.6. Переріз проводів і кабелів напругою до 1000 В вибрати за умовами нагріву в залежності від тривало-допустимого струмового навантаження.
- 4.7. Скласти звіт.



## 5 Висновки.

### 6 Контрольні питання:

- 6.1. Що таке коефіцієнт використання устаткування?
- 6.2. Як вибрати коефіцієнт максимуму?
- 6.3. Що входить в розрахункову активну складову?
- 6.4. Запишіть формулу для розрахунку реактивної потужності споживачів.
- 6.5. Запишіть формулу для розрахунку номінального струму споживачів.

### Література

21. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982
22. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989
23. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987
24. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

## **Інструкція для виконання практичної роботи №10**

Тема: Вибір числа, потужності і типу силових трансформаторів

1 Мета: Вміти розрахувати потужність силових трансформаторів, вибрати їх число і тип.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1. Підручники.
- 2.2. Плакати.

3 Теоретичні відомості:

У цехах при наявності в них електроспоживачів 1-ї категорії надійності або важливих електроприймачів 2-ї категорії надійності при дво- і тризмінній роботі встановлюються двотрансформаторні підстанції. Якщо між підстанціями виконані перемички, що резервуються, при напругах до 1000 В і в цеху мається не більш 20% навантаження електроспоживачів 1-ї категорії, то можливе застосування однострансформаторних підстанцій із пристроєм на перемичках системи АВР.

Встановлення одного трансформатора на трансформаторних підстанціях вибирається для живлення електроспоживачів 2-ї або 3-ї категорій надійності при наявності складського резерву.

Потужність силового трансформатора вибирається виходячи із середнього і максимального навантажень цехової трансформаторної підстанції і компенсації реактивної потужності при напрузі 380 В для нормального й аварійного режимів.

На двохтрансформаторних підстанціях обидва трансформатори повинні в нормальному режимі нести повне навантаження; при виході з ладу одного трансформатора інший повинен приймати на себе все навантаження підстанції, або з відключенням усіх споживачів 3-ї і частини споживачів 2-ї категорії надійності з урахуванням допустимого перевантаження до 40 % понад номінальну потужність, при коефіцієнті заповнення графіка навантаження не більш 0,75.

У нормальному режимі роботи коефіцієнт завантаження трансформатора приймається: при наявності електроспоживачів 1-ї категорії надійності -  $0,65 \div 0,7$ ; 2-ї категорії -  $0,7 \div 0,8$ ; 3-ї категорії -  $0,94 \div 0,95$ .

З урахуванням допустимого перевантаження

$$S_{cp} \leq 1,05S_n. \quad (2.49)$$

*Приклад 2.4.* Вибрати потужність трансформаторів для живлення електроспоживачів 1-ї і 2-ї категорій надійності при розрахунковій потужності  $S_m = 830$  кВ • А, тривалості навантаження 4 год. і середньому навантаженню  $S_{cp} = 570$  кВ • А.

Розв'язок. Для живлення споживачів приймаємо два трансформатори по 630 кВ • А.

При аварійному режимі (робота одного трансформатора) перевантаження складе  $(S_m - S_n)/S_n = (830 - 630)/630 \cdot 100 = 32$  %, що менше допустимого (40%).

Маємо  $S_{cp} = 570$  кВ • А  $< 1,05S_n = 1,05 \cdot 630 = 660$  кВ • А при коефіцієнті заповнення графіка навантаження  $570/830 = 0,69 < 0,75$ .

Трансформатор для КТП - сухий чи масляний?



Частка понижуючих сухих трансформаторів в розподільних, заводських електромережах, у споживчих трансформаторних підстанціях поступово зростає. Наскільки переваги сухих трансформаторів незаперечні для цих застосувань і чи означає це що ера розподільних маслонаповнених силових трансформаторів на 6, 10, 20 кВ добігає кінця?

Підвищений інтерес до сухого типу обладнання відбувається по ряду причин, головна з яких - безпека. КТП з сухим трансформатором застосовуються в місцях з підвищеними вимогами до пожежної та екологічної безпеки, таких як територія навчального закладу або паркова зона. Підстанції з трансформатором сухого типу також можна використовувати прямо у виробничому цеху або на поверховому перекритті житлового будови, так як вони відповідають всім вимогам пожежної безпеки. Відсутність в їх конструкції пожежонебезпечних рідин значно знижує ймовірність виникнення вогню в разі короткого замикання або пошкодження обладнання.

Однак, з іншого боку, будь-який трансформатор являє собою обладнання підвищеної небезпеки. Тому конструкція КТП повинна виключати проникнення будь-яких живих істот до трансформатора. Це здійснюється встановленням обладнання в ізолюваному відсіку, доступ до якого мають лише фахівці відповідної кваліфікації. Висновки високої та низької напруги зовні виконані абсолютно недоступними, ретельно заізолювані, що забезпечує захист від ураження електричним струмом. Як показала практика, сухі трансформатори вимагають застосування більш ретельних захисних конструкцій, так як ураження струмом може статися від випадкового дотику до поверхні литої обмотки трансформатора. Тому при відсутньому огорожі небезпека ураження струмом у трансформатора сухого типу кілька вище, ніж у масляного, обмотки якого розташовані в герметичній ємності.

Як відомо, будь-яка енергоустановка вимагає підвищеної уваги і періодично потребує огляду і обслуговуванні. Деякі виробники стверджують, що КТП сухого типу практично не потребує технічного обслуговування, відсутні. Відомо, що найбільш головною частиною обслуговування електроустаткування є плановий огляд, періодичність якого залежить від місцевих кліматичних умов. Як правило, огляд подібного обладнання проводиться не рідше одного разу на квартал. Тому якщо порівняти типові картки огляду КТП з трансформаторами сухого і масляного типів, то стає очевидним факт практичної відсутності відмінності в обсязі виконуваних робіт. У разі установки на КТП трансформатора сухого типу з обсягу робіт виключаються лише невелика частина пунктів. В іншому процес технічного обслуговування обладнання даних різновидів практично не має відмінностей.

Отгоранія в місці з'єднання введення з ошиновкой, внаслідок погіршення його контактних властивостей - досить часта причина виходу силових трансформаторів з ладу. Це відбувається незалежно від типу застосовуваного трансформатора. І сухий, і масляний трансформатор потребують ретельного догляду за струмовідводами. Висновки високої та низької напруги є найуразливішими деталями будь-якого трансформатора. У випадку з масляним трансформатором, перегрів токоз'ємного контакту може викликати руйнування керамічного ізолятора або розгерметизацію масляного бака і подальший вихід обладнання з ладу. Як правило, цей процес відбувається в солідний проміжок часу і при своєчасному огляді можна уникнути таких жалюгідних наслідків. Масло є хорошим теплоотводом і ефективно відводить тепло із зони ураження. Пошкодження такого трансформатора добре помітні при огляді, що дозволяє вчасно запобігти руйнуванню устаткування.

У сухому ж трансформаторі перегрів токоотвода практично відразу призводить до виходу обмоток з ладу. Це відбувається через погане відведення тепла з проблемної зони. Навіть застосування спеціальних струмознімання, що мають великий запас потужності не завжди допомагає вирішити проблему. Тому трансформатори сухого типу вимагають дуже ретельного контролю та догляду за токоотводящий роз'ємами.

При виробництві монолітних обмоток сухих трансформаторів застосовують технологію глибокого вакууму. Однак тепловий коефіцієнт розширення матеріалу обмоток відрізняється від коефіцієнта розширення матеріалу литий ізоляції. Метал, як відомо сильніше розширюється при нагріванні, ніж ізолюючий наповнювач обмотки. При нагріванні в процесі експлуатації це може привести до появи мікротріщин. Дану проблему не вдається вирішити навіть застосування новітніх матеріалів і технологій.

Особливо це актуально для сухих трансформаторів великих потужностей. Що ж небезпечного в цих мікротріщинах?

В умовах високої напруги опір на ділянці мікротріщини виявляється мало, що призводить до виникнення так званого тліючого розряду. Далі процес йде по наростаючій, переходячи в межвиткове і міжшарове замикання. Підсумком маленької тріщини стає повне вигорання силовий обмотки і знеструмлення живиться лінії.

На жаль, на стадії виробництва трансформатора практично неможливо виявити наявність мікротріщин в литій обмотці. Поява пошкоджень і тліючих розрядів відбувається без видимих причин. Процес триває місяцями, причому більша частина ККД трансформатора витрачається на нагрів пошкодженої обмотки. Навіть самі ретельні дослідження монолітних обмоток спеціальними приладами не завжди дозволяють виявити мікротріщини.

Масляні трансформатори практично не схильні до цього виду ушкоджень. Виробництво обмоток сучасних масляних трансформаторів виключає наявність бульбашок повітря в інертній рідині. Вакуумирование при заповненні ємності маслом дозволяє уникнути появи тліючих розрядів в процесі експлуатації трансформатора. Масло є відмінним теплоотводом, що також запобігає межвитковим і міжшаровим замиканням.

Сухі трансформатори більш вимогливі до умов експлуатації, ніж масляні. Порушення температурного режиму загрожує появою дефектів ізоляції. Також необхідно строго дотримуватися температурного режиму і при зберіганні сухих трансформаторів. Зважаючи на більшу уразливість до несприятливих зовнішніх впливів не допускається зберігання і експлуатація даного обладнання в умовах крайньої півночі. Нижній температурний межі сухих трансформаторів дорівнює 25 градусів нижче нуля.

При виборі типу КТП необхідно враховувати всі нюанси. Тільки грамотний підхід до справи дозволить уникнути неприємностей при експлуатації комплектних трансформаторних підстанцій.

На закінчення необхідно сказати, що в кожному конкретному випадку необхідно враховувати реальні умови експлуатації обладнання, що забезпечить більш повне відображення порівнюваних техніко-економічних показників і оптимальний його вибір.

4 Хід роботи:

4.1. Вибрати кількість трансформаторів для живлення електроспоживачів 1-ї, 2-ї і 3-ї категорій надійності.

4.2. Розрахувати потужність трансформаторів для живлення електроспоживачів 1-ї і 2-ї категорій надійності в нормальному режимі.

4.3. Розрахувати потужність трансформаторів для живлення електроспоживачів 1-ї і 2-ї категорій надійності в аварійному режимі.

4.4. Вибрати тип трансформатора (трансформаторної підстанції).

4.7. Скласти звіт.

5 Висновки.

6 Контрольні питання:

6.1. Як вибрати кількість трансформаторів в залежності від категорій надійності?

6.2. Як розрахувати потужність трансформаторів?

6.3. Як перевірити потужність трансформаторів в аварійному режимі?

6.4. Переваги та недоліки масляних трансформаторів.

6.5. Переваги та недоліки сухих трансформаторів.

Література

25. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982

26. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989

27. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987

28. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

### **Інструкція для виконання практичної роботи №10**

Тема: Розрахунок мережі низької напруги (НН) цеху

1 Мета: Вміти розрахувати мережу низької напруги (НН) цеху.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

3 Теоретичні відомості:

Першим етапом проектування систем електропостачання є визначення електричних навантажень.

Розрізняють наступні види навантажень: активну потужність  $P$ , реактивну потужність  $Q$ , повну потужність  $S$  і струм  $I$ .

При розрахунках електричних навантажень застосовують різні коефіцієнти графіків навантаження, які характеризують режими роботи споживачів електроенергії за потужністю або в часі.

Коефіцієнт попиту – це відношення розрахункової (в умовах проектування) або спожитої (в умовах експлуатації) активної потужності до номінальної (установленої),  $K_{п}$

$$K_{п} = \frac{P_{розр.}}{P_{ном.}} \quad (2.34)$$

Для визначення розрахункової активної потужності користуються формулою  $P_{розр.}$ , кВт

$$P_{розр.} = \sum_1^n K_{п} \cdot P_{ном.} \quad (2.35)$$

Реактивна потужність знаходиться за формулою  $Q$ , кВар

$$Q = \sum_1^n P_{роз.} \cdot \tan \varphi \quad (2.36)$$

Повна потужність, яка споживається всіма електроустановками  $S$ , кВА

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.37)$$

Метод упорядкованих діаграм

Цей метод є основним при визначенні розрахункових навантажень систем електропостачання.

Розрахункова потужність визначається за формулою  $P_{розр.}$ , кВт

$$P_{розр.} = K_{max} \cdot K_{в} \cdot P_{н.уст.} \quad (2.38)$$

де  $\kappa_b$  – коефіцієнт використання, це відношення середньої активної потужності  $P_{зм.}$  за найбільш завантажену зміну до номінальної установленної потужності;

$\kappa_{max}$  – коефіцієнт максимуму, це відношення розрахункового максимуму активної потужності навантаження групи струмоприймачів до середньої потужності навантаження, за найбільш завантажену зміну. Вибирається за таблицями.

Коефіцієнт максимуму  $\kappa_{max}$  залежить від коефіцієнту використання  $\kappa_b$  і ефективного числа струмоприймачів,  $n_{\phi}$ . Ефективна кількість групи струмоприймачів, приєднаних до одного вузла (розподільча шафа підстанції, силова розподільча шафа, магістральний шинопровід) визначається в залежності від показника цього вузла  $m$ , кількості споживачів  $n$ , середнього коефіцієнту використання  $\kappa_b$ . Показник  $m$  – це відношення номінальної потужності найбільшого споживача до номінальної потужності найменшого споживача. Ефективна кількість знаходиться за різними формулами в залежності від значень  $\kappa_b$ ,  $m$ ,  $n$  і постійності навантаження.

При  $n \leq 5$ ,  $\kappa_s \geq 0,2$  і  $m > 3$ ,  $P \neq const$

$$n_{\text{еф}} = \frac{(\sum_1^n P_{\text{ном.}})^2}{\sum_1^n P_{\text{ном.}}^2} \quad (2.39)$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_s > 0,2$  і  $m > 3$ ,  $P = const$

$$n_{\text{еф}} = n \quad (2.40)$$

При  $n > 5$ ,  $\kappa_s \geq 0,2$  і  $m < 3$ ,  $P \neq const$  ефективна кількість

$$n_{\text{еф}} = n \quad (2.41)$$

При  $n > 5$ ,  $\kappa_s < 0,2$  і  $m < 3$ ,  $P \neq const$  ефективна кількість не визначається, а максимальна активна потужність розраховується за коефіцієнтом завантаження  $\kappa_3$

$$P_{\text{мак}} = \kappa_3 \cdot \sum_1^n P_{\text{ном}} \quad (2.42)$$



де  $\kappa_3$  - коефіцієнт завантаження струмоприймачів, що працюють у повторно-короткочасному режимі

$$\kappa_{зпкр} = 0,75$$

при тривалому режимі роботи

$$\kappa_3 = 0,9$$

при автоматичному режимі роботи

$$\kappa_3 = 1,0$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_\varepsilon \geq 0,2$  і  $m \geq 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{ном.}}}{P_{\text{ном.}}(\text{одного найбільшого двигуна})}. \quad (2.43)$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_\varepsilon < 0,2$  і  $m \geq 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = n_{*\text{еф}} \cdot n \quad (2.44)$$

$$n_{*\text{еф}} = f(n_*; P_*)$$

$n_{*\text{еф}}$  - відносна ефективна кількість, визначається за таблицями

$$n_* = \frac{n'}{n}$$

де  $n_*$  - відносна кількість найбільших за потужністю електроприймачів;  
 $n'$  - кількість струмоприймачів з одиничною потужністю більшою або рівною  $\frac{P_{\text{ном.мак.}}}{2}$  (половина потужності найбільш крупного струмоприймача).

$$P_* = \frac{P_{n'}}{P_{\text{ном.}}} \quad (2.45)$$

$P^*$  - відносна потужність найбільших за потужністю електроприймачів

При  $n > 300$ ,  $\kappa_s > 0,2$  і  $m > 3$ , ефективне число  $n_{\text{еф}} = n$

При виборі проводів і кабелів напругою до 1000 В за умовами нагріву їх переріз вибирається в залежності від тривало допустимого струмового навантаження.

Переріз проводів і кабелів напругою до 1000 В вибирається за умовами нагріву в залежності від тривало-допустимого струмового навантаження. Вибір перерізу проводиться:

- за умовами нагріву тривалим розрахунковим струмом  $I_{\text{н.доп.}}$ , А

$$I_{\text{н.доп.}} \geq \frac{I_{\text{р.}}}{\kappa_1 \cdot \kappa_2},$$

- за умовами відповідності вибраному апарату максимального струмового захисту  $I_{\text{н.доп.}}$ , А

$$I_{\text{н.доп.}} \geq \frac{I_{\text{зах.}} \cdot \kappa_3}{\kappa_1 \cdot \kappa_2},$$

де  $I_{\text{р.}}$  - розрахунковий струм навантаження, А;

$I_{\text{н.доп.}}$  - тривало допустимий струм на проводи, кабелі чи шино проводи (вибирається за таблицями);

$\kappa_3$  - коефіцієнт захисту або кратність захисту;

$\kappa_1$  - поправочний коефіцієнт на умови прокладання;

$\kappa_2$  - поправочний коефіцієнт на число працюючих кабелів, що лежать поряд в землі, трубах, лотках.

Розрахунковий струм навантаження для верстатів з одним, двома чи трьома двигунами розраховується як сума номінальних струмів двигунів, якщо електроспоживачів чотири і більше розрахунковий струм знаходиться методом упорядкованих діаграм, який описаний вище.

Розподільчі шафи призначені для розподілу електроенергії, захисту електрообладнання від коротких замикань і перевантаження. Розподільчі шафи випускаються промисловістю України різноманітних модифікацій, ступенем захисту від оточуючого середовища з різними захисними апаратами. При виборі шаф перевагу необхідно віддавати новим вітчизняним видам серії ПР (з автоматичними вимикачами на фідерах і вводах), та типу ШР-11, СПМ-74,

СП-62-У з запобіжниками на фідерах та рубильниками на вводах. Автоматичні вимикачі і запобіжники повинні відповідати розрахунковому струму на кабелі, який вони захищають.

## **2.10 Розрахунок електричних навантажень цеху, компенсація реактивної потужності, вибір кількості і потужності трансформаторів підстанції**

Розрахунок потужності цеху проводиться методом упорядкованих діаграм, аналогічно розрахунку при виборі розподільчих шаф. Електропостачання від трансформаторних підстанцій до розподільчих шаф передається шинопроводами, кабелями, вибраними за розрахунковим струмом відповідних навантажень.

### **Компенсація реактивної потужності**

Засобами компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах можуть бути синхронні двигуни (СД) і батареї статичних конденсаторів (БК).

Компенсація при напрузі 6 (10) кВ може виконуватися синхронними двигунами і БК, а при напрузі 0,38 (0,66) кВ тільки БК.

Економічно доцільно використовувати реактивну потужність при напрузі 6 (10) кВ, передаючи її в мережу 0,38 (0,66) кВ, якщо це не викликає збільшення потужності або кількості трансформаторів на цеховій трансформаторній підстанції.

Встановлення конденсаторних батарей в мережах напругою до 1000 В дозволяє знизити потужність трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій або зменшити навантаження живлячих ліній, підключаючи конденсаторних батарей до шинопроводів або силових розподільчих пунктів.

Потужність, яку необхідно компенсувати,  $Q_k$  кВар

$$Q_k = P_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_m - Q_c \quad (2.46)$$

Значення максимального навантаження  $P_m$  і коефіцієнта  $\operatorname{tg} \varphi_m$  встановлюються в результаті розрахунку електричних навантажень. Величина  $Q_c$  - найбільша реактивна потужність, що може бути передана в мережу підприємства з мережі енергосистеми в період максимуму активних навантажень енергосистеми, задається енергосистемою з обліком  $\operatorname{tg} \varphi_c$ . Значення

коефіцієнта реактивної потужності енергосистеми  $\text{tg } \varphi_c$  при напрузі 6 (10) кВ складають 0,48-0,39.

Таблиця 2.8 - Значення  $\alpha_m$  коефіцієнту завантаження  $\alpha_m$

Серія двигуна	Відносне напруження	При коефіцієнті завантаження		
		0,9	0,85	0,8
СДН 6(10) кВ при всіх частотах обертання	0,95	1,31	0,39	1,45
	1,00	1,21	0,27	1,33
	1,05	1,06	0,12	1,17
СТД 6 (10) кВ при частоті обертання 3000 хв <sup>-1</sup>	0,95	1,16	0,26	1,36
	1,00	1,15	0,24	1,32
	1,05	1,1	1,18	1,25

Реактивна потужність генерується синхронними двигунами, визначається нормальними параметрами двигуна  $P_n, \text{tg } \varphi_n, \eta_n$  і коефіцієнтом його завантажень  $\alpha_n$ :

Реактивна потужність  $Q_{cd}, \text{кВар}$

$$Q_{cd} = (\alpha_n P_n \text{tg } \varphi_n) / \eta_n \quad (2.47)$$

Значення коефіцієнта завантаження синхронних двигунів приведені в табл. 2.1 [12]

Потужність, яку можна передати з мережі напругою 10 кВ у мережу з напругою до 1000 В без збільшення числа потужності силових трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій,

Реактивна потужність  $Q_c, \text{кВар}$

$$Q_c = \sqrt{(n\beta S_n)^2 - P_m^2}, \quad (2.48)$$

де  $n$  – кількість трансформаторів цехової трансформаторних підстанцій;  
 $S_n$  – номінальна потужність, кВ·А;  
 $\beta$  – коефіцієнт завантаження;

$P_m$  - розрахункове навантаження при напрузі 380 В.

Номінальна потужність батарей  $Q_{BK}$  повинна бути близька до розрахункової потужності  $Q_m$  вузла живлення, до якого підключаються БК. Розрахункове реактивне навантаження після підключення БК складає  $Q_m - Q_{BK}$ .

Типи і параметри конденсаторних установок приведені в довідниках.

#### 4 Хід роботи:

- 4.1. Визначити коефіцієнт використання устаткування.
- 4.2. За таблицями відповідно до коефіцієнта використання устаткування та ефективного числа споживачів знайти коефіцієнт максимуму.
- 4.3. Розрахувати активну потужність споживачів.
- 4.4. Розрахувати реактивну потужність споживачів.
- 4.5. Розрахувати повну потужність споживачів.
- 4.6. Переріз проводів і кабелів напругою до 1000 В вибрати за умовами нагріву в залежності від тривало-допустимого струмового навантаження.
- 4.7. Скласти звіт.

#### 5 Висновки.

##### 6 Контрольні питання:

- 6.1. Що таке коефіцієнт використання устаткування?
- 6.2. Як вибрати коефіцієнт максимуму?
- 6.3. Що входить в розрахункову активну складову?
- 6.4. Запишіть формулу для розрахунку реактивної потужності споживачів.
- 6.5. Запишіть формулу для розрахунку номінального струму споживачів.

#### Література

29. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982
30. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989
31. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987
32. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

## Інструкція для виконання практичної роботи №12

Тема: Розрахунок заземлення цеху, трансформаторної підстанції

1 Мета: Вміти розрахувати заземлення цеху, трансформаторної підстанції.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Таблиці.

3 Теоретичні відомості:

### **ПУЕ. Заземлювальні пристрої електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах з глухозаземленою нейтраллю**

**1.7.91** В електроустановках з глухозаземленою нейтраллю нейтральну або середню точку чи один з виводів джерела живлення необхідно надійно приєднувати до заземлювача за допомогою заземлювального провідника.

Не допускається використовувати *PEN* (*PE*- або *N*-) провідники, які з'єднують нейтраль з розподільним щитом, як заземлювальні.

Якщо в *PEN*-провіднику, який з'єднує нейтраль джерела трифазного струму з шиною *PEN* розподільного щита напругою до 1 кВ, встановлено трансформатор струму, то заземлювальний провідник слід приєднувати не до нейтралі джерела безпосередньо, а до *PEN*-провідника і, за можливості, відразу за трансформатором струму. У такому випадку поділ *PEN*-провідника на *PE*- і *N*-провідники в системі *TN-S* слід виконувати також поза трансформатором струму. Трансформатор струму треба розташовувати якомога ближче до виводу нейтралі джерела живлення.

Виведення *PEN* або *N*- провідника від нейтралі джерела на розподільний пристрій слід здійснювати: у разі виведення фаз шинами – шиною на ізоляторах; у разі виведення фаз кабелем (проводом) – жилою кабелю (проводу).

Провідність *PEN*- або *N*- провідника від нейтралі джерела до розподільного пристрою повинна бути не меншою ніж 50 % провідності вивідного фазного провідника.

**1.7.92** Опір заземлювального пристрою, до якого приєднано нейтраль джерела живлення або виводи джерела однофазного струму, у будь-яку пору року не повинен перевищувати 2, 4 і 8 Ом відповідно для лінійних напруг 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. Цей опір необхідно забезпечувати з урахуванням використання всіх заземлювачів, приєднаних до *PEN(PE)*-провідника, якщо кількість відхідних ліній не менша двох. Опір заземлювача, до якого безпосередньо приєднують нейтраль джерела трифазного струму або виводи джерела однофазного струму, повинен бути не більшим за 15, 30 і 60 Ом відповідно для лінійних напруг 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму (див. також **1.7.96**).

**1.7.93** На кінцях повітряних ліній електропередавання як з неізолюваними, так і з самоутримними ізолюваними проводами або відгалужень від них довжиною понад 200 м слід влаштовувати повторні заземлення *PEN(PE)*-провідника зі значенням опору згідно з **1.7.95**. У першу чергу необхідно використовувати природні заземлювачі (підземні частини залізобетонних і металевих опор), а також заземлювачі, призначені для захисту від грозових перенапруг (див. главу 2.4). Зазначені повторні заземлення виконують тільки в тому разі, якщо на повітряних лініях відсутні заземлювачі, призначені для захисту від грозових перенапруг, або їх недостатньо для виконання умови, зазначеної в **1.7.95**.

Повторні заземлення *PEN*-провідника в мережах постійного струму слід влаштовувати із застосуванням окремих штучних заземлювачів. Вони не повинні мати металевих з'єднань з підземними трубопроводами.

На ввіді до електроустановки будівлі від повітряної лінії рекомендується влаштовувати повторне заземлення *PEN(PE-)*-провідника, якщо в будівлі за відсутності комунікацій водопостачання, газопостачання, металевих і

залізобетонних конструкцій не може бути здійснено основну систему зрівнювання потенціалів (**1.7.84**). У цьому разі опір заземлювача повторного заземлення  $PE(PEN)$ -провідника на ввіді в будівлю повинен бути не більшим за 30 Ом.

Спільний опір всіх заземлювачів, приєднаних до  $PEN$ - провідника кожної лінії, у тому числі природних заземлювачів, у будь-яку пору року, не повинен перевищувати 5, 10 і 20 Ом відповідно для лінійної напруги 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. Опір кожного з повторних заземлювачів повинен бути не більшим ніж 15, 30 і 60 Ом відповідно для тієї самої напруги (див. також **1.7.96**).

**1.7.96** Для питомого опору землі  $\rho > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  допускається збільшувати зазначені в **1.7.92** і **1.7.95** значення опору заземлення в  $0,01\rho$  разів, але не більше ніж в 10 разів, за винятком опору заземлювальних пристроїв і заземлювачів, що використовуються одночасно для електроустановок напругою понад 1 кВ. В останньому випадку збільшення опору можливе лише до значення, за яким виконується умова **1.7.3**, наведена в **1.7.98**.

Для електроустановок напругою вище 1000 В з великими струмами замикання на землю опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 0,5 Ом; для електроустановок напругою вище 1000В, з малими струмами замикання на землю опір заземлюючого пристрою,  $R_z$  Ом

$$R_z \leq \frac{U}{I_z} \quad (2.50)$$

де  $U$  – напруга, що приймається рівною 250В, якщо заземлюючий пристрій використовується тільки для установок напругою вище 1000В і 125В, якщо заземлюючий пристрій одночасно використовується і для установок до 1000, В.

$I_z$  – розрахунковий струм замикання на землю, А. (Приймають, що струм однофазного коротко замикання не повинно перевищувати 20А – в мережах 10кВ).

Згідно ПУЕ для електроустановок напругою до 1000В із заземленням нейтралі, опір заземлюючого пристрою, до якого приєднуються нейтраль трансформаторів, повинен бути не більше 4 Ом.



Опір стержневих заземлювачів і з'єднуючої полоси можна розрахувати зао наближеною формулою, опір заземлювача  $R_0, Ом$

$$R_0 = 0.00318 \cdot \rho \cdot K_{з.с.}, \quad (2.51)$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту, знаходиться по довідниках;

$K_{з.с.}$  – коефіцієнт сезонності для з'єднувального і стержневого заземлювача, знаходиться по таблицях.

З урахуванням екрануючого впливу опору розтікання струму стержневих і з'єднувальних заземлювачів опір всіх стержнів,  $R_{ст.}$  Ом

$$R_{ст.} = \frac{R_0}{n \cdot \eta_c}, \quad (2.52)$$

де  $n$  - число стержневих заземлювачів;

$\eta_c$  - коефіцієнт використання, знаходиться по таблицях.

Опір з'єднувальної полоси,  $R_з$  Ом

$$R_з = \quad (2.53)$$

де  $\ell$  – довжина з'єднувальної полоси см;

$t$  – глибина закладання з'єднувальної полоси в см;

$b$  – ширина з'єднувальної полоси, в см.

Дійсний опір з'єднувальної полоси з урахуванням коефіцієнту використання  $R_{з.п.}$ , Ом

$$R_{з.п.} = \frac{R_з}{\eta_c}, \quad (2.54)$$

Опір всього заземлюю чого пристрою,  $R_з.$  Ом

$$R_з. = \frac{R_{ст.} \cdot R_{з.п.}}{R_{ст.} + R_{з.п.}}, \quad (2.55)$$

Приклад розрахунку:

Щоб запобігти ураженню людини електричним струмом в першу чергу застосовують технічні засоби захисту. Захист від переходу напруги на не струмові частини обладнання за допомогою захисного заземлення і захисного вимикання.

Захисним заземленням називають навмисне гальванічне з'єднання металевих частин електроустановки з заземлюючим пристроєм.

Заземленню підлягають такі деталі та вузли:

- корпуси електричних машин, трансформаторів, вимикачів, апаратів, світильників;
- приводи електричних апаратів;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси розподільчих щитів, щитків керування, щитків, шаф;
- металеві конструкції підстанцій, корпуси кабельних муфт, обмотки кабелів, огорожі, сталеві труби електропроводки;
- металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів.

Розрахунок заземлюючого пристрою зводиться до розрахунку заземлювача, так як заземлюючі провідники в більшості випадків приймають по умовам механічної міцності та стійкості до корозії по ПУЕ.

Заземлюючий пристрій цеху з'єднаний з заземлюючим пристроєм підстанції 10/0,4кВ, тому величина опору вибирається виходячи з умов: на низькій стороні  $R < 4 \text{ Ом}$ , а на високій стороні  $R$ , Ом

$$R = \frac{125}{I} \leq 10 \text{ Ом} \quad (3.1)$$

де  $I$  – струм однофазного короткого замикання на землю

Для мережі 10кВ – струм короткого замикання не повинен перевищувати 20А [5, с13]

$$R = \frac{125}{20} = 6,25 \text{ Ом}$$

Приймаємо, що опір заземлювача не повинен перевищувати  $R \leq 4 \text{ Ом}$ .

Вихідні дані для розрахунку заземлення:

- питомий опір ґрунту – суглинок –  $\rho=1,85 \times 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ;
- коефіцієнт сезонності для кліматичної зони III, для вертикальних стержнів  $K_{MB}=1,5$ , для горизонтальних  $K_{MG}=2,3$ ;
- довжина електроду  $l=2,5$ , кутник  $50 \times 50 \text{ мм} \times \text{мм}$ ;
- відстань між електродами  $a=4 \text{ м}$ , з'єднувальна металева шина  $40 \times 5 \text{ мм}$ ;
- коефіцієнт використання  $\eta_{BB}=0,6$  для вертикальних електродів,  $\eta_{BG}=0,3$  для горизонтальних електродів.

Установка заземлювача по замкнутому контуру довжиною  $L=185 \text{ м}$ .

Опір одного електроду,  $R_{o.v}$ , Ом

$$R_{o.v} = 0,003 \cdot \rho \cdot K_M \quad (3.2)$$

$$R_{o.v} = 0,003 \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом}$$

Сумарна кількість електродів,  $N$ , шт.

$$N = \frac{L}{a} \quad (3.3)$$

$$N = \frac{185}{4} = 46 \text{ шт}$$

Сумарний опір всіх електродів,  $R_B$ , Ом

$$(3.4)$$

$$R_B = \frac{45}{46 \cdot 0,6} = 1,63 \text{ Ом}$$

Опір з'єднувальної шини з врахуванням екранування,

$$R_Z = \frac{0,366}{l_G \cdot \eta_G} \rho \cdot K_M \cdot \lg \frac{2l_G^2}{b \cdot t}, \quad (3.5)$$

де  $\rho$  – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів, Ом·см;

$l_G$  – довжина з'єднувальної смуги, см;

$b$  – ширина полки кутника, см;

t- глибина його закладення, см.

$$R_2 = \frac{0,366}{18000 \cdot 0,3} \cdot 10^4 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 18000^2}{0,5 \cdot 60} = 11,44 \text{ Ом}$$

Опір заземлювачів з врахуванням розтікання  $R_3$ , Ом

$$R_3 = \frac{(R_\beta \cdot R_\Gamma)}{(R_2 + R_\beta)}, \quad (3.6)$$

де  $R_\Gamma$ ,  $R_\beta$  - опір розтікання горизонтального і вертикального заземлювача з врахуванням коефіцієнта використання, Ом;

$$R_3 = \frac{1,63 \cdot 11,44}{11,44 + 1,63} = 1,46 \text{ Ом}$$

Що менше допустимої величини

4 Хід роботи:

- 4.1. Розрахувати опір заземлювального пристрою для ТП.
- 4.2. Розрахувати опір заземлювального пристрою на вводі в цех.
- 4.3. Розрахувати опір повторного заземлювального пристрою для мережі з глухозаземленою нейтраллю 380В.
- 4.4. Розробити план та паспорт заземлювального пристрою.

Паспорт заземлювального пристрою (приклад):

- номер ЗП;
- дата введення в експлуатацію;
- профіль і матеріал заземлювачів: кругла сталь  $\varnothing 16$ мм, довжина 3,0 м;
- профіль і матеріал з'єднуючої шини: стальна шина 40 x 4 мм;
- переріз з'єднуючої шини: 160 мм<sup>2</sup>;
- глибина залягання шин з'єднуючої шини (заземлювачів): 0,8 м;
- відстань між вертикальними електродами (план ЗП): 3,0 м;
- відстань вертикальних електродів від фундаменту будівлі: 1 м;
- опір ЗП: 5,3 Ом;
- термін профілактичних оглядів з розкриттям ґрунту (кожні 12 років);

- результати планових перевірок, вимірювань та випробувань.

Паспорт заземлювального пристрою затверджується керівником (власником) підприємства

4.5. Скласти звіт.

5 Висновки.

6 Контрольні питання:

6.1. Що таке коефіцієнт використання устаткування?

6.2. Як вибрати коефіцієнт максимуму?

6.3. Що входить в розрахункову активну складову?

6.4. Формула для розрахунку реактивної потужності споживачів.

6.5. Формула для розрахунку номінального струму споживачів.

6.6. Які типи силових пунктів ви зустрічали на практиці?

Література

33. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987

34. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

### **Інструкція для виконання практичної роботи №13**

Тема: Компенсація реактивної потужності

1 Мета: Вміти розрахувати компенсацію реактивної потужності, вибрати конденсаторно-компенсуючий пристрій.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Таблиці.

3 Теоретичні відомості:

Засобами компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах можуть бути синхронні двигуни (СД) і батареї статичних конденсаторів (БК).

Компенсація при напрузі 6 (10) кВ може виконуватися синхронними двигунами і БК, а при напрузі 0,38 (0,66) кВ тільки БК.

Економічно доцільно використовувати реактивну потужність при напрузі 6 (10) кВ, передаючи її в мережу 0,38 (0,66) кВ, якщо це не викликає

збільшення потужності або кількості трансформаторів на цеховій трансформаторній підстанції.

Встановлення конденсаторних батарей в мережах напругою до 1000 В дозволяє знизити потужність трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій або зменшити навантаження живлячих ліній, підключаючи конденсаторних батарей до шинопроводів або силових розподільчих пунктів.

Потужність, яку необхідно компенсувати,  $Q_k$  кВар

$$Q_k = P_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_m - Q_c \quad (2.46)$$

Значення максимального навантаження  $P_m$  і коефіцієнта  $\operatorname{tg} \varphi_m$  встановлюються в результаті розрахунку електричних навантажень. Величина  $Q_c$  - найбільша реактивна потужність, що може бути передана в мережу підприємства з мережі енергосистеми в період максимуму активних навантажень енергосистеми, задається енергосистемою з обліком  $\operatorname{tg} \varphi_c$ . Значення коефіцієнта реактивної потужності енергосистеми  $\operatorname{tg} \varphi_c$  при напрузі 6 (10) кВ складають 0,48-0,39.

Таблиця 2.8 - Значення  $\alpha_m$  коефіцієнту завантаження  $\alpha_m$

Серія двигуна	Відносне напруження	При коефіцієнті завантаження		
		0,9	0,85	0,8
СДН 6(10) кВ при всіх частотах обертання	0,95	1,31	0,39	1,45
	1,00	1,21	0,27	1,33
	1,05	1,06	0,12	1,17
СТД 6 (10) кВ при частоті обертання 3000 хв <sup>-1</sup>	0,95	1,16	0,26	1,36
	1,00	1,15	0,24	1,32
	1,05	1,1	1,18	1,25

Реактивна потужність генерується синхронними двигунами, визначається нормальними параметрами двигуна  $P_n \operatorname{tg} \varphi_n$ ,  $\eta_n$  і коефіцієнтом його завантажень  $\alpha_n$ :

Реактивна потужність  $Q_{cd}$ , кВар

$$Q_{cd} = (\alpha_n P_n \operatorname{tg} \varphi_n) / \eta_n \quad (2.47)$$

Значення коефіцієнта завантаження синхронних двигунів приведені в табл. 2.1 [12]

Потужність, яку можна передати з мережі напругою 10 кВ у мережу з напругою до 1000 В без збільшення числа потужності силових трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій,

Реактивна потужність  $Q_c$ , кВар

$$Q_c = \sqrt{(n\beta S_n)^2 - P_m^2}, \quad (2.48)$$

де  $n$  – кількість трансформаторів цехової трансформаторних підстанцій;

$S_n$  – номінальна потужність, кВ·А;

$\beta$  – коефіцієнт завантаження;

$P_m$  - розрахункове навантаження при напрузі 380 В.

Номінальна потужність батарей  $Q_{BK}$  повинна бути близька до розрахункової потужності  $Q_m$  вузла живлення, до якого підключаються БК. Розрахункове реактивне навантаження після підключення БК складає  $Q_m - Q_{BK}$ .

Типи і параметри конденсаторних установок приведені в довідниках.

Тип конденсаторной установки	Мощность, кВАр	Номинальный ток, А	Номинал вводного предохранителя	Минимальная ступень, кВАр	Габаритные размеры, мм
УКРМ (АКУ)-0,4-25-5	25	36,25	63	5	800x600x250
УКРМ (АКУ)-0,4-35-5	35	50,75	80	5	
УКРМ (АКУ)-0,4-45-5	45	65,25	100	5	
УКРМ (АКУ)-0,4-50-10	50	72,5	125	10	
УКРМ (АКУ)-0,4-55-10	55	79,75	125	10	
УКРМ (АКУ)-0,4-60-10	60	87	160	10	
УКРМ (АКУ)-0,4-70-10	70	101,5	160	10	1000x800x300
УКРМ (АКУ)-0,4-80-10	80	116	200	10	
УКРМ (АКУ)-0,4-90-10	90	130,5	225	10	
УКРМ (АКУ)-0,4-100-10	100	145	250	10	1400x750x240
УКРМ (АКУ)-0,4-110-10	110	159,5	250	10	
УКРМ (АКУ)-	120	174	250	20	

0,4-120-20					
УКРМ (АКУ)- 0,4-140-20	140	203	315	20	
УКРМ (АКУ)- 0,4-150-10	150	217,5	315	10	1600x700x300
УКРМ (АКУ)- 0,4-160-20	160	232	400	20	
УКРМ (АКУ)- 0,4-180-20	180	261	400	20	
УКРМ (АКУ)- 0,4-200-20	200	290	400	20	2000x800x400
УКРМ (АКУ)- 0,4-220-20	220	319	500	20	
УКРМ (АКУ)- 0,4-240-20	240	148	500	20	
УКРМ (АКУ)- 0,4-260-20	260	377	630	20	
УКРМ (АКУ)- 0,4-320-20	320	464	800	20	
УКРМ (АКУ)- 0,4-360-40	360	522	800	40	2000x1200x400
УКРМ (АКУ)- 0,4-400-40	400	580	800	40	
УКРМ (АКУ)- 0,4-520-40	520	754	1250	40	2000x1600x600
УКРМ (АКУ)- 0,4-540-60	540	783	1250	60	

#### 4 Хід роботи:

- 4.1. Вибрати значення максимального навантаження  $P_m$  і коефіцієнта  $\text{tg } \varphi_m$  встановленого в результаті розрахунку електричних навантажень.
- 4.2. Вибрати  $\text{tg} \varphi$  енергопостачальної організації.
- 4.3. Розрахувати потужність, яку необхідно компенсувати.
- 4.4. Вибрати за таблицею чи довідником компенсуючий пристрій.
- 4.5. Скласти звіт.

#### 5 Висновки.



6 Контрольні питання:

6.1. Що таке коефіцієнт потужності?

6.2. Як вибрати коефіцієнт потужності?

6.3. Що входить в розрахункову реактивну складову?

6.4. Формула для розрахунку реактивної потужності споживачів.

6.5. Які типи компенсуючих пристроїв ви зустрічали на практиці?

Література

35. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. -М: Энергоатомиздат, 1987

36. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. -М: Высшая школа, 1986

### **Інструкція для виконання практичної роботи №14**

Тема: Енергозбереження. Заходи з охорони праці та екології

1 Мета: Засвоїти питання енергозбереження, засвоїти та запропонувати заходи з охорони праці та екології

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Розглядаючи питання енергозбереження, слід враховувати, що економія енергії є важливим, хоч і не єдиним чинником, що визначає високий техніко-економічний рівень розвитку електромеханічних систем. Важливе значення має безпека роботи обслуговуючого персоналу та надійність окремих елементів і електроустановки в цілому. Цим визначається продуктивність установки, витрати на її ремонт та експлуатацію.

Правила технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок вимагають, щоб експлуатація електроустановки велась з урахуванням економічної роботи електроустановок, при достатній надійності електропостачання і електроспоживання, зниження питомих витрат і підвищення коефіцієнту потужності.

Виконання вказаних умов визначається наступним:

а) виконанням всіх видів планово-попереджальних ремонтів електроустановки;

б) обліком, нормуванням і економією споживання електроенергії;

в) підвищенням коефіцієнту потужності із застосуванням і без застосування компенсуючих пристроїв.

Планово-попереджувальний ремонт забезпечує не тільки правильну і безаварійну експлуатацію електроустаткування, а й значну економію електроенергії. В першу чергу, це режим змащування підшипників, як електричних машин, так і приводної установки. Правильний режим змащування з застосуванням відповідного мастила, зменшує втрати на тертя в вузлах машин, полегшує їх хід і зменшує споживання електроенергії електроприводом.

Важливе значення має застосування обмежувачів холостого ходу електродвигунів, зварювальних та силових трансформаторів.

На економію електроенергії впливає також номінальне навантаження електродвигунів.

Багато електроенергії витрачається в пускорегулюючій апаратурі, тому потрібно більше впроваджувати безконтактну апаратуру, а також заміну приводу систем Г-Д на тиристорні перетворювачі.

Важливе значення має раціональне використання електроенергії на освітлення виробничих цехів. Велика роль в зниженні витрат електроенергії на освітлення належить високо економичним люмінесцентним лампам. При експлуатації люмінесцентні лампи потрібно замінювати не тоді, коли вони перестають працювати, а коли втрачають частину початкового світлового потоку (приблизно на 30%).

Не допускати роботу люмінесцентних світильників з відключеними конденсаторами, при відсутності в пускорегулюючій апаратурі конденсатора і наявності одних дроселів,  $\cos \varphi$  такого світильника дорівнює 0,5.

Велике значення для покращення освітлення має правильний вибір світильників, найкращою арматурою для люмінесцентних ламп являються світильники ОД, ОДР, ОДО, ВЛВ та ін..

На покращення освітлення впливає колір фарби стін, стелі, підлоги виробничого приміщення.

Велике значення для раціонального використання електроенергії має строге нормування її як по окремих цехах, так і по підприємству в цілому. Потрібно встановлювати норми витрат на одиницю продукції, організувати діючий контроль за раціональним використанням електроенергії.

Велике значення для економії електроенергії має підвищення коефіцієнту потужності  $\cos \varphi$ .

Згідно ПУЕ значення  $\cos \varphi$  повинно складати не нижче 0,92 – 0,95. Всі елементи електричної мережі вибираються за номінальним струмом, величина

якого обернено пропорційна коефіцієнту потужності. Втрати електроенергії обернено пропорційні квадрату коефіцієнта потужності.

Основними методами підвищення  $\cos \varphi$  є:

- підвищення коефіцієнту навантаження;
- заміна не завантажених двигунів двигунами меншої потужності;
- зниження напруги при недовантаженні двигунів;
- покращення якості ремонту;
- ліквідація холостих ходів;
- компенсація реактивної потужності;
- заміна потужних асинхронних двигунів на синхронні;
- необхідно слідкувати за навантаженням силових трансформаторів, яке

повинно бути в межах 0,65 – 0,75.

При проектуванні дипломник повинен враховувати ці питання.

### **Аналіз стану охорони праці на підприємстві**

В даному пункті необхідно поглиблено вивчити питання, зв'язаних з темою проекту, коротко викласти правові та організаційні питання з охорони праці, дати оцінку стану охорони праці на даному підприємстві в цілому і в його структурних підрозділах на основі даних взятих при проходженні переддипломної практики, проаналізувати дані атестації робочих місць, паспортизації санітарно-технічного стану, результатів покращення умов праці та санітарно-оздоровчих заходів, видачу спецодягу та інструментів, динаміку показників виробничого травматизму.

### **Визначення небезпечних і шкідливих чинників виробництва**

Необхідно проаналізувати шкідливі та небезпечні чинники, які є на даному підприємстві та заходи по їх зменшенню. В першу чергу, це стан мікроклімату (температура, вологість, рух повітря, наявність загазованості чи парового забруднення), освітленість приміщень, шум, вібрація, ультразвук, іонізуюче випромінювання, електромагнітні поля. Визначити методи нормалізації стану охорони праці, що гарантували б безпечні та здорові умови праці.

### **Заходи з електробезпеки**

Визначити класифікацію цеху за безпекою електротравм, навести основні вимоги правил техніки безпеки при експлуатації вибраного електроустаткування, розглянути систему організаційних, технічних заходів, які забезпечують захист людей від небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля, електростатичних розрядів, захист від частин, що обертаються.

### **Заходи з екології**

Заходи з екології передбачають розкриття наступних питань: заходи з утилізації відходів виробництва, різкого зменшення забруднення атмосфери газовими та пиловими викидами, збір і очищення паливно-мастильних матеріалів, очищення каналізаційних стоків, озеленення території підприємства та інші заходи для підтримання в належному стані навколишнього середовища.

4 Хід роботи:

- 4.1. Питання енергозбереження промислових підприємств.
- 4.2. Аналіз стану охорони праці на підприємстві.
- 4.3. Визначення небезпечних і шкідливих чинників виробництва.
- 4.4. Заходи з електробезпеки.
- 4.5. Заходи з екології.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Які ви знаєте методи чи види енергозбереження промислових підприємств?
- 6.2. Які ви знаєте шкідливі чинники на виробництві?
- 6.3. Назвіть заходи з електробезпеки промислових підприємств.
- 6.4. Які заходи з екології передбачають на промислових підприємствах?
- 6.5. Що гарантує безпечні та здорові умови праці?

Література

37. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М:Высшая школа, 1982
38. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. -М:Энергоатомиздат, 1987
39. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. -М:Высшая школа, 1986

### **Інструкція для виконання практичної роботи №15**

Тема: Оформлення пояснювальної записки та графічної частини

1 Мета: Оформлення пояснювальної записки та графічної частини відповідно до діючих ДСТУ, ДБН та ЄСКД.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1. Підручники.
- 2.2. ДСТУ.
- 2.3. ЄСКД.

3 Теоретичні відомості:

Схемою електричного кола називають її графічне зображення з умовними позначеннями елементів і їх з'єднань.

Правила виконання і оформлення схем регламентуються відповідними стандартами ЄСКД. Види і типи схем, загальні вимоги до їх виконання повинні відповідати ГОСТ 2.701-84 ЄСКД. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання; правила виконання всіх типів електричних схем – ГОСТ 2.702 – 75 ЄСКД, «Правила виконання електричних схем».

Загальні вимоги до виконання схем:

- Схеми виконують без дотримання масштабу і дійсного просторового розташування складових частин пристрою.

- На схемах, як правило, використовують стандартні умовні графічні позначення. Якщо потрібно використати не стандартизовані позначення деяких елементів, то на схемі роблять відповідні пояснення.

- Слід домагатися найменшого числа перехрещень, поворотів ліній зв'язку, зберігати відстань між паралельними лініями не менше 3 мм.

- На схемі допускається розміщувати різні технічні дані, які характеризують схему в цілому і окремі її елементи.

Електричну схему позначають літерою Е, а її тип цифрами: 1- структурна, 2- функціональна, 3- принципова, 4- з'єднань (монтажна), 5- підключення, 6- загальна, 7- розташування, 0- об'єднана.

Крім електричних є ще схеми: гідравлічні – Г, пневматичні – П, кінематичні – К, вакуумні – В, оптичні – Л, комбіновані – С.

**Е1** – структурна схема являє собою основні функціональні частини установки, їх призначення і взаємозв'язок за допомогою простих геометричних фігур (прямокутників) і ліній. Графічна побудова і компонування схеми повинні забезпечити наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин в установці. Схему використовують для загального ознайомлення з установкою.

**Е2**- функціональна схема, процеси, що проходять в окремих функціональних частинах, або в усій установці. Функціональні частини і зв'язки між ними зображають, як правило у вигляді графічних позначень, доречі окремі пристрої і функціональні групи можуть зображатись у вигляді геометричних фігур. На схемі розміщують надписи, діаграми, або таблиці, які пояснюють послідовність процесів в часі, а також указують параметри в характерних точках, величини струмів, напруг, форми і амплітуди імпульсів. Функціональні схеми використовують для вивчення принципів роботи установки, а також при налагодженні, регулюванні і ремонті.

**Е3-** принципова схема визначає повний склад елементів і зв'язку між ними, дає повну інформацію про елементи і зв'язок між ними, інформацію про принцип роботи установки. Нестандартні умовні позначення на схемі повинні бути пояснені. Умовні позначення в електричних схемах захисту і управління як правило креслять для вимкненого положення, тобто без напруги на котушках апаратів і ланцюгах управління, і без механічної дії на апарати (початкове положення схеми). Для повного розуміння роботи схеми допускається вносити в неї позиційні позначення. Цифрове позиційне позначення вписують в коло або проставляють поряд з умовними позначеннями елементів. Порядкові номери присвоюють у відповідності з послідовністю розташування елементів на схемі, рахуючи, як правило, зверху вниз в напрямку зліва направо.

Дані про всі елементи зображені на схемі, записують в перелік елементів у вигляді таблиці, розміщеної на першому аркуші схеми. Принципові схеми використовують для вивчення принципу роботи електроустановки, при налагодженні, контролі і ремонті, та при розробці схем з'єднань і монтажних креслень.

**Е4** – схема з'єднань (монтажна) показує з'єднання складових частин електроустановки і визначає проводи, джгути, кабелі або трубопроводи, якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їх приєднання і введів (затискачі, роз'єми, і т.ін.). Розташування умовних графічних позначень елементів на схемі повинно, по можливості, відображати їх дійсне розташування. На схемі біля умовних графічних позначень елементів вказують позначення, які присвоєні їй на принциповій схемі.

Біля умовних графічних позначень допускається вказувати номінальні величини основних параметрів (опір, ємність, потужність і т.ін.), або тип елемента.

Для спрощення зображення можна креслити окремі проводи, що ідуть в одному напрямку у вигляді загальної лінії, а при підході до контактів кожний провід зображують окремою лінією №1. Схему з'єднань можна виконувати по адресній схемі, адреси розміщують біля одної і другої клем, а замість повного зображення ліній проводів між апаратами лінії роблять невеликої довжини, на яких зустрічними стрілками показують напрямки проводки. Коло кожної стрілки ставлять „адресу” – умовне позначення апарату чи затискача, до якого йде другий кінець проводу і номер проводу (номер вказаний на принциповій схемі). Схеми з'єднань використовують при монтажі, налагодці, контролі, ремонті та експлуатації.

**Е5** – схема підключення, на якій показують повний об'єм і характеристики електричних і трубних проводок, що прокладаються зовні щитів та пультів. В умовних позначеннях зображають встановлені зовні шафи

приводи, виконавчі механізми, сенсорні прилади (датчики), джерела живлення повітрям, електроенергією, мастилом і т.ін., з'єднувальні та прохідні коробки.

Таблиця 1 – Літерні позначення елементів в електричних схемах

Групи видів елементів	Приклади видів елементів	Позначення
Перетворювачі неелектричних величин в електричні, або багаторозрядні перетворювачі чи датчики	Тепловий датчик Фотоелемент Датчик тиску Датчик частоти обертання Датчик швидкості	BK BL BP BR BV
Конденсатор		C
Різні елементи	Нагрівний елемент Освітлювальна лампа	EK EL
Розрядники, запобіжники, захисні пристрої	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії Те ж, інерційної дії Плавкий запобіжник Дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	FA FP FU FV
Реле, контактори, пускачі	Реле струмове Реле вказівне Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги Проміжне реле	KA KH KK KM KT KV KL
Катушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентної лампи	LL
Двигуни		M
Прилади, вимірювальне обладнання	Амперметр Лічильник імпульсів Частомір Лічильник активної енергії Лічильник реактивної енергії Омметр Реєстровий прилад Годинник Вольтметр Ватметр	PA PC PF PI PK PR PS PT PV PW
Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах	Автоматичний вимикач Короткозамикач	QF QK

(енергопостачання, живлення обладнання)	Роз'єднувач	QS
Резистори	Терморезистор Потенціометр Шунт вимірювальний Варистор	RK RP RS

Продовження таблиці 5.2

Групи видів елементів	Приклади видів елементів	Позначення
Пристрої комутаційні в колах керування, сигналізації і вимірювання	Вимикач або перемикач Кнопковий вимикач Автоматичний вимикач Вимикачі, що спрацьовують від: Рівня Тиску Положення Кутової швидкості Температури	SA SB SF  SL SP SQ SR SK
Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму Електромагнітний стабілізатор Трансформатор напруги	TA TS TV
Прилади електровакуумні і напівпровідникові	Діод стабілітрон Прилад електровакуумний Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
Контактні з'єднання	Струмознімач, контакт ковзний Штир Гніздо З'єднання розбірне	XA XP XS XT
Пристрій механічний з електромагнітним приводом	Електромагніт Гальмо з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом	YA YB YC

4 Хід роботи:

4.1. Правила виконання і оформлення схем.

4.2. Види і типи схем, загальні вимоги до їх виконання.

4.3. Правила виконання всіх типів електричних схем.

4.4. Види електричних схем.

4.5. Нормоконтроль при оформленні пояснювальної записки

5 Висновки:

6 Контрольні питання:



- 6.1. Що таке електрична схема?
- 6.2. Які ви знаєте типи електричних схем?
- 6.3. Вимоги до їх виконання електричних схем.
- 6.4. Нормоконтроль при оформленні пояснювальної записки.

#### Література

40. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982
41. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987
42. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986