

Видмиш А. А. Видмиш В. А.



ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

для студентів галузі знань 14 - "Електрична інженерія"
зі спеціальності 141 - "Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка"

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет Інженерно-технологічний Кафедра «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Видмиш А.А, Видмиш В.А.

**ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
для студентів галузі знань 14 – «Електрична інженерія»
зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

Вінниця ВНАУ - 2019

УДК 621.38(072)

Автори:

Видмиш А.А., Видмиш В.А.

Методичні вказівки до проведення практичних робіт з дисципліни «Технології обслуговування та ремонту електрообладнання та засобів керування». Методичні вказівки для проведення лабораторних робіт студентами галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», частина перша. – Вінниця, РВВ ВНАУ: 2019 р. – 141 с.

Рецензенти:

Веселовська Н.Р., доктор технічних наук, професор кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва, ВНАУ

Бабенко О.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, ВНТУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною комісією ВНАУ
(протокол № _____ від _____ 2019 р.)

© Видмиш А.А.

Вінницький національний аграрний університет, 2019 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ВСТУП	5
Практична робота №1	
РОЗРАХУНОК РЕМОНТНОЇ БАЗИ ПІДПРИЄМСТВА.....	10
Практична робота №2	
РОЗРАХУНОК ПЛОЩІ ЕЛЕКТРОРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЦЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ДІЛЯНОК ЕЛЕКТРОРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	28
Практична робота №3	
РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРА.....	53
Практична робота №4	
РОЗРАХУНОК ЗАЛЕЖНОСТІ ККД ТРАНСФОРМАТОРА ВІД ВЕЛИЧИН НАВАНТАЖЕННЯ.....	60
Практичні роботи №5	
ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ТРАНСФОРМАТОРИ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ: З РІЗНИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ТРАНСФОРМАЦІЇ; ЗРІЗНИМИ НАПРУГАМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	67
Практичні роботи №6	
ЕКОНОМІЧНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	81
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	100
ДОДАТКИ	103

ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Технології обслуговування та ремонту електрообладнання та засобів керування» є профільною навчальною дисципліною зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» другого магістерського рівня підготовки.

Практичні роботи є одним з основних видів навчальних занять студентів при вивченні курсу «Технології обслуговування та ремонту електрообладнання та засобів керування».

Основними навчальними цілями і задачами практичних робіт є:

1. Поглиблення і закріплення отриманих при вивченні курсу знань шляхом аналітичної перевірки основних положень теорії і практики дисципліни «Технології обслуговування та ремонту електрообладнання та засобів керування»
2. Визначення технологічних особливостей обслуговування та ремонту електрообладнання та засобів керування;
3. Розрахунок найбільш економічний режим роботи електрообладнання;
4. Розрахунок параметрів електрообладнання
5. Розрахунок параметрів обмоток машин постійного та змінного струму.
6. Обґрунтувати оптимальні характеристики електроремонтного підприємства: радіус зони обслуговування, річну продуктивну програму, чисельність виробничого персоналу.
7. Набуття практичних навичок самостійної роботи і освоєння методів обробки і аналізу розрахункових даних.

Цілі та завдання окремих практичних робіт курсу визначені в даних Методичних вказівках в кожній конкретній роботі. Найважливішою умовою ефективності практичних робіт за курсом є обов'язкова самопідготовка студентів до кожної роботи і ясне розуміння її цілі, змісту і методики виконання.

ВСТУП

Інструкція з техніки безпеки

Лабораторні роботи в електричних лабораторіях повинні виконуватися з виконанням правил по техніці безпеки (ПТБ).

Потрібно пам'ятати, що електричний струм більший ніж 0,05 – 0,1 А, протікаючи через внутрішні органи людини, призводить до смертельного випадку, тому значення небезпечної напруги визначається за формулою:

$$U_{\text{небезп}} \geq 0,05R_{\text{Л}}I_{\text{Л}},$$

де $R_{\text{Л}}$ - опір ділянки тіла, між точками якого прикладена напруга.

Звідки значення $R_{\text{Л}}$ (залежить від багатьох причин) в небагатьох випадках знижується до кількох сотень Ом (800 – 600), небезпечне враження струмом може відбутися при напругах 30 – 40 В.

§1

1. До роботи в лабораторії допускаються студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки в даному навчальному році.

2. Про проходженні інструктажу з ПТБ повинні бути зроблені відповідні записи в журналі реєстрації інструктажу. Після чого відповідальність за виконання правил техніки безпеки лягає на студентів працюючих в лабораторії.

3. При порушенні ПТБ студент усувається від виконання лабораторних робіт і на нього накладається адміністративне стягнення.

§2

1. Для запобігання порушення ПТБ студенти повинні добре знати метод проведення лабораторних робіт, особливості роботи приладів і установок та засоби безпеки.

2. Встановлені запобіжники повинні відповідати нормам. Зміну

запобіжників дозволяється проводити тільки обслуговуючому персоналу.

3. Корпуси електричних машин і установок повинні бути заземлені або «занулені» для зменшення потенціалу корпусу при пробі ізоляції машини чи установки.

§3

При роботі в лабораторії студенти повинні дотримуватися наступних правил:

1. Збирання, розбирання схеми і виправлення в схемі виконувати тільки при розімкненому вимикачі чи при штепсельному роз'єднанні джерела струму і робочого місця.

2. Вмикати схему під напругою після її збирання і виправлення тільки після того, як перевірів схему викладач або лаборант з дозволу викладача.

3. Забороняється торкатись до неізольованих струмоведучих частин схеми, які знаходяться під напругою.

4. Забороняється працювати з неробочими агрегатами, приладами або установками. При виявленні несправностей потрібно негайно повідомити викладачу або лаборанту.

5. Розташовувати вимірювальні пристрої необхідно з урахуванням зручностей спостереження.

6. В електричних полях ємностей і магнітних полях індуктивностей накопичується енергія, тому не потрібно розмикати вторинні обмотки трансформатора струму, коли по первинній протікає струм, доторкатися до виводів конденсаторів, передчасно не розрядивши їх, і т.п.

Електровимірювальні прилади

Електровимірювальні прилади використовують для вимірювання різних електричних, магнітних і неелектричних величин, тобто для експериментального визначення значень тих чи інших фізичних величин.

Вимірювання – процес знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Електровимірювальні прилади поділяються на **прилади безпосередньої оцінки та прилади порівняльні**. Перші дозволяють визначити числове значення вимірювальної величини за допомогою відлікової шкали, а другі – порівнюють її з відповідною відомою величиною, яка приймається в якості довідникової. Прилади безпосередньої оцінки, чи прямого відліку, дозволяють виконати процес вимірювання простіше і швидше, ніж прилади порівняння, які мають більшу точність та чутливість.

За способом видачі інформації електровимірювальні прилади ділять на аналогові (прилади з неперервним відліком) і цифрові (прилади з дискретним відліком), у яких покази видаються у цифровій формі.

Похибка вимірювання – відхилення результатів вимірювання від істинного значення величини, що вимірюється.

Похибки поділяють на абсолютну, відносні, приведену, основну і додаткову. Розглянемо перші три з них.

Абсолютною похибкою вимірювання ΔX називають різницю між показом приладу X і істинним значенням X_{icm} величини, що вимірюється:

$$\Delta X = X - X_{icm}. \quad (B.2)$$

Відносною похибкою вимірювання $\gamma\%$ називають відношення абсолютної похибки до істинного значення величини, що вимірюється:

$$\gamma\% = \frac{\Delta X}{X_{icm}} \cdot 100 = \frac{X - X_{icm}}{X_{icm}} \cdot 100. \quad (B.3)$$

В зв'язку з тим, що істинне значення величини, що вимірюється, мало відрізняється від показу приладу X , то відносна похибка

$$\gamma\% \approx \frac{\Delta X}{X} \cdot 100. \quad (B.4)$$

Точність вимірювання в основному оцінюється саме відносною похибкою.

Точність вимірювальних приладів оцінюється за допомогою **приведеної**

похибки: відношенням абсолютної похибки вимірювання до номінального значення $X_{ном}$ вимірювального приладу, здебільшого вираженого у відсотках:

$$\gamma_{пр\%} = \frac{\Delta X}{X_{ном}} \cdot 100. \quad (B.5)$$

Для визначення найбільших похибок вимірювання користуються класом точності приладу.

Згідно ГОСТ 8711-78 електровимірювальні прилади (наприклад, амперметри і вольтметри) за ступенем точності діляться на дев'ять класів: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4 і 5. Цифра, яка визначає клас точності, визначає значення найбільшої допустимої основної приведеної похибки приладу $\gamma_{пр\%}$.

Чим менша вимірювальна величина в порівнянні з номінальною величиною шкали, тим більша відносна похибка вимірювання цієї величини. По цій причині рекомендується електровимірювальні прилади вибирати таким чином, щоб вимірювана величина була не менша однієї третини номінальної величини шкали приладу, тобто потрібно старатись по можливості при вимірюваннях не користуватися початковою частиною шкали приладу. Під **робочою частиною шкали приладу** розуміють всю шкалу, якщо вона рівномірна, чи її частину (в проміжках 20 – 100% кінцевого значення), відмічену на шкалі точками у тому випадку, коли вона нерівномірна.

Прилади класів 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 називаються лабораторними, а прилади вищих класів – технічними.

За виконанням прилади в залежності від умов експлуатації діляться на групи:

- А – для роботи в закритих приміщеннях;
- Б – для закритих неопалювальних приміщень;
- В – для роботи в польових чи морських умовах;
- Т – для роботи в умовах сухого і вологого тропічного клімату.

За тривалістю механічних дій при експлуатації прилади діляться на звичайні, звичайні з додатковою міцністю (ОП), стійкі до механічних дій –

трясостійкі (ТМ), нестійкі до трясіння (ТН), вібростійкі (ВМ), нестійкі до вібрації (ВН), ударостійкі (УМ).

За ступенем захисту від зовнішніх магнітних і електричних полів прилади діляться на категорії I та II, які обмежують значення похибок приладів.

Крім того, прилади поділяються за способом перетворення електричної енергії в механічну та конструкції вимірювального механізму, за принципом дії і конструктивним особливостям перетворювачів вимірювальних кіл, за способом утворення протидіючого моменту, а також за конструкцією опор рухомої частини приладу, конструкцією відлікової частини, положенням нульового відліку на шкалі, характером самої шкали, розмірами і формою корпусу. Кожен вимірювальний прилад повинен відповідати роду струму, мати необхідні межі вимірювання, знаходитись у визначеному положенні по відношенню до горизонтальної поверхні та встановлюватись в місті, де відсутні зовнішні чинники, які спотворюють результат вимірювання.

Прилади для вимірювання струму вмикають в електричне коло послідовно, а для вимірювання напруги – паралельно. Прилади, які вимірюють потужність, енергію, коефіцієнт потужності та інші електричні величини, вмикають по більш складних схемам, які додаються до приладів.

На шкалі кожного приладу наводиться: позначення одиниці вимірювальної величини і класу точності, номер стандарту, умовне позначення роду струму і числа фаз, системи приладу, групи його виконання за умовами експлуатації, а також категорія його захисту від впливу зовнішніх магнітних і електричних полів. Крім цього вказують: робоче положення приладу, умовне позначення величини напруги, що досліджується, номінальну частоту чи область частот, товарний знак заводу-виробника, заводське позначення приладу, рік випуску, заводський номер приладу, а в окремих випадках – і ряд інших величин: номінальна напруга, номінальний струм, номінальна температура тощо.

Практична робота №1

РОЗРАХУНОК РЕМОНТНОЇ БАЗИ ПІДПРИЄМСТВА

Мета роботи: Засвоєння студентами методики розрахунку ремонтної бази підприємства

Теоретичні відомості

Основний виробничий об'єкт районної бази ремонту електрообладнання – електроремонтне підприємство (ЕРП): майстерня, цех або завод. А основний виробничий об'єкт бази ремонту господарства - майстерня або цех, у залежності від розмірів господарства і насиченості технологічним і електросиловим обладнанням. Його показниками є річна виробнича програма (Q_p , УОР) і штатний склад (N , люд.).

Річна виробнича програма електроремонтного підприємства (ЕРП) в АПК характеризується складом електрообладнання, річним об'ємом ремонтного фонду, а також трудомісткістю і вартістю ремонтних робіт. Річний об'єм ремонтного фонду розраховується в умовних одиницях ремонту (УОР) або умовних одиницях електрообладнання (УОЕ). Трудомісткість поточного і капітального ремонту електрообладнання визначається в людино-годинах (люд. · год.). Вартість ремонтних робіт оцінюється в гривнях (грн.).

За одну УОР прийняті трудові витрати на один ремонт трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором закритого виконання потужністю 5 кВт, напругою 220/380 В і частотою обертання магнітного поля статора 1500 об./хв. Трудомісткість однієї УОР складає 12,5 люд. · год. Будь-яке інше електрообладнання, використовуване в АПК, переводиться в УОР з використанням коефіцієнтів або категорій ремонтної складності, які приведені в нормативній і довідковій літературі [5-7], а також в таблиці 1.1 .

Таблиця 1.1 – Ремонтний цикл і категорії складності ремонту електрообладнання

Найменування електроустаткування	Ремонтний цикл Тц, рік	Категорія складності кр, УОР
1	2	3
1 Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, кВт		
до 1,0	5	0,75
від 1,1 до 3,0	5	0,8
від 3,1 до 5,0	5	1,0
від 5,1 до 10,0	5	1,5
від 10,1 до 15,0	5	2,0
від 15,1 до 20,0	5	2,5
від 20,1 до 30,0	5	3,0
від 30,1 до 40,0	5	3,5
від 45 і більше	5	4,0
2 Силкові трансформатори, кВА		
до 100	15	11,0
від 101 до 250	15	13,0
від 251 до 400	15	15,0
від 401 до 630	15	20,0
1000 і більше	15	25,0
3 Зварювальні трансформатори, А		
до 100	4	2,0
від 150 до 300	4	3,0
від 350 до 700	4	5,0
750 і більше	4	7,3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
4 Синхронні генератори, кВА		
до 10	9	4,3
від 10,1 до 30	9	5,5
від 30,1 до 60	9	7,0
від 60,1 до 100	9	9,0
150 і більше	9	10,0
5 Електронагрівники усіх видів, кВт		
до 15	5	1,0
від 16 до 30	5	1,5
від 40 до 100	5	2,5
120 і більше	5	3,5
6 Електромагнітні пускачі, А		
до 10	5	0,2
від 25 до 63	5	0,4
від 80 до 100	5	0,6
160 і більше	5	0,8
7 Автоматичні вимикачі, А		
до 25	6	0,4
від 63 до 100	6	0,45
від 160 до 250	6	0,6
від 400 до 630	6	0,9
8 Електромагнітні контактори, А		
до 100	7	0,5
від 160 до 250	7	0,6
від 400 до 630	7	0,8
1000 і більше	7	1,2

За одну УОЕ прийняті усереднені річні трудові витрати на технічну експлуатацію комплексу електрообладнання електроприводу з двигуном потужністю 10 кВт і вище з апаратурою автоматичного, управління. Трудомісткість однієї УОЕ складає в середньому 27 люд.· год. у рік. Зразкова структура трудомісткості однієї УОЕ така: оперативне обслуговування – від 4 до 3 люд.· год./рік; технічне обслуговування – від 9 до 7; поточний ремонт – від 11 до 13 і капітальний ремонт – 3 люд.· год./рік. При цьому перші трудомісткості відповідають цілорічному використанню електроустановок, а другі значення - сезонному.

Для розрахунку ремонтного фонду ЕРП господарства визначається структура, склад і кількість електрообладнання, що знаходиться в експлуатації на фермі, господарстві, підприємстві і інших структурах АПК. При виконанні курсового проекту склад і чисельність електрообладнання приводиться в технічному завданні на проект.

Розрахунок ремонтного фонду ЕРП господарства в УОР рекомендується виконувати у формі таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Розрахунок об'єму ремонтного фонду ремонтної зони

Найменування електрообладнання	Ремонтний цикл Тц, рік.	Кількість встановленого електрообладнання пв, шт.	Ремонтний фонд пр, шт.	Категорія ремонтної складності кр, УОР	Об'єм ремонтного фонду Q, УОР
Найменування 1-ї групи електрообладнання					
1 ...					
2 ...					
Всього по групі					
Найменування n-ї групи електрообладнання					
1 ...					
2 ...					
Всього по групі					
Об'єм ремонтного фонду (річна виробнича програма)					Qр= УОР

У таблиці 1.2: *ремонтний цикл* характеризує періодичність капітального ремонту даного виду електрообладнання (визначається за довідковою літературою [5-7], або за таблицею 1.1); *ремонтний фонд* визначається як частина електрообладнання від всього встановленого, що підлягає капітальному ремонту протягом одного року і залежить від ремонтного циклу електрообладнання (визначається за формулою 1.1); *категорія складності ремонту* визначає обсяг ремонтного фонду на одиницю електрообладнання в умовних одиницях ремонту (визначається за довідковою літературою [5-7], або за таблицею 1.1); *об'єм ремонтного фонду* залежить від ремонтного фонду електрообладнання і категорії складності ремонту (визначається за формулою 1.2).

Ремонтний фонд i -ої групи n_{pi} , шт., визначається за формулою

$$n_{pi} = 1,2 \frac{n_{vi}}{T_{ци}}, \quad (1.1)$$

де n_{vi} – кількість встановленого електрообладнання i -ої групи, шт.;

$T_{ци}$ – ремонтний цикл i -ої групи, років.

Об'єм ремонтного фонду i -ої групи Q_i , УОР, визначається за формулою

$$Q_i = k_{pi} * n_{pi}, \quad (1.2)$$

де k_{pi} – категорія ремонтної складності i -ої групи, УОР. Річна виробнича програма ЕРП господарства Q_p , УОР, визначається за формулою

$$Q_p = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1.3)$$

Річна трудомісткість робіт T_p , люд. · год., визначається за формулою

$$T_p = Q_p * \tau_k, \quad (1.4)$$

де τ_k – трудомісткість капітального ремонту однієї УОР, люд. · год.

Приймається $\tau_k = 12,5$ люд. · год.

Чисельність виробничого персоналу ЕРП господарства N , люд., визначається за формулою

$$N = \frac{T_p}{\Phi}, \quad (1.5)$$

де Φ – річний фонд робочого часу однієї людини, год.

Річний фонд робочого часу однієї людини Φ , год., визначається за формулою [6]

$$\Phi = (d_k - d_b - d_c - d_{вп}) * t * n - \Delta t * d_{пс}, \quad (1.6)$$

де d_k – число календарних днів за рік, $d_k=365$ днів;

d_b – кількість вихідних днів за рік, $d_b=104$ дні;

d_c – число святкових днів за рік;

$d_{вп}$ - кількість відпускних днів за рік, $d_{вп}=24$ дні;

$d_{пс}$ – число передсвяткових днів за рік;

t – тривалість зміни, год.;

Δt – скорочення робочого часу у передсвяткові дні, год;

Π – коефіцієнт використання робочого часу, з урахуванням поважних причин скорочення робочого часу. Приймається від 0,93 до 0,96.

Число святкових і передсвяткових днів за рік визначається за календарем поточного року. Тривалість зміни приймається $t = 8$ годин. Скорочення робочого часу у передсвяткові дні приймається $\Delta t = 2$ год.

Після визначення чисельності виробничого персоналу ЕРП господарства складають штатний склад підприємства. При цьому враховують наступні рекомендації. Штатний склад ЕРП господарства включає: керівника підприємства; молодший обслуговуючий персонал; лічильно-контрольний персонал. Якщо річна виробнича програма ЕРП господарства $Q_p < 1750$ УОР, то

функції керівника підприємства виконує технік-електрик підпорядкований головному енергетику господарства. При $Q_p \geq 1750$ УОР приймається керівник ЕРП - інженерно-технічний працівник (ІТП), на кожні додаткові 1750 УОР річної виробничої програми приймається додаткова штатна одиниця інженера-електрика із складу інженерно-технічних працівників. Склад молодшого обслуговуючого персоналу обирається за умови одна штатна одиниця (головний технік-електрик) на кожні 650 УОР річної виробничої програми. Склад лічильно-контрольного персоналу обирається за умови одна штатна одиниця на кожні 2500 УОР річної виробничої програми.

Виробничий персонал ЕРП господарства складається з електрослюсарів, персоналу що виконує ремонт обмоток, електромонтерів, верстатників і працівників інших спеціальностей. Приблизний розподіл виконують згідно наступного співвідношення до загальної кількості:

3. електрослюсарі – 20% від загального числа виробничих робітників;
4. персонал що виконує ремонт обмоток – 40%;
5. електромонтери – 10%;
6. верстатники – 15%;
7. працівники інших спеціальностей – 15%.

При вирішенні до якого типу віднести ремонтне підприємство. Для цього порівнюють отриману за результатами проведених розрахунків річну виробничу програму з даними типових проектів. При виборі типу електроремонтного підприємства враховують наступні рекомендації:

- електроремонтна дільниця – до 1000 УОР в рік;
- електроремонтна майстерня – від 1000 до 2000 УОР в рік;
- електроремонтний цех – від 2000 до 10000 УОР в рік;
- електроремонтний завод – від 15000 УОР в рік.

Приклад виконання роботи

Розрахувати ремонтну базу підприємства. Визначити обсягу ремонтного фонду Q_6 (УОР), річну трудомісткість робіт T_p (люд.· год.), чисельність виробничого персоналу ЕРП N (люд.). Скласти штатний розклад підприємства. Визначити тип електроремонтного підприємства.

Вихідні дані для розрахунків:

1. Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, кВт

до 1,0	360
від 1,1 до 3,0	320
від 3,1 до 5,0	380
від 5,1 до 10,0	150
від 10,1 до 15,0	14
від 15,1 до 20,0	12
від 45 і більше	6
2. Силові трансформатори, кВА

до 100	35
від 101 до 250	2
від 251 до 400	-
3. Зварювальні трансформатори, А

до 100	33
від 150 до 300	12
4. Синхронні генератори, кВА

до 10	5
від 10,1 до 30	2
від 30,1 до 60	1
5. Електронагрівники усіх видів, кВт

до 15	150
від 16 до 30	45

6. Електромагнітні пускачі, А	
до 10	540
від 25 до 63	250
від 80 до 100	180
160 і більше	20
7. Автоматичні вимикачі, А	
до 25	480
від 63 до 100	290
від 160 до 250	220
від 400 до 630	70
8. Електромагнітні контактори, А	
до 100	125
від 160 до 250	59
від 400 до 630	13

Розв'язання

Виконуємо розрахунок ремонтного фонду ЕРП у вигляді таблиці 1.1. Ремонтний цикл визначається для окремих груп електроустаткування за таблицею 1.1.

Значення загальної кількості електроустановок по групах визначається за вихідними даними.

Ремонтний фонд визначається як частина електрообладнання від всього встановленого, що підлягає капітальному ремонту протягом одного року і залежить від ремонтного циклу електрообладнання (визначається як співвідношення загальної кількості установок по групах до значення ремонтного циклу).

Ремонтний фонд i -ої групи n_{pi} , шт., визначається за формулою

$$n_{pi} = 1,2 \frac{n_{vi}}{T_{ци}}$$

де n_{vi} – кількість встановленого електрообладнання i -ої групи, шт.;

$T_{ци}$ – ремонтний цикл i -ої групи, років.

Категорія складності ремонту визначається за таблицею 1.1.

Об'єм ремонтного фонду по групах визначається як добуток одиниць ремонтного фонду до категорії складності.

Об'єм ремонтного фонду i -ої групи Q_i , УОР, визначається за формулою

$$Q_i = k_{pi} * n_{pi},$$

де k_{pi} – категорія ремонтної складності i -ої групи, УОР.

Річна виробнича програма ЕРП господарства Q_p , УОР, визначається за формулою

$$Q_i = \sum_{i=1}^n Q_i,$$

Результати розрахунків ремонтного фонду ЕРП заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок обсягу ремонтного фонду ЕРП

Найменування електрообладнання	Ремонтний цикл $T_{ц}$, рік	Кількість встановленого електрообладнання $n_{в}$, шт.	Ремонтний фонд $n_{р}$, шт.	Категорія ремонтної складності $k_{р}$, УОР	Об'єм ремонтного фонду Q , УОР
1	2	3	4	5	6
1 Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, кВт					
до 1,0	5	360	86,4	0,75	64,8
від 1,1 до 3,0	5	320	76,8	0,8	61,44
від 3,1 до 5,0	5	380	91,2	1,0	91,2
від 5,1 до 10,0	5	150	36,0	1,5	54,0
від 10,1 до 15,0	5	14	3,36	2,0	6,72
від 15,1 до 20,0	5	12	2,88	2,5	7,2
1	2	3	4	5	6
від 45 і більше	5	6	1,44	4,0	5,76
Разом					291,36
2 Силові трансформатори, кВА					
до 100	15	35	2,8	11,0	30,8
від 101 до 250	15	2	0,16	13,0	2,08
від 251 до 400	15	-	-	15,0	-
Разом					32,88
3 Зварювальні трансформатори, А					
до 100	4	33	9,9	2,0	19,8
від 150 до 300	4	12	3,6	3,0	10,8
Разом					30,6
4 Синхронні генератори, кВА					
до 10	9	5	0,66	4,3	2,86
від 10,1 до 30	9	2	0,27	5,5	1,46
від 30,1 до 60	9	1	0,133	7,0	0,93
Разом					5,25
5 Електронагрівники усіх видів, кВт					
до 15	5	150	36,0	1,0	36,0
від 16 до 30	5	45	10,8	1,5	16,2
Разом					52,2
6 Електромагнітні пускачі, А					
до 10	5	540	129,6	0,2	25,92
від 25 до 63	5	250	60,0	0,4	24,0
від 80 до 100	5	180	43,2	0,6	25,92
160 і більше	5	20	4,8	0,8	3,84
Разом					79,68

Продовження таблиці 1.1

7 Автоматичні вимикачі, А					
до 25	6	480	96,0	0,4	38,4
від 63 до 100	6	290	58,0	0,45	26,1
від 160 до 250	6	220	44,0	0,6	26,4
від 400 до 630	6	70	14,0	0,9	12,6
Разом					103,5
8 Електромагнітні контактори, А					
до 100	7	125	21,43	0,5	10,71
від 160 до 250	7	59	10,11	0,6	6,07
від 400 до 630	7	13	2,23	0,8	1,78
Разом					18,56
Загальний обсяг					614,03

Визначаємо річну трудомісткість робіт Т_р, люд.·год., за формулою

$$T_p = Q_p * \tau_k,$$

де τ_k – трудомісткість капітального ремонту однієї УОР, люд.· год.

Приймається $\tau_k = 12,5$ люд.· год.

$$T_p = 614,03 * 12,5 = 7675,38 \text{ люд.· год. (1.5)}$$

Визначаємо чисельність виробничого персоналу ЕРП господарства N, люд., за формулою

$$N = \frac{T_p}{\Phi},$$

де Φ – річний фонд робочого часу однієї людини, год.

Річний фонд робочого часу однієї людини Φ , год., визначається за формулою [6]

$$\Phi = (d_k - d_b - d_c - d_{вп}) * t * n - \Delta t * d_{пс},$$

де d_k – число календарних днів за рік, $d_k=365$ днів;

d_b – кількість вихідних днів за рік, $d_b=104$ дні;

d_c – число святкових днів за рік;

$d_{вп}$ – кількість відпускних днів за рік, $d_{вп}=24$

дні; $d_{пс}$ – число передсвяткових днів за рік;

t – тривалість зміни, год.;

Δt – скорочення робочого часу у передсвяткові дні, год;

η - коефіцієнт використання робочого часу, з урахуванням поважних причин скорочення робочого часу. Приймається від 0,93 до 0,96.

Число святкових і передсвяткових днів за рік визначається за календарем поточного року. Тривалість зміни приймається $t = 8$ годин. Скорочення робочого часу у передсвяткові дні приймається $\Delta t = 2$ год.

$$\Phi = (365 - 104 - 10 - 24) * 8 * 0,93 - 2 * 10 = 1668,88 \text{ год.}$$

$$N = \frac{T_p}{\Phi},$$

Приймаємо $N = 5$ люд. виробничого персоналу ЕРП господарства.

Складаємо штатний склад ремонтного підприємства. При цьому

враховуємо наступні рекомендації. Штатний склад ЕРП господарства включає: керівника підприємства; молодший обслуговуючий персонал; лічильно-контрольний персонал.

У даному випадку, при річній виробничій програмі ЕРП господарства $Q_p < 1750$ УОР, функції керівника підприємства виконує технік-електрик підпорядкований головному енергетику господарства.

Склад молодшого обслуговуючого персоналу обирається за умови одна штатна одиниця (головний технік-електрик) на кожні 650 УОР річної виробничої програми. У даному випадку така штатна одиниця не передбачається.

Склад лічильно-контрольного персоналу обирається за умови одна штатна одиниця на кожні 2500 УОР річної виробничої програми. У даному випадку така штатна одиниця не передбачається.

Виробничий персонал ЕРП господарства складається з електрослюсарів, персоналу що виконує ремонт обмоток, електромонтерів, верстатників і працівників інших спеціальностей. Приблизний розподіл виконуємо згідно наступного співвідношення до загальної кількості:

7. електрослюсарі – 20% від загального числа виробничих робітників;

8. персонал що виконує ремонт обмоток – 40%;

9. електромонтери – 10%;

10. верстатники – 15%;

11. працівники інших спеціальностей

– 15%. За розрахунками:

12. електрослюсарі – 20% від загального числа виробничих робітників складає $N_{\text{ел.сл.}} = 0,92$ люд., приймаємо за штатним розкладом $N_{\text{ел.сл.}} = 1$ люд.;

13. персонал що виконує ремонт обмоток – 40% складає $N_{\text{обмот.}} = 1,84$ люд., приймаємо за штатним розкладом $N_{\text{обмот.}} = 2$ люд.;

14. електромонтери – 10% складає $N_{\text{ел.мон.}} = 0,46$ люд., приймаємо за штатним розкладом $N_{\text{ел.мон.}} = 0$ люд.;

15. верстатники – 15% складає $N_{\text{верст.}} = 0,69$ люд., приймаємо за штатним розкладом $N_{\text{верст.}} = 1$ люд.;

16. працівники інших спеціальностей – 15% складає $N_{п.і.с.} = 0,69$ люд.,
приймаємо за штатним розкладом $N_{п.і.с.} = 1$ люд.

Загальна кількість прийнятого виробничого персоналу ЕРП господарства ($N_{ел.сл.} = 1$ люд.; $N_{обмот.} = 2$ люд.; $N_{ел.мон.} = 0$ люд.; $N_{верст.} = 1$ люд.; $N_{п.і.с.} = 1$ люд.) складає $N = 5$ люд., що відповідає приведеним вище розрахункам (формула 1.8).

У зв'язку з тим, що прийнята кількість електромонтерів $N_{ел.мон.} = 0$ люд., передбачаємо розподілення посадових обов'язків працівників даної спеціальності між іншими працівниками коефіцієнт завантаження яких менше одиниці.

Порівнюючи результати проведених розрахунків річної виробничої програми з даними типових проектів приймаємо рішення по вибору типу електроремонтного підприємства для даного господарства, з урахуванням наступних рекомендацій [3]:

- 2 електроремонтна дільниця – до 1000 УОР в рік;
- 2 електроремонтна майстерня – від 1000 до 2000 УОР в рік;
- 2 електроремонтний цех – від 2000 до 10000 УОР в рік;
- 2 електроремонтний завод – від 15000 УОР в рік.

У даному випадку доцільно для даного господарства використати електроремонтну дільницю (при річній виробничій програмі до 1000 УОР в рік – при розрахунковій $Q_p = 614,03$ УОР).

Контрольні питання

1. Що розуміють під умовною одиницею електрообладнання?
2. Що розуміють під умовною одиницею ремонту?
3. Як визначити річну трудоемність робіт по господарству?
4. Як визначити чисельність виробничого персоналу електроремонтного підприємства?
5. З чого складається річний фонд робочого часу?
6. Хто входить до штатного складу виробничого персоналу електроремонтного підприємства?
7. Що визначає склад інженерно-технічного персоналу електроремонтного підприємства?
8. Як визначити ремонтний фонд електрообладнання?
9. Що розуміють під ремонтним циклом для електрообладнання?
10. Від чого залежить вибір типу електроремонтного підприємства?
11. Які існують види електроремонтних підприємств ?

Додаток А

(Обов'язковий)

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Найменування електростаткування	Номер варіанту																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1 Асинхронні ЕД з КЗ ротором, кВт																															
до 1,0	10		11				14	1		13	15		2	11	4		15	5					12	13			14				
від 1,1 до 3,0		14			16				15	1	11	10		2		13	2			12		3	11			8			15		
від 3,1 до 5,0	8		5	13		10		9	1		3	6	2	10		11	2		14	3	12	1		6	15		9	10		13	
від 5,1 до 10,0		12	2		8	6	8			7	1	1	5				9			6		4	3	2	6		7	11			
від 10,1 до 15,0	8		11	3				2	5		2	4	3	8	9		1	7			5	3		4		6			6		
від 15,1 до 20,0	6		8			4	1	3	2		10		7	4	1	1	8		3	6	4	2	5	7	10		5	5	4	3	
від 20,1 до 30,0		5		2	3		2			2			1	1		3				4	1			2	2	3	1	3	8		
від 30,1 до 40,0	1	2	6	1		3		3	2	1	4	1					1	2		1				2	2				2		
від 45 і більше	2			2	1	1	1				1				1	1				1		2						2	1	2	
2 Силові трансформатори, кВА																															
до 100	6	4	3	4	2	1	7	5	2		6	6	4	7	2		5		7	5			2	5	6	2	4	3	4		
від 101 до 250	1	2		1	2	2	2	3	3			3	2	3	2			3	2		2	1	3	2		2		1	2	1	
від 251 до 400						1			2	2	2	1					2	1		1		2		1			2		1	1	
від 401 до 630			1							1		1		1		1			1				1		1		1		1		
1000 і більше	1	1			1									1						1	1					1					
3 Зварювальні трансформатори, А																															
до 100	3	2	3	2		3	2		2	1	3	2		2	1	2	1	1	2		1	2	2	2	3	3	3	3	4		
від 150 до 300					2	1		1		2	1			2		1								1			2	2	2	1	
від 350 до 700	1		1				1				1		1		1						1								1		
750 і більше	1							1	1					1					1	1											

Продовження додатку А

Найменування електроустаткування	Номер варіанту																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
4 Синхронні генератори, кВА																															
до 10	2	1	3	2	2			1	2	1	1	2	1	1	2	2	3	3	3			3	2	3	2		3	2		2	
від 10,1 до 30	2		1			2		1	1									2	2	2	1				2	1			1		
від 30,1 до 60	1		1		1		1					1						1				1			1				1		
від 60,1 до 100	1				1					1	1	1			1								1							1	1
150 і більше					1							1																			
5 Електронагрівники усіх видів, кВт																															
до 15	10		9	1		3	6	2	10		11	2		14	3	12	1			6	15	9	10		13	8		5	13		
від 16 до 30	8	6	8		7		1	5				9				6		4	3	2	6		7	11			12	2			
від 40 до 100	3		2	5		2	4	3	8	9		1	7			5	3				4	6		6		8		8		11	
120 і більше	4	1	3	2		1		7	4	1	1	8		3	6	4	2	5	7	1			5	5	4	3	6		8		
6 Електромагнітні пускачі, А																															
до 10	15	5	22	31	14		15	5	6	9	12	6	23	21		14	20			32	10	9	11	28	7	9	14	31	14	13	12
від 25 до 63	10		2	16	13	2	4	12		3	11		8		4	15	13	6	14		5	16		5		15	1	11			
від 80 до 100	6	2	10		11	2	14	3	12	1		6	15	9	10		3	8		3	8	5	13	10		9	1	3			
160 і більше	1	5	2			9			6		4	3	2	6		7	11					12	2		8	6	8		7		
7 Автоматичні вимикачі, А																															
до 25	12	6	23	21		14	20		32	15	5	22	10	9	11	28	7	9	14	31	14	13	12	31	14		15	5	6	9	
від 63 до 100	3	11		8		4	15	13		10		6	14		5	16		5			15	1	11	2	16	13	2	4	12		
від 160 до 250	1	6	15		9	10		3	6	2	10	8		5	13		10			9	1	3		11	2		14	3	12		
від 400 до 630	4	3	2	6		7	11		1		5		12	2		8	6	8				7	2		9			6			
8 Електромагнітні контактори, А																															
до 100	23		21		11		12	6	23	21		14	20		32	15	5	22	10	9	11	28	7	9	14	31	14		11	10	
від 160 до 250	2	1	3	2		2		1	2	1	1	2		1	2	2	2	3	3	3		4	2	1	3	2		2		2	
від 400 до 630	2		1			2		1	1						1					2	2	2	1		2	1		1		2	3
1000 і більше		1		1		1		1				1									1					1		1			

Практична робота №2

РОЗРАХУНОК ПЛОЩІ ЕЛЕКТРОРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ДІЛЯНОК ЕЛЕКТРОРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Мета роботи: Засвоєння студентами методики розрахунку площі електроремонтного підприємства і вибору технологічного оснащення виробничих ділянок

Основні теоретичні положення

Розрахунок площі і компоновка ділянок ЕРП

Схема технологічного процесу (ТП) визначає послідовність і взаємозв'язок операцій при виконанні ремонту. Для ЕРП, що спеціалізуються по ремонту одного виду електрообладнання, приймаються типові схеми ТП, приведені в технічній літературі [1,2,3]. У неспеціалізованих ЕРП для кожного устаткування приймають свою схему ТП, а також розробляється суміщена схема для декількох або всіх видів ремонтovanого електрообладнання.

Ділянкою називається частина площі ЕРП, на якій розміщується однотипне технологічне устаткування і виконуються одна або декілька суміжних операцій (робіт) ТП. Склад ділянок ЕРП залежить від прийнятої схеми ТП. Зазвичай на спеціалізованому по ремонту електродвигунів ЕРП є наступні ділянки: розбірно-складальна, обмотувальна, малярна, просочення і сушки, контрольно-випробувальна, слюсарно-механічна, зварювальна. Неспеціалізовані ЕРП додатково мають ділянки або відділення ремонту силових трансформаторів, ремонту апаратури, ремонту зварювальних трансформаторів, ремонту електроводонагрівачів; ремонту автотракторного електрообладнання; акумуляторну.

Крім того, необхідно передбачити побутові приміщення: умивальники, душові, вбиральні, приміщення для інженерно-технічних працівників і лічильно-контрольного персоналу, кімнату відпочинку, а також складські приміщення ремонтного фонду і готової продукції, матеріалів і інструменту.

Виконання ремонту електрообладнання у господарстві може проводитись в спеціальних приміщеннях майстерні або цеху. При річній виробничій програмі $Q_p < 2000$ УОР ремонтні роботи виконують у майстерні, у противному випадку передбачається проектування електроремонтного цеху.

Загальна площа приміщень майстерні (цеху) по ремонту електрообладнання господарства F_{Π} , m^2 , визначається за формулою

$$F_M = F_B + F_C + F_{\Pi}, \quad (2.1)$$

де F_B – загальна площа виробничих приміщень, m^2 ;

F_C – загальна площа складських приміщень, m^2 ;

F_{Π} – загальна площа побутових приміщень, m^2 .

Загальна площа виробничих приміщень майстерні (цеху) F_B , m^2 , визначається за формулою

$$F_B = \sum_{i=1}^n f_{Vi} \cdot Q_p, \quad (2.2)$$

де f_{Vi} – питома площа i -ої ділянки виробничих приміщень, $m^2/$ УОР.

Питома площа ділянок виробничих приміщень приймається згідно з рекомендаціями приведеними в таблиці 2.1 або у довідковій літературі [4]. При цьому кількість ділянок виробничих приміщень при застосуванні майстерні може бути зменшена за рахунок поєднання окремих ділянок між собою (розташування їх у одному приміщенні). При річній виробничій програмі $Q_p > 3000$ УОР можуть бути застосовані додаткові ділянки виробничих приміщень.

Таблиця 2.1 - Номенклатура ділянок ЕРП господарства і їх питома площа

Назва ділянки	Питома площа ділянок виробничих приміщень, f_{Bi} , м ² /УОР
(основні) розбірно-складальна	0,025
слюсарно-механічна	0,01
зварювальна	0,01
обмотувальна	0,02
просочення і сушки	0,008
контрольно-випробувальна	0,008
малярна	0,01
(додаткові) електромонтажна	0,01
ремонт пускозахистної апаратури	0,005
аккумуляторна	0,005
ремонт автотракторного ел. обладнання	0,005
гараж пересувної лабораторії	(6 x 9) м

Загальна площа складських приміщень майстерні (цеху) F_C , м², визначається за формулою

$$F_C = \sum_{i=1}^n \frac{F_B \cdot f_{Ci}}{100}, \quad (2.3)$$

де f_{Ci} – відсоток на i -те складське приміщення від загальної площі виробничих приміщень, %.

Нормативне значення площі складських приміщень у відсотках від загальної площі виробничих приміщень приймається згідно з рекомендаціями приведеними в таблиці 2.2 або у довідковій літературі [5]. При цьому кількість складських приміщень може бути зменшена за рахунок поєднання окремих складських приміщень між собою (розташування їх у одному приміщенні). Наприклад: склад обладнання, що надійшло у ремонт, склад обладнання, що відремонтоване, склад запасних частин ремонтваного обладнання і інструменту.

Таблиця 2.2 - Номенклатура складських приміщень ЕРП господарства

Назва складських приміщень	Площа, % від площі виробничих приміщень, fс, %
склад обладнання, що надійшло у ремонт	3,3
склад обладнання, що відремонтоване	3,8
склад запасних частин ремонтovanого обладнання	1,7
інструментальний склад	1,7
матеріальний і комплектувачий склад	3,8
склад паливно-мастильних матеріалів	0,5
склад господарських матеріалів	0,7

Площа побутових приміщень визначається по питомій нормі на одного працівника: для кімнат ІТП - 5 м² на людину; для кімнат лічильно-контрольного персоналу - 3 м²/чол.; для гардеробних приміщень – 0,05 м²/чол.; для умивальника – 0,05 м²/чол.; для кімнати відпочинку – 0,5 м²/чол.. Душові приміщення вибираються з розрахунку 1 м² на 15 і туалетні приміщення 2,5 м² на 25 робочих. Отриману площу побутових приміщень узгоджують з мінімальними нормами, згідно санітарних норм (мінімальна площа побутових приміщень 3 м²).

Після розрахунку площ і вибору ділянок виконується технологічна компоновка ЕРП і остаточно уточнюється площа кожної ділянки, відділення, робочого місця. Принцип компоновки ЕРП полягає в наступному. Габаритні розміри будівлі повинні відповідати будівельним нормам: ширина кратна 3 або 6; відношення довжини до ширини не більше 3:1. Всі ділянки або відділення ЕРП діляться на основні, через які проходить основний вантажопотік - (розбірно-складальна, зварювальна, обмотувальна, випробувальна і ін.) і допоміжні, в яких виконуються додаткові операції або роботи (слюсарно-механічна, акумуляторна, побутові і ін.). Розміщення всіх ділянок повинне відповідати прийнятій схемі ТП ремонту електрообладнання: прямий потік або замкнутий потік. Наприклад, для

ЕРМ приймається як правило замкнутий потік, а для інших ЕРП прямий потік. З метою забезпечення вантажного потоку підйомно-транспортними засобами в основному виробничому приміщенні не передбачається розділових капітальних стін. Допоміжні ділянки відгороджуються капітальними стінами. Компонівка приміщень виконується в наступній послідовності. На початку на плані проставляються габаритні розміри будівлі (приміщення) ЕРП, потім виділяються частини під основні виробничі ділянки і допоміжні ділянки. Далі, починаючи від однієї з торцевих стін будівлі намічають (відзначають) за розрахованими раніше площами по ходу ТП основні відділення або ділянки, а у відповідних по вантажопотоку місцях на суміжних площах виділяються допоміжні ділянки. Приклад плану і компоновки приміщень ЕРП приведено на стенді.

Вибір і розстановка технологічного обладнання

Відповідно до прийнятої технології виробництва ремонтних робіт вибирається технологічне обладнання ЕРП. Технологічне обладнання ЕРП залежно від призначення поділяється на п'ять основних груп: типове або стандартне обладнання; нестандартне технологічне обладнання; інвентар; пристосування і спеціальний інструмент і прилади.

Обладнання сучасного електроремонтного підприємства дуже різноманітне. Воно включає рухомі транспортні засоби: автомобілі, трактори, електрокари, і ін.; підйомно-транспортні машини і пристрої: мостові крани, кран-балки, консольні крани, тельфери, вантажні підйомники і візки. Слюсарно-механічне відділення обладнують різними металоріжучими верстатами: токарними, свердлувальними, строгальними, фрезерними, шліфувальними, гільйотинами і дисковими ножицями і ін. Для проведення штампувальних складально-розбірних робіт використовується пресове обладнання.

Намотувально-ізоляторне обладнання включає верстати або пристосування для намотування котушок і секцій обмоток, верстати для відновлення ізоляції обмотувального дроту, верстати і пристосування для намотування бандажів на лобові частини обмоток, запресовування пазових

клинів, кантувальники, поворотні столи і т.п. На сушильно-просочувальній ділянці розташовують сушильні печі і камери, просочувальні ванни і установки, баки, казани для просочення і лакування обмоток, пульверизатори і інше обладнання. На ділянці розбирання і миття встановлюються мийні машини і пристрої; вентиляційне і компресорне обладнання, пристрої і блоки для обрізання і видалення обмоток, печі для випалювання ізоляції, дрібоструміві пристрої і інші пристрої і пристосування. На випробувальній станції встановлюються спеціальні стенди навантажень для випробування електричних машин після ремонту, комплекти і стенди апаратури електровимірювання, контрольно-випробувальні установки, верстати балансувань, і т.п. Повніші відомості про комплектацію обладнанням виробничих ділянок і відділень ЕРП приводяться в [1-17]. Склад вибраного технологічного обладнання повинен повною мірою відповідати номенклатурі ремонтного фонду і прийнятій технології ремонту електрообладнання. Технологічне обладнання для ЕРП вибирається по типовій номенклатурі, каталогам обладнання і довідковій літературі [10-12,15]. Обмежений перелік обладнання, установок і пристосувань, використовуваних для ремонту електрообладнання приводиться у даних методичних вказівках. Відомості про вибране технологічне обладнання приводяться у формі таблиці 2.2.

Таблиця 2.3 - Технологічне обладнання ЕРП

Найменування обладнання	Тип, марка	Кількість	Технічна характеристика

Вибране технологічне обладнання розподіляється по відповідних ділянках або відділеннях ЕРП і складається план його розташування, на якому приводиться перелік або специфікація обладнання. Приклад плану розташування технологічного обладнання приведено на стенді.

При розстановці устаткування необхідно виконувати вимоги техніки безпеки і будівельні норми, згідно з якими: відстань від стін до обладнання повинна бути не менше 0,5 м; проходи між обладнанням – не менше 0,7 м; проїзди у приміщеннях ЕРП – 1,5-2,0 м.

Після виконання розстановки технологічного обладнання виконують уточнення площі виробничих приміщень ЕРП і при необхідності корегують її, з урахуванням територіального розташування встановленого обладнання.

Технологічне обладнання, пристосування і установки для ремонту електрообладнання

Транспортування вантажів і підйомно-транспортні роботи

- Вантажні автомобілі: УАЗ-451ДМ (вантажопідйомністю 1 т); ГАЗ-52-04, (2,5 т); ГАЗ-53А, (4 т); ЗИЛ-130-76 (6т).
- Колісні трактори: Т-25А (тягового класу 0,6); Т-40АМ (класу 0,9); МТЗ-80, ЮМЗ-6Л (класу 1,4).
- Електрокари: АЧ-1; ЭК-2; ЭК-2.
- Електроштабелери: ЕП-205; ЕВ.41856.2.
- Електронавантажувачі: ЕП-1008; ЕВ.687.2.
- Візки уніфіковані: ТУ-30.
- Кран-балка: 616-VI і ін. (вантажопідйомністю 2,3 і 5 т).
- Монорельси: 0,5; 1,0 т.
- Консольні крани: 1, 2 т.
- Електротельфери: 0,5; 1 і 2 т.
- Підйомні ручні і електричні талі: ТБ-0,25; ТБ-0,5; ТБ-1,0; ТБ-2,0; ТБ-3,0.
- Лебідки ручні і електролебідки: ОД-6; Т-102; Т-59; Т-69.

Слюсарно-механічні роботи

- Токарно-гвинторізні верстати: 1К62; 16К20; 1И611.
- Фрезерні верстати: 6Н81; 6Н12.
- Строгальні верстати: 7Б35; 742.
- Шліфувальні верстати: 3А151; 3А227В; 3А82 з гнучким валом.
- Свердлувальні верстати: 2Н125; 2Н135; 2Н112П- настільний.
- Верстат механізованого наплавлення деталей: У-635.
- Стенд для наплавлювання валів: ОКС-3272.
- Трубозгинальний верстат: ВМС-28М.
- Труборізальний верстат: ВМС-35.
- Точильний апарат: ТА-255.
- Верстак слюсарний ОРГ-1468-060А.

Розбірні і складальні роботи

- Стенд для розбирання і збірки електродвигунів з набором пристосувань ОР-3505.
- Стенд для збірки електродвигунів 002.1ОМ.00.00.000.
- Стенд для розбирання заглиблених електродвигунів ОПР-3312.
- Блок обрізання лобових частин обмотки статора ОР-22007.
- Блок видалення обмотки статора електродвигунів ОР-22006 і ОР-22002.
- Стенд брикетування видалених обмоток електродвигунів продуктивністю 30 ел.дв./год. ОР-22015.
- Пристосування для нагріву підшипників ОПР-8832.
- Піч для випалювання ізоляції 6СД.319.002.
- Установка для випалювання ізоляції і очищення статорів асинхронних двигунів ОР-22009.
- Пристосування для введення і виведення роторів в розточку статора 6360-09-00.

- Прес гідравлічний для видалення підшипників з роторів електродвигунів ОР-22001.
- Прес гідравлічний 185-М і ОКС-1522.
- Знімач універсальний для зняття шківів, муфт і підшипників 70-78а-2003, 70-780-2002.
- Стіл з комплектом пристосувань ОР-603а.
- Комплект пристосувань ПИМ-5331.
- Пристрій для запресовування шківів, муфт і зірочок на вали електродвигунів 70-7801-2005; 70-7801-2006.
- Стенд для розбирання електродвигунів ОПП-8505.
- Стенд для агрегування насоса і електродвигуна ОПП-6026.
- Стенд для збірки і настройки пускозахстної апаратури 70-7980.

Мийно-очисні і фарбувально-сушильні роботи

- Машина мийна з підвісним контейнером ОМ-4267М.
- Установа для миття дрібних деталей ОМ-6068Л.
- Установа дрібоструменева для очищення статора ОР-10085.
- Камера для обдуву статора 5СД.357.052.
- Технологічна лінія фарбування і сушки електродвигунів, деталей і вузлів машин ОР-4481.
- Камера для обдуву статора електродвигуна ОР-10085.
- Камера для очищення силового електрообладнання ОРГ-6362.
- Компресор діафрагмовий СО-45М.
- Камера фарбування 4КП-М-0000.
- Ванна мийна пересувна ОМ-1316.

Зварювальні роботи

- Стіл для електрозварювальних робіт ОКС-7522.
- Стіл для газозварювальних робіт ОКС-7547.
- Агрегат зварювальний автономний АДД-502.

- Зварювальні трансформатори ТС-300; ТСД-500; ТСД-700.
- Зварювальні трансформатори ТДМ-СЭЛМА; ТДМ-317; ТДМ-401; ТДМ502.
- Випрямляч зварювальний ВД-201; ВД-306; ВДУ-505; ВСС-700.
- Генератор ацетиленовий ГВН-1,25.
- Стійка для кисневих і ацетиленових балонів ОРГ-1468-03-241.

Заготовчі роботи

- Верстат для намотування котушок обмоток статорів електродвигунів потужністю 0,6- 40 кВт, ОР-22022.
- Верстат-автомат для виготовлення пазових клинів ОПР-2886.
- Верстат для виготовлення пазових коробочок електродвигунів з Н=56-132мм ОР-22040 і Н=160мм і більше ІС-45В.
- Верстат для виготовлення пазової ізоляції електродвигунів ОПР-3407.
- Намотувальний верстат СРН-0,5.
- Установа для очищення ізоляції проводів ОПР-7252.
- Установа для штампування кабельних наконечників ЩН-1 і ЩН-2.
- Картонорізальний верстат КН-1М.
- Верстат для мірного різання і маркування ізоляційних трубок типа РТ-51 і РТ-52.
- Автомат мірного різання і зачистки вивідних проводів АПЗ-2.
- Установа для опресовування кабельних наконечників вивідних проводів ОПР-7191.
- Установа для випалювання ізоляції на проводах УСП1-1.
- Емаль-піч ОР-22030.
- Намотувальні верстати обмоток, трансформаторів і котушок обмоток статорів електродвигунів марки ТТ20, ТТ21, ТТ22.

Роботи по укладанню обмоток, просочення і сушки статорів

- Кантувач статорів електродвигунів Н = до 132мм, 135ЮМ і Н = більше 160мм, 134ЮМ.
- Технологічна лінія комплексно-механізованого укладання обмоток електродвигунів до 100кВт, 103ЮМ.
- Стіл гільзовщика 5СД.026.112.
- Стіл для паяння і бандажування обмоток 5СД.026.092.
- Пристосування для забивання клинів в пази 925-3-090-00.
- Верстат бандажувальний РТ-50СН.
- Автоматична установка для вакуумного просочення і сушки обмоток статорів електродвигунів АСПУ-2.
- Установка автоматична для вакуумного просочення статорів електродвигунів АВ-1.
- Ванна для просочення обмоток електричних машин ОРГ-6362.
- Установка для сушки електродвигунів 8816.
- Електропіч опору камерна для сушки силового електроустаткування ОР-22030.
- Камерна піч опору СНОЛ-4,8-2,5/10М.
- Вертикальна просочувально-сушильна установка ВСУ-150.

Обмотувальні, контрольні і випробувальні роботи

- Контрольно-випробна установка асинхронних двигунів:
 - 0,25 - 40кВт з продуктивністю 10 тис.шт./рік КИУ-1;
 - 0,25 - 125кВт з продуктивністю 50 тис.шт./рік КИУ-7;
 - 0,25 - 125кВт з продуктивністю 10 тис.шт./рік КИУ-10.
- Контрольно-випробні установки:
 - заглиблених електродвигунів КИУ – 6;
 - синхронних генераторів і генераторів постійного струму КИУ – 8;

- зварювальних трансформаторів КИУ – 4;
- низьковольтної апаратури КИУ – 5.
- Установка проміжного контролю обмоток асинхронних електродвигунів різних генераторів і зварювальних трансформаторів з продуктивністю 30 тис.шт./рік, УПК - 1.
- Установка проміжного контролю заглиблених електродвигунів УПК-2.
- Установка проміжних випробувань електродвигунів УПК - 2.
- Прилад для діагностування підшипників електродвигунів КИ-6411.
- Прилад для діагностування ізоляції електродвигунів КИ-6417.
- Прилад для контролю роторів, ПКР-2.
- Пристосування для діагностування контактних систем магнітних пускачів КИ-6427.
- Верстат балансування ДБ10.9В725.
- Стіл дефектації статорів 5ЮМ.026.009.
- Установка для дефектації роторів КИ-6386.
- Стіл для дефектації щитів і роторів 5ЮМ.026.010.
- Стенд для обкатки і випробування заглиблених насосів ОР-873М.
- Шафа з набором вимірювального інструменту ОРГ-1661.
- Джерело високовольтної напруги ВС-22.
- Апарат контролю обмоток ВЧФ-5-2.
- Індукційний трифазний регулятор напруги ИР-60.
- Прилади для дефектації обмоток: СМ-1; СМ-1Б; СМ-2; СМ-4; ЕЛ-1.
- Стенди універсальні МИИСП і УСХА.
- Комплекти електровимірювальних приладів: К-51; К-505М.

Зберігання електрообладнання

- Автоматизований склад для зберігання асинхронних електродвигунів ОС-4477.
- Стелажі складально-розбірні металеві з стійками СА-7 і полицями А.
- Стелажі для зберігання електродвигунів ОС-4476 і ОС-4477.
- Контейнери для електродвигунів:
 - з Н = до 132 мм, ОС-1679А
 - з Н = більше 160 мм, ОС-1679Б.

Приклади компоновки електроремонтних підприємств і плани розташування технологічного обладнання

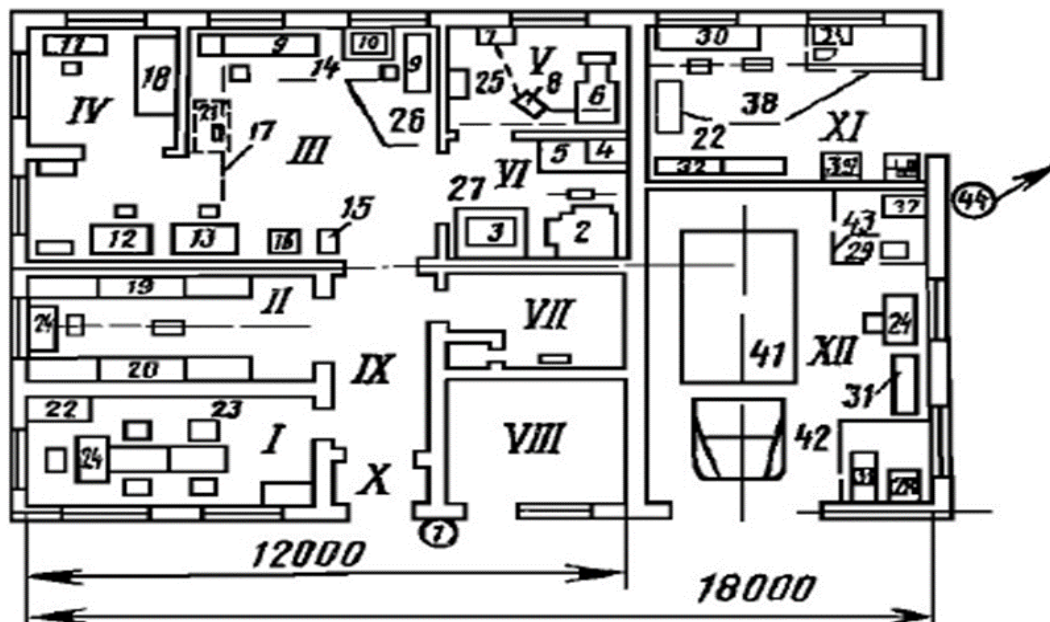


Рисунок 2.1 – Компоновка бази ремонту електроустаткування. Експлікація приміщень: I - приміщення для персоналу; II - склад; III - ділянка ремонту електроустаткування; IV - ділянка ремонту засобів зв'язку; V, VI - ділянки просочення, сушки і фарбування; VII, VIII - допоміжні приміщення; IX, X - тамбури; XI - монтажний цех; XII - заготовча ділянка (гараж). Експлікація обладнання: 1, 44 - консольні крани; 2, 4 сушильні шафи; 3 - просочувальний бак; 5, 24, 30, 34 - столи; 6 - камера для фарбування; 7 - стіл-верстак; 8 - пересувний компресор; 9 - робоче місце ремонту двигунів; 10 - щит силовий; 11 - стенд

вимірювальний; 12 - робоче місце для ремонту електроосвітлювальних установок; 13 - робоче місце для ремонту пускозахисної апаратури; 14, 36 - зварювальні трансформатори; 15, 40 - електроточило; 16, 39 - настільно-свердлувальний верстат; 17 - таль; 18, 19, 20, 31, 32, 33 - стелажі; 21 - візки; 22, 25 - шафи; 23 - стілець; 28, 29, 37 - випробувальні установки; 28,42,43 - огорожі; 41 - пересувна лабораторія.

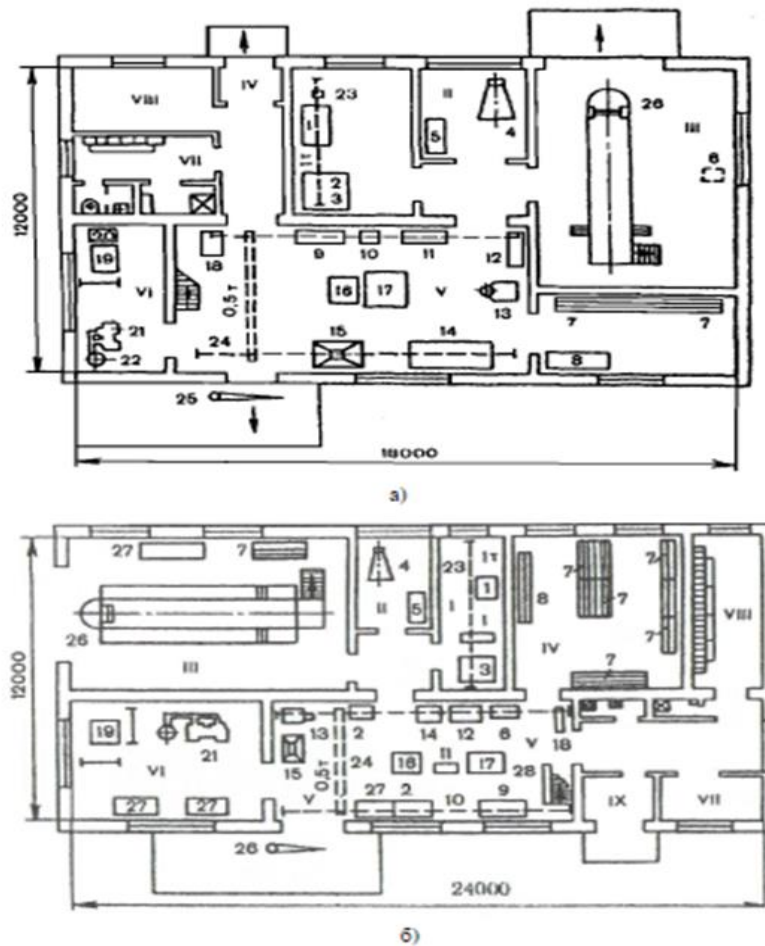


Рисунок 2.2 – План пункту технічного обслуговування і ремонту електроустаткування з виробничою програмою 2100 (а) і 4200 (б) умовних ремонтів в рік.

Експлікація приміщень: I - дільниця просочування і сушіння; II - дільниця фарбування; III - бокс для стоянки спец автомобіля; IV – витратний склад; V - ремонтно-монтажна дільниця; VI - дільниця заготовки конструкцій; VII - кабінет майстра; VIII - побутові приміщення; IX – тамбур.

Експлікація обладнання: 1 - шафа сушильна (ЦЭП-282, ПЛ-18-12, СНОЛ-3,5); 2 - установка мийна (ОМ-1316, ОРГ-4590); 3 - шафа витяжна ШВ.00.000; 4 - шафа для матеріалів і приладів (ПН-215, ОРГ-1468-0,7-40, НО-106-1019-704-00); 5 - камера для фарбування (КО-00.000, 4КП-М-0000); 6 - компресор (ТП-0,15/10 або СО-7А); 7 - стелаж (5152-000-5154 або ОРГ-1468-050320А); 8 - шафа для приладів, інструменту і монтажних знарядь (5126-000, НО-101, ОРГ-1468-07-040 або 1019-554-000); 9 - стенд для ремонту електродвигунів (336Н.000 або КИ-968); 10 - силовий щит стенда для ремонту електродвигунів; 11 - стенд для випробування пароводозапірної арматури і автонапувалок ТО-7890-22-1400; 12 - стенд перевірки і ремонту опромінювальних та освітлювальних установок (337Н-000 або Пг-1Э6Н-000); 13 - установка для випробування занурювальних електронасосів КИ-6301; 14 - стенд для ремонту і налагодження пускорегулювальної апаратури (339.Н.000, П1/35Н.030 або 8Э28-01.00-000); 15 - шафовий схов ШУ.00.000; 16 - стіл монтажний ОРГ.1462.01.080А; 17 - стенд для перевірки, заряджання і регулювання холодильних машин ОР08726М; 18 - ванна для розігрівання деталей (ОКС-1513, П-10Б-01 або ТЛ-00.000); 19 - стіл для електрозварювальних робіт ОКС-7523; 20 – щит для електрозварювальних робіт 5157.000; 21 - верстат шліфувальний (ЗБ.634, С-475); 22. установка пилоуловлювальна ЗНЛ-900М; 23 - таль черв'ячний ГОСТ-1106-74 або електричний ТЗ-5-133П; 24 - кран підвісний 1.0.5.1-2.5-6; 25 - кран консольно-поворотний ОПТ-1153; 26. підйомник гідравлічний П-113; 27 – верстак слюсарний (5101.000, ОРГ-1468-01-070 з поворотними лещатами); 28 - підставка під обладнання (ОРГ01468 або 1019-413-00)

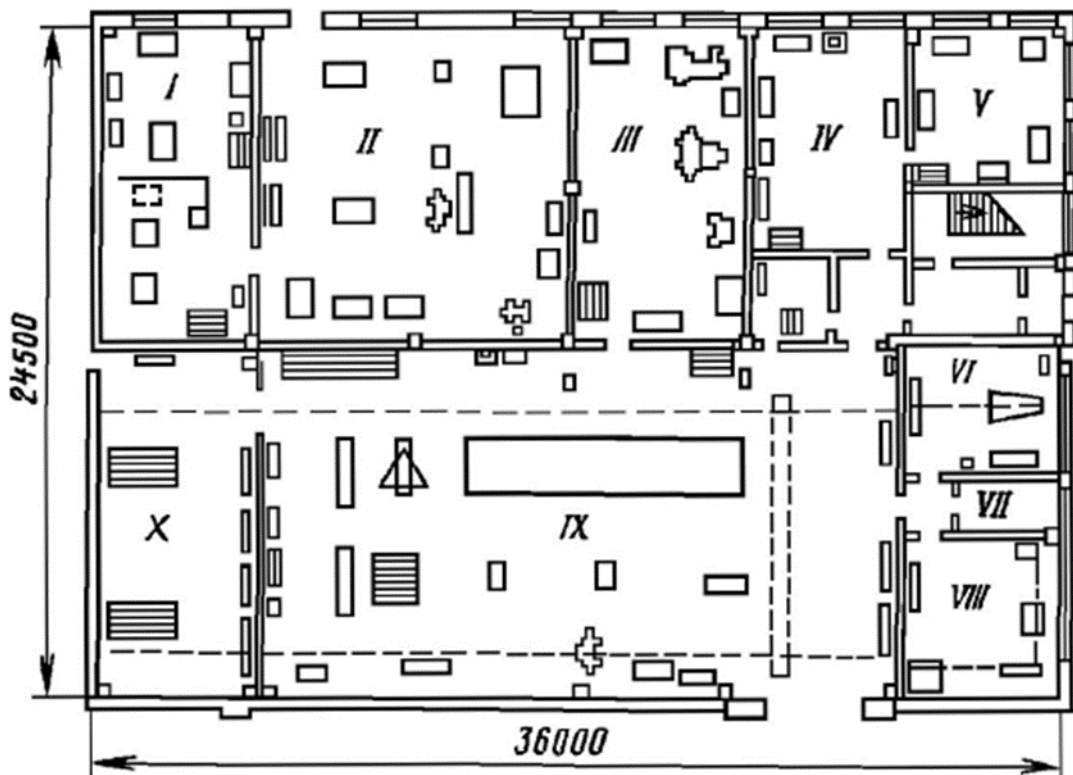


Рисунок 2.3 – Компоновка електроремонтного підприємства.

Експлікація приміщень: I - ковальсько-зварювальна ділянка; II - ділянка підготовчо-монтажних робіт; III - слюсарно-механічна ділянка; IV - ділянка ремонту апаратури; V - ділянка ремонту приладів; VI - ділянка фарбування; VII - компресорна; VIII - ділянка просочення і сушки; IX - ремонтно-монтажне відділення; X - ділянка підготовки ремонтних робіт.

Приклад виконання роботи

Скласти схему технологічного процесу. Розрахувати площу і виконати компоновку ділянок електроремонтного підприємства. Виконати вибір і розташування технологічного оснащення виробничих ділянок електроремонтного підприємства.

Вихідні дані для розрахунків (результати розрахунків по практичній роботі № 7):

- річна виробнича програма ЕРП господарства $Q_p = 614,03$ УОР;
- тип електроремонтного підприємства - електроремонтна дільниця;
- штатний склад ремонтного підприємства:
 - а) керівник підприємства - технік-електрик підпорядкований головному енергетику господарства;
 - б) виробничий персонал $N = 5$ чол. (електрослюсар $N_{ел.сл.} = 1$ чол.; персонал що виконує ремонт обмоток $N_{обмот.} = 2$ чол.; верстатник $N_{верст.} = 1$ чол.; працівники інших спеціальностей $N_{п.і.с.} = 1$ чол.

Розв'язання.

Розрахунок площі і компоновка ділянок ЕРП

Структура електроремонтного підприємства і склад його устаткування визначаються рядом чинників, основними з яких є номенклатура і об'єм ремонтovanого устаткування. З урахуванням зазначених чинників приймається визначена технологія ремонту, згідно з якою технологічний процес протікає за певною схемою. Схему прийнятого технологічного процесу приведено на рисунку 2.1.

Передбачаємо до застосування на електроремонтному підприємстві наступні відділення: дефектаційно-підготовче; ремонту електромеханічної частини; обмотувальне; збирання і випробування машин.

Передбачаємо що, до складу перерахованих відділень входять наступні ділянки: розбірно-складальна, обмотувальна, малярна, просочення і сушки, контрольно-випробувальна, слюсарно-механічна, зварювальна.

Крім того, передбачаємо побутові приміщення: умивальники, душові, вбиральні, приміщення для інженерно-технічних працівників і лічильно-контрольного персоналу, кімнату відпочинку, а також складські приміщення ремонтного фонду і готової продукції, матеріалів і інструменту.

Для виконання ремонту електрообладнання у господарстві приймаємо (при річній виробничій програмі ЕРП господарства $Q_p = 614,03$ УОР) спеціальне приміщення – електроремонтна дільниця ($Q_p < 1000$ УОР).

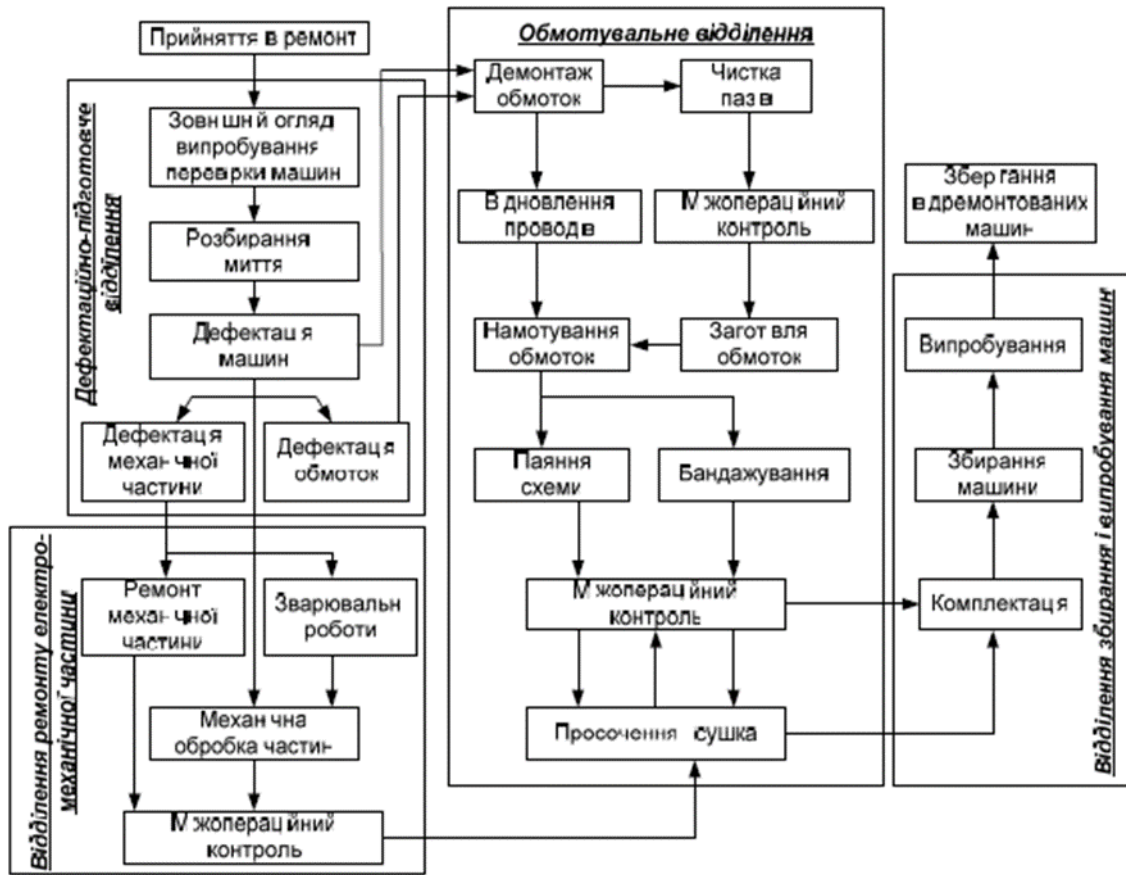


Рисунок 2.1 - Схема технологічного процесу електроремонтного підприємства

Загальна площа приміщень електроремонтної дільниці по ремонту електрообладнання господарства ФП, m^2 , визначається за формулою

$$F_{ED} = F_B + F_C + F_P,$$

де F_B – загальна площа виробничих приміщень, m^2 ;

F_C – загальна площа складських приміщень, m^2 ;

F_P – загальна площа побутових приміщень, m^2 .

Загальна площа виробничих приміщень електроремонтної дільниці F_B , m^2 , визначається за формулою

$$F_B = \sum_{i=1}^n f_{Bi} \cdot Q_p,$$

де f_{Bi} – питома площа i -ої ділянки виробничих приміщень, $m^2/УОР$.

Питома площа ділянок виробничих приміщень приймається згідно з рекомендаціями приведеними в таблиці 2.1 або у довідковій літературі [4]. При річній виробничій програмі $Q_p < 3000$ УОР не застосовуємо додаткові ділянки виробничих приміщень.

Ділянки: – розбірно-складальна	$F_{B1} = 0,025 \cdot 614,03 = 15,35 \text{ м}^2$;
– слюсарно-механічна	$F_{B2} = 0,01 \cdot 614,03 = 6,14 \text{ м}^2$;
– зварювальна	$F_{B3} = 0,01 \cdot 614,03 = 6,14 \text{ м}^2$;
– обмотувальна	$F_{B4} = 0,02 \cdot 614,03 = 12,28 \text{ м}^2$;
– просочення і сушки	$F_{B5} = 0,008 \cdot 614,03 = 4,91 \text{ м}^2$;
– контрольно-випробувальна	$F_{B6} = 0,008 \cdot 614,03 = 4,91 \text{ м}^2$;
– малярна	$F_{B7} = 0,01 \cdot 614,03 = 6,14 \text{ м}^2$.

$$F_B = 15,35 + 6,14 + 6,14 + 12,28 + 4,91 + 4,91 + 6,14 = 55,87 \text{ м}^2.$$

Загальна площа складських приміщень електроремонтної дільниці F_C , m^2 , визначається за формулою

$$F_C = \sum_{i=1}^n \frac{F_B \cdot f_{Ci}}{100},$$

де f_{Ci} – відсоток на i -те складське приміщення від загальної площі виробничих приміщень, %.

Нормативне значення площі складських приміщень у відсотках від загальної площі виробничих приміщень приймається згідно з рекомендаціями приведеними в таблиці 2.2 або у довідковій літературі [5]. При цьому кількість складських приміщень зменшуємо за рахунок поєднання окремих складських приміщень між собою.

Склади:

- склад обладнання, що надійшло у ремонт $F_{C1} = \frac{55,87 \cdot 3,3}{100} = 1,84 \text{ м}^2$;
- склад обладнання, що відремонтоване $F_{C2} = \frac{55,87 \cdot 3,8}{100} = 2,12 \text{ м}^2$
- склад запасних частин ремонтovanого обладнання, матеріальний і комплектувочний склад $F_{C3} = \frac{55,87 \cdot (1,7 + 3,8)}{100} = 3,07 \text{ м}^2$
- інструментальний склад, склад паливно-мастильних матеріалів, склад господарських матеріалів $F_{C4} = \frac{55,87 \cdot (1,7 + 0,5 + 0,7)}{100} = 1,62 \text{ м}^2$

$$F_C = 1,84 + 2,12 + 3,07 + 1,62 = 8,65 \text{ м}^2.$$

Враховуючи незначні площі складських приміщень виконуємо поєднання окремих складів:

- склад обладнання, що надійшло у ремонт і що відремонтоване $F_{C12} = 1,84 + 2,12 = 3,96 \text{ м}^2$;
- інші склади (запасних частин, матеріальний, комплектувочний, інструментальний, паливно-мастильних матеріалів, господарських матеріалів) $F_{C34} = 3,07 + 1,62 = 4,69 \text{ м}^2$.

Визначаємо площу побутових приміщень (FП):

- для кімнат ІТП - 5 м^2 на людину (технік-електрик 1 чол.) $F_{ІТП} = 5 \text{ м}^2$;
- кімнати лічильно-контрольного персоналу - $3 \text{ м}^2/\text{чол.}$ (не передбачено);
- гардеробні приміщення – $0,05 \text{ м}^2/\text{чол.}$ (виробничий персонал $\mathbf{N} = 5$ чол.) $F_{ГП} = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ м}^2$ (мінімальна площа побутових приміщень 3 м^2).
Приймаємо $F_{ГП} = 3 \text{ м}^2$;
- умивальник – $0,05 \text{ м}^2/\text{чол.}$ Приймаємо $F_{У} = 3 \text{ м}^2$;
- кімната відпочинку – $0,5 \text{ м}^2/\text{чол.}$ $F_{ГП} = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ м}^2$. Приймаємо $F_{КВ} = 3 \text{ м}^2$;

- душові приміщення (1 м² на 15 робочих). Приймаємо F_Д = 3 м²;
- туалетні приміщення (2,5 м² на 25 робочих). Приймаємо F_Т = 3 м².

$$F_{П} = 5+3+3+3+3+3 = 20 \text{ м}^2.$$

Загальна площа приміщень електроремонтної ділянки по ремонту електрообладнання господарства складе

$$F_{ЕД} = 55,87 + 8,65 + 20 = 84,52 \text{ м}^2.$$

Після розрахунку площ і вибору ділянок виконуємо технологічну компоновку ЕРП і остаточно уточнюємо площу кожної ділянки. Принцип компоновки ЕРП полягає в наступному:

- з урахуванням будівельних нормам (ширина кратна 3 або 6; відношення довжини до ширини не більше 3:1) приймаємо габаритні розміри будівлі.

Приймаємо габаритні розміри будівлі - А=15 м, В=6 м, F_{ЕД(прийняте)} = 15 x 6 = 90 м²;

- η на плані проставляємо габаритні розміри будівлі ЕРП;

- η виділяємо частини площі під основні виробничі ділянки;

- η розподіляємо площі, що залишилися під допоміжні ділянки (якщо вони передбачені розрахунками);

- З починаючи від однієї з торцевих стін будівлі намічаємо за розрахованими раніше площами по ходу ТП основні відділення або ділянки;

- З у відповідних по вантажопотоку місцях на суміжних площах виділяємо місця під допоміжні ділянки;

- З на залишку площі компактно розміщуємо побутові приміщення.

Вибір і розстановка технологічного обладнання

Відповідно до прийнятої технології виробництва ремонтних робіт вибираємо технологічне обладнання ЕРП.

Відомості про вибране технологічне обладнання приводяться у формі таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технологічне обладнання ЕРП

Найменування обладнання	Тип, марка	Кількість	Технічна характеристика
1	2	3	4
<i>Транспортування вантажів і підйомно-транспортні роботи</i>			
Візок уніфікований	ТУ-30	1	
Монорельс		1	1,0 т.
Консольні крани		1	1,0 т.
Підйомна ручна таль	ТБ-1,0	1	1,0 т.
<i>Слюсарно-механічні роботи</i>			
Токарно-гвинторізний верстат	1К62	1	
Фрезерний верстат	6Н81	1	
Свердлувальний верстат	2Н112П	1	настільний
Точильний апарат	ТА-255	1	
Верстак слюсарний	ОРГ-1468-060А	1	
<i>Розбірні і складальні роботи</i>			
Стенд для розбирання і збірки електродвигунів з набором пристосувань	ОР-3505	1	
Блок видалення обмотки статора електродвигунів	ОР-22006	1	
Піч для випалювання ізоляції	6СД.319.002	1	
Знімач універсальний для зняття шківів, муфт і підшипників	70-78а-2003	1	
Стіл з комплектом пристосувань	ОР-603а	1	
Комплект пристосувань	ПІМ-5331	1	
Стенд для збірки і настройки пускозахисної апаратури	70-7980	1	
<i>4 Мийно-очисні і фарбувально-сушильні роботи</i>			
Камера для обдуву статора	5СД.357.054	1	
Компресор діафрагмовий	СО-45М	1	
Камера фарбування	4КП-М-0000	1	
Ванна мийна пересувна	ОМ-1316	1	

<i>Зварювальні роботи</i>			
Стіл для електрозварювальних робіт	ОКС-7528	1	
Стіл для газозварювальних робіт	ОКС-7547	1	
Агрегат зварювальний автономний	АДД-504	1	
Зварювальний трансформатор	ТС-300	1	
Генератор ацетиленовий	ГВН-1,25	1	
Стійка для кисневих і ацетиленових балонів	ОРГ-1468-03-241	2	
<i>Заготовчі роботи</i>			
Верстат для намотування котушок обмоток статорів електродвигунів	ОР-22024	1	потужністю 0,6- 40 кВт
Верстат для виготовлення пазової ізоляції електродвигунів	ОПР-3407	1	
Картонорізальний верстат	КН-1М	1	
<i>Роботи по укладанню обмоток, просочення і сушки статорів</i>			
Кантувач статорів електродвигунів	135ЮМ	1	Н = до 132мм
Технологічна лінія комплексно-механізованого укладання обмоток електродвигунів	103ЮМ	1	до 100кВт
Стіл для паяння і бандажування обмоток	5СД.026.098	1	
Верстат бандажувальний	РТ-50СН	1	
Ванна для просочення обмоток електричних машин	ОРГ-6364	1	
Установка для сушки електродвигунів	8816	1	
Електропіч опору камерна для сушки силового електроустаткування	ОР-22030	1	

Обмотувальні, контрольні і випробувальні роботи			
Контрольно-випробна установка асинхронних двигунів	КИУ-1	1	0,25 - 40кВт з продуктивністю 10 тис.шт./рік
Контрольно-випробна установка низьковольтної апаратури	КИУ – 5	1	
Установка проміжного контролю обмоток	УПК - 1	1	продуктивністю 30 тис.шт./рік
Прилад для діагностування ізоляції електродвигунів	КИ-6417	1	
Стіл дефектації статорів	5ЮМ.026.009	1	
Апарат контролю обмоток	ВЧФ-5-3	1	
Індукційний трифазний регулятор напруги	ИР-60	1	
Стенд універсальний	МИИСП	1	
Зберігання електрообладнання			
Стелажі для зберігання електродвигунів	ОС-4476	4	
Стелажі складально-розбірні металеві	СА-7	3	
Контейнери для електродвигунів	ОС-1679А	6	з Н = до 132 мм

При розстановці устаткування необхідно виконувати вимоги техніки безпеки і будівельні норми, згідно з якими: відстань від стін до обладнання повинна бути не менше 0,5 м; проходи між обладнанням – не менше 0,7 м; проїзди у приміщеннях ЕРП – 1,5-2,0 м.

Після виконання розстановки технологічного обладнання виконують уточнення площі виробничих приміщень ЕРП і при необхідності корегують її, з урахуванням територіального розташування встановленого обладнання.

Контрольні питання

1. Що розуміють під схемою технологічного процесу?
2. Що розуміють під ділянкою електроремонтного підприємства?
3. Які ділянки необхідно передбачити на спеціалізованому на ремонті електродвигунів електроремонтному підприємстві?
4. Від чого залежить загальна виробнича площа електроремонтного підприємства?
5. Що необхідно враховувати при розташуванні ділянок і технологічного обладнання на електроремонтному підприємстві?

Додаток А

(Обов'язковий)

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Вихідними даними для виконання розрахунків з практичної роботи № 8 є результати розрахунків по практичній роботі № 1.

Практична робота №3

РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРА

Мета роботи: Засвоєння студентами методики розрахунку зовнішніх характеристик трансформатора та аналіз зміни напруги трансформатора під час коливання навантаження

Теоретичні відомості

Розрахунки виконуються з метою систематизації, закріплення та поглиблення теоретичних і практичних навичок щодо обчислень трансформаторів електричних мереж в умовах експлуатації при їх роботі в нормальних і аномальних режимах, аналізу допустимості тих чи інших режимів роботи.

Зовнішня характеристика трансформатора – це залежність вторинної напруги від коефіцієнта навантаження трансформатора при постійній напрузі, частоті і $\cos\varphi_2$.

Напруга короткого замикання U_k , її активна $U_{k.a}$ і реактивна $U_{k.p}$ складові залежать деякою мірою від номінальної потужності трансформатора. У трансформаторах середньої і великої потужності реактивна складова напруги короткого замикання значно більша, ніж активна. Тому в таких трансформаторах реактивне навантаження викликає більшу зміну напруги U_2' , ніж активна, тобто чим менший $\cos\varphi_2$, тим нижче проходить зовнішня характеристика і в більшій мірі змінюється напруга U_2' . значення вторинної напруги у відсотках може бути визначене наступним чином:

$$U_2' = U_{\text{НОМ}} \left(1 - \frac{\Delta U\%}{100} \right), \quad (3.1)$$

де $\Delta U\%$ - змінювання вторинної напруги трансформатора, яка визначається з виразу:

$$\Delta U_2\% = \beta \cdot (u_{ka}\% \cdot \cos \varphi_2 + u_{kp}\% \sin \varphi_2), \quad (3.2)$$

Зміна напруги трансформатора пропорційна струму навантаження $I_2' = I_1$ і залежить від кута φ_2 . Тому, використовуючи поняття коефіцієнта навантаження:

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2\text{НОМ}}} = \frac{I_1}{I_{1\text{НОМ}}}, \quad (3.3)$$

Одержуємо:

$$\Delta U_2\% = \beta \Delta U_{2\text{НОМ}}\% = \beta \cdot (u_{ka} \cdot \cos \varphi_2 + u_{kp}\% \cdot \sin \varphi_2), \quad (3.4)$$

Результати розрахунків доречно звести до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків зовнішньої характеристики трансформатора

β	$\cos \varphi_2 = 1$		$\cos \varphi_2 = 0,8; \varphi_2 > 0$		$\cos \varphi_2 = 0,8; \varphi_2 < 0$	
	$\Delta U\%$	U_2'	$\Delta U\%$	U_2'	$\Delta U\%$	U_2'

За результатами розрахунку (таблиця 3.1) необхідно побудувати зовнішню характеристику трансформатора (рисунок 3.1). Зробити висновок, як змінюється вторинна напруга від характеру навантаження.

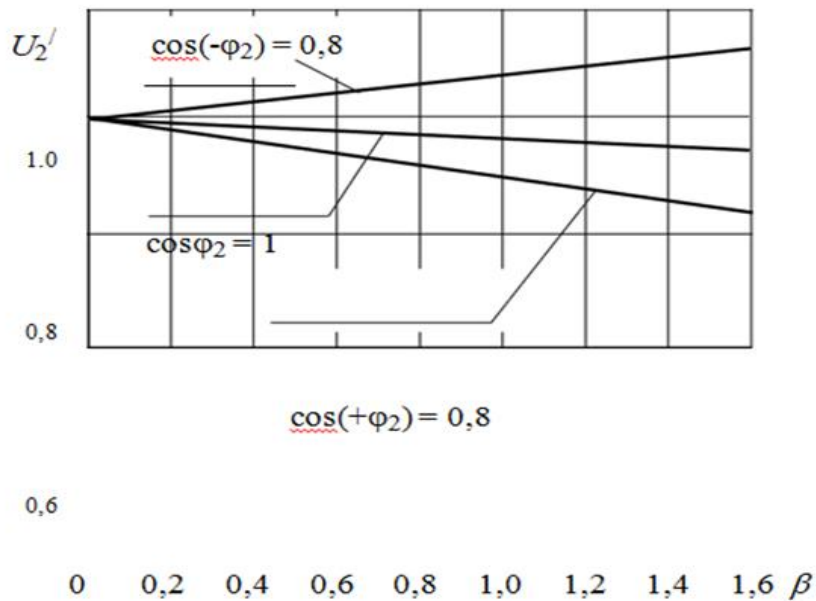


Рисунок 3.1 - Зовнішня характеристика трансформатора

Якщо вести розрахунок ΔU за спрощеною формулою (3.3), то $\Delta U = \Delta U_H \cdot \beta_H$; в цьому випадку зовнішня характеристика трансформатора є прямою лінією, причому при індуктивному навантаженні вона має слабо падаючий характер, при ємкісному навантаженні – слабозростаючий (дивись рисунок 3.1).

Приклад виконання роботи

Завдання. Для трансформатора із струмом холостого ходу (за паспортними даними) $I_{x.x.} = 2,7\%$, активною і реактивною складовими напруги короткого замикання відповідно $u_{ka} = 1,19\%$ і $u_{kp} = 5,47\%$, визначити зміну вторинної напруги під час змінного навантаження в межах від холостого ходу до $\beta = 1,5$ з коефіцієнтом потужності $\cos \varphi_2 = 1$ і $\cos \varphi_2 = 0,8$ при $\varphi_2 > 0$ і $\varphi_2 < 0$, тобто для навантажень характером: активне, індуктивне і ємкісне. Для побудови зовнішніх характеристик розрахувати по 6-7 точок для кожної характеристики.

Розв'язання.

Згідно завдання розраховуємо зовнішні характеристики $U_2' = f(\beta)$ при $U - \text{const}$, $\omega_c - \text{const}$, $\cos\varphi_2 = 1$ і $0,8$ при $\varphi_2 > 0$ і $\varphi_2 < 0$ та змінюванні навантаження трансформатора від холостого ходу до $1,5$ номінальної.

Значення вторинної напруги у відсотках може бути визначено так:

$$U_2' = U_{2\text{НОМ}} \left(1 - \frac{\Delta U\%}{100} \right),$$

де $\Delta U\%$ — змінювання вторинної напруги трансформатора, яка визначається з виразу $\Delta U\% = \beta \cdot (u_{ka} \cdot \cos\varphi_2 + u_{kp} \cdot \sin\varphi_2)$.

$$U_2' = U_{2\text{НОМ}} \left(1 - \frac{\beta \cdot (u_{ka} \cdot \cos\varphi_2 + u_{kp} \cdot \sin\varphi_2)}{100} \right),$$

де u_{ka} , u_{kp} — активна і реактивна складові напруги короткого замикання, %.

Приймаємо $U_{2\text{НОМ}}$ у відносних одиницях рівною номінальній, а саме

$$U_{2\text{НОМ}} = 1, \frac{U_2}{U_H}.$$

Вираз (3.2) перетворюється до вигляду:

$$U_2 = 1 \cdot \left(1 - \frac{\beta \cdot (u_{ka} \cdot \cos\varphi_2 + u_{kp} \cdot \sin\varphi_2)}{100} \right)$$

Саме за цим виразом проводимо розрахунки.

Визначаємо струм холостого ходу по відношенню до номінального згідно завдання $I_{x.x} = 3.7\%$, $I_{x.x} = 0.027I_H$.

Коефіцієнт навантаження трансформатора β змінюємо в межах

$$0,027I_H \leq \beta \leq 1,5I_H.$$

Результати розрахунку зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків зовнішніх характеристик трансформатора

β	$\cos\varphi_2 = 1$		$\cos\varphi_2 = 0,8; \varphi_2 > 0$		$\cos\varphi_2 = 0,8; \varphi_2 < 0$	
	$\Delta U, \%$	U_2'	$\Delta U, \%$	U_2'	$\Delta U, \%$	U_2'
1,5	1,781	0,982	6,350	0,936	-3,501	1,035
1,25	1,484	0,985	5,292	0,947	-2,917	1,029
1	1,187	0,988	4,233	0,958	-2,334	1,023
0,75	0,890	0,991	3,175	0,968	-1,750	1,018
0,5	0,594	0,994	2,117	0,979	-1,167	1,012
0,25	0,297	0,997	1,058	0,989	-0,583	1,006
0,027	0,032	1,000	0,114	0,999	-0,063	1,001
0	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000

За результатами розрахунку (таблиця 3.1) будемо зовнішню характеристику трансформатора (рисунок 3.1)

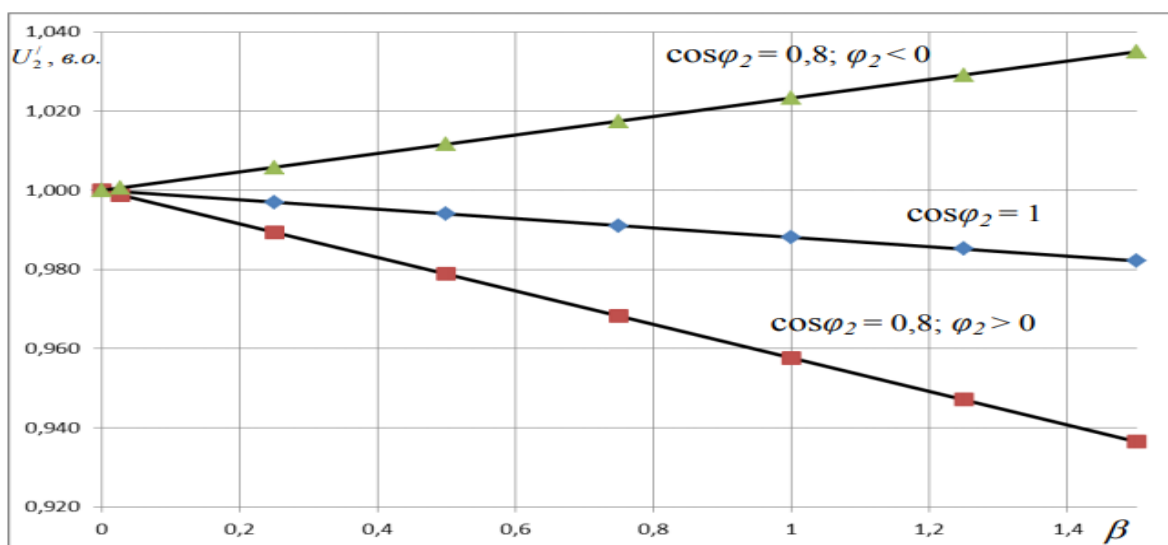


Рисунок 3.1 - Зовнішня характеристика трансформатора

Висновки: За результатами аналізу отриманих даних встановлено:

1. При $\cos\varphi_2 = 1$, тобто при активному навантаженні вторинна напруга змінюється від 1 до 0,982, тобто на 1,78%;
2. При $\cos\varphi_2 = 0,8; \varphi_2 > 0$, тобто при індуктивному навантаженні вторинна напруга змінюється від 1 до 0,936, тобто на 6,35 %;

3. При $\cos\varphi_2 = 0,8$; $\varphi_2 < 0$, тобто при ємнісному навантаженні вторинна напруга зростає від 1 до 1,035, тобто на 3,5%.

Контрольні питання

1. Що називають зовнішньою характеристикою трансформатора?
2. Яку напругу приймають за номінальну вторинну напругу трансформатора?
3. Від яких параметрів залежить зміна вторинної напруги?
4. Під час роботи трансформатора з яким навантаженням ΔU має від'ємне значення?
5. При якому навантаженні можливе значення $U_2' > U_1$?
6. Які фактори впливають на вигляд зовнішньої характеристики у графічному виконанні?

Додаток А
(Обов'язковий)

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Вихідні дані

для розрахунків до практичного заняття № 3

Варіант	$I_{x.x.}, \%$	$u_{ка}, \%$	$u_{кр}, \%$
1	2,1	1,49	4,25
2	2,00	1,21	5,37
3	2,00	1,21	5,57
4	2,80	1,17	5,48
5	2,75	1,18	5,37
6	2,6	1,12	5,38
7	1,3	1,14	5,38
8	1,00	1,14	5,38
9	0,97	1,06	5,40
10	2,1	1,39	4,49
11	7,0	1,88	5,17
12	2,1	1,39	6,35
13	2,80	2,06	4,00
14	2,80	2,12	3,97
15	7,50	1,20	5,37
16	2,60	1,22	4,54
17	2,60	1,72	4,16
18	2,40	0,79	4,63
19	2,40	0,80	4,43
20	2,40	1,37	4,29
21	2,40	1,40	6,35
22	2,30	1,48	4,25
23	2,30	1,51	6,63
24	2,30	1,71	6,27
25	3,00	1,47	4,46
26	2,30	1,7	6,27
27	2,10	1,37	4,29
28	2,40	1,25	4,32
29	2,80	2,03	4,02
30	2,30	1,71	6,06

Практична робота №4

РОЗРАХУНОК ЗАЛЕЖНОСТІ ККД ТРАНСФОРМАТОРА ВІД ВЕЛИЧИН НАВАНТАЖЕННЯ

Мета роботи: Засвоєння студентами методики розрахунку залежності ККД трансформатора від величин навантаження і аналіз факторів, які впливають на якісну роботу трансформатора та на втрати в ньому.

Теоретичні відомості

Розрахунки виконуються з метою систематизації, закріплення та поглиблення теоретичних і практичних навичок щодо обчислень трансформаторів електричних мереж в умовах експлуатації при їх роботі в нормальних і аномальних режимах, аналізу допустимості тих чи інших режимів роботи.

При роботі трансформатора мають місце втрати (wastes): електричні в провідниках обмоток і магнітні в сталевому осерді.

Електричні втрати обумовлені нагріванням обмоток трансформатора при проходженні по них електричного струму: електричні втрати в первинній і вторинній обмотках. Електричні втрати залежать від значення струмів в обмотках трансформатора, тобто від навантаження. Тому електричні втрати є **змінними**.

Магнітні втрати виникають через систематичне перемагнічування магнітопроводу змінним магнітним полем. Це перемагнічування викликає в магнітопроводі два види магнітних втрат:

- втрати від гістерезису, пов'язані із затратою енергії на зменшення до нуля залишкового магнетизму в феромагнітному матеріалі магнітопроводу;
- втрати від вихрових струмів, які наводяться змінним магнітним полем в пластинах магнітопроводу.

Магнітні втрати в осерді трансформатора пропорційні квадрату напруги, що підводиться до первинної обмотки трансформатора. При зміні навантаження первинна напруга трансформатора практично не змінюється. Тому магнітні втрати також не залежать від навантаження і є постійними.

Коефіцієнт корисної дії трансформатора визначається як відношення активної потужності на виході вторинної обмотки P_2 (корисна потужність) до активної потужності на вході первинної обмотки P_1 (потужність, що підводиться).

Залежність $ККД$ (η) трансформатора від коефіцієнта навантаження визначають за формулою, яка отримана після багатьох аналітичних

перетворень виразу $\eta = \frac{P_2}{P_1}$, а саме:

$$\eta = 1 - \frac{P_{0.ном} + \beta^2 \cdot P_{к.ном}}{\beta \cdot S_{ном} \cdot \cos \varphi_2 + P_{0.ном} + \beta^2 \cdot P_{к.ном}}, \quad (4.1)$$

$P_{к.ном}$ – втрати короткого замикання трансформатора при номінальному навантаженні, Вт;

$S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Зважаючи на те, що при заданому $\cos \varphi_2$ єдиною змінною в формулі (4.1) є коефіцієнт навантаження β , неважко визначити, при якому значенні цього коефіцієнта $ККД$ набуває максимального значення $\eta_{макс}$. Для цього треба взяти першу похідну від η по змінній β і прирівняти її до нуля. Зробивши цю дію, отримаємо

$$\beta_{max} * P_{к.ном} = P_{0.ном}, \quad (4.2)$$

тобто $ККД$ набуває найбільшого значення при такому навантаженні, при якому втрати короткого замикання дорівнюють втратам холостого ходу, або, як прийнято казати, змінні втрати дорівнюють постійним.

З (4.2) отримуємо

$$\beta_{max} = \sqrt{\frac{P_{ОНОМ}}{P_{К.НОМ}}}, \quad (4.3)$$

Результати розрахунку зводять до таблиці 4.1 і за нею будують характеристику.

Таблиця 4.1 – результати розрахунків залежності $\eta = f(\beta)$.

β	ККД	
	$\cos \varphi_2 = 0,8$	$\cos \varphi_2 = 1$

Залежність $\eta = f(\beta)$ наведена на рисунку 4.1.

За результатами розрахунків і рисунку 4.1 слід зробити висновки.

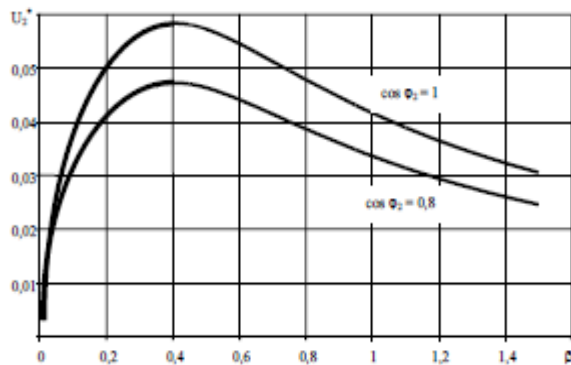
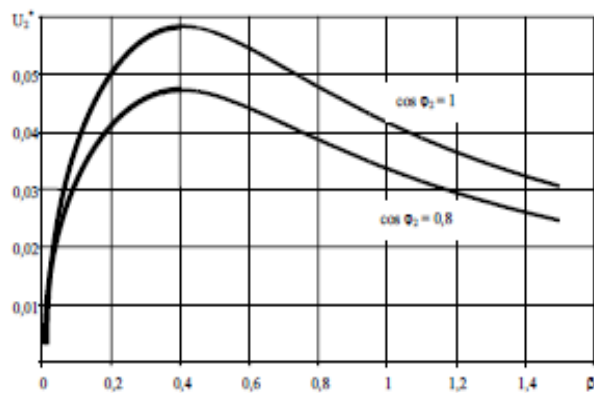


Рисунок 4.1 – Крива залежності $\eta = f(\beta)$.

Приклад виконання роботи

Завдання. Визначити ККД і побудувати графіки залежності $\eta = f(\beta)$ для трансформатора номінальною потужністю $S_{ном} = 250$ кВА, втратами холостого ходу $P_0 = 0,950$ кВт і втратами короткого замикання трансформатора $P_{к.ном.} = 4,180$ кВт при номінальному навантаженні, визначити основні параметри залежності змінювання ККД трансформатора від величини навантаження. Розрахунок виконати для двох значень коефіцієнта потужності навантаження: 0,8 і 1,0 при змінюванні ступеня навантаження в межах від 0 до 1,5. Для кожної залежності необхідно розраховувати по 6...7 точок, особливо виділивши найбільше значення ККД.

Розв'язання.

Визначаємо залежність ККД (η) трансформатора від коефіцієнта навантаження за формулою

$$\eta = 1 - \frac{P_{0ном} + \beta^2 \cdot P_{к.ном}}{\beta \cdot S_{ном} \cdot \cos \varphi_2 + P_{0ном} + \beta^2 \cdot P_{к.ном}},$$

де P_0 – втрати холостого ходу трансформатора, Вт;

$P_{к.ном}$ – втрати короткого замикання трансформатора при номінальному навантаженні, Вт;

$S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, ВА.

Розрахунок ККД ведемо для значень $\cos \varphi_2 = 0,8$ та $\cos \varphi_2 = 1$ при змінюванні ступеня навантаження в межах від 0 до 1,5 із кроком 0,25 (8 точок). Рішення для $\cos \varphi_2 = 1, \beta = 1,5$ в якості прикладу:

$$\eta = 1 - \frac{950 + 1.5^2 \cdot 4180}{1.5 \cdot 250 \cdot 10^3 \cdot 1 + 950 + 1.5^2 \cdot 4180} = 0.974.$$

За аналогією робимо розрахунки ККД для різних значень коефіцієнту навантаження β .

Визначаємо, при якому значенні β ККД буде максимальним.

$$\beta_{max} = \sqrt{\frac{P_{OHOM}}{P_{K.HOM}}},$$

$$\beta_{max} = \sqrt{\frac{950}{4180}} = 0.477$$

Результати розрахунку зводимо до таблиці 4.1 і за нею будемо характеристики $\eta = f(\beta)$.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунків залежності $\eta = f(\beta)$

β	η при $\cos\varphi_2 = 0,8$	η при $\cos\varphi_2 = 1$
1,5	0,967	0,973
1,25	0,971	0,977
1	0,975	0,980
0,75	0,978	0,983
0,5	0,980	0,984
0,477	0,980	0,984
0,25	0,976	0,981
0,1	0,953	0,962
0,023	0,828	0,858
0	0,000	0,000

За результатами розрахунків будемо залежність ККД від величин навантаження.

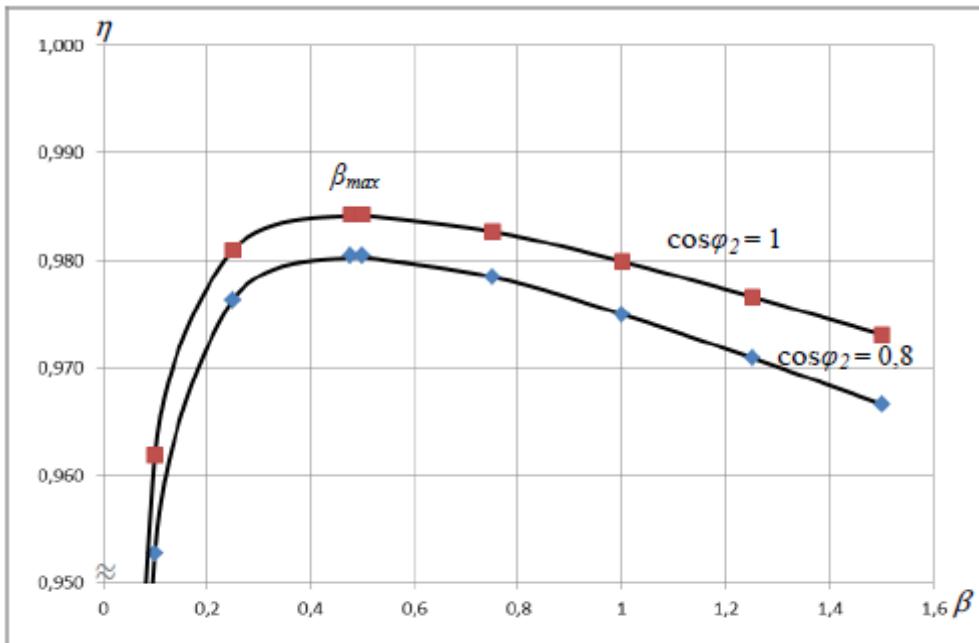


Рисунок 4.2 – Крива залежності $\eta = f(\beta)$.

Висновки:

1. Трансформатор буде працювати з максимальним ККД при коефіцієнті навантаження $\beta_{max} = 0,477$.
2. Значення ККД буде найбільшим при активному навантаженні, коли $\cos\varphi_2 = 1$.
3. Під час індуктивного навантаження ККД змінюється на 15,5% при зміні β від холостого ходу до 1,5 номінального навантаження.
4. Під час активного навантаження ККД змінюється на 12,8% при зміні β
5. від холостого ходу до 1,5 номінального навантаження.

Контрольні питання

1. Чим обумовлені електричні втрати при роботі трансформатора?
2. Від чого залежать електричні втрати?
3. Які чинники створюють магнітні втрати в трансформаторі?
4. Як визначається ККД трансформатора?
5. Чому із збільшенням навантаження ККД збільшується?

6. Поясніть, чому після досягнення максимуму ККД зменшується із збільшенням навантаження?
7. Який зазвичай ККД в силових трансформаторах?
8. Чи є різниця у величинах ККД для трансформаторів малої і великої потужності?

Додаток А
(Обов'язковий)

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Вихідні дані для розрахунків до практичного заняття № 4

Варіант	$S_{ном}$, кВА	$P_{0ном}$, кВт	$P_{к.ном}$, кВт
1	1000	2,250	11,80
2	1600	3,300	18,00
3	1600	3,375	18,30
4	2500	4,650	26,33
5	2500	4,695	26,56
6	100	0,350	1,205
7	100	0,390	1,220
8	100	0,375	1,724
9	100	0,460	1,265
10	160	0,490	1,290
11	400	0,970	5,965
12	630	1,380	7,620
13	630	1,300	7,610
14	1000	2,150	11,70
15	160	0,510	2,200
16	160	0,620	2,250
17	250	0,350	3,700
18	250	0,440	3,780
19	250	0,920	4,280
20	400	1,080	5,905
21	400	0,950	5,569
22	320	1,920	6,025
23	400	1,250	5,555
24	63	0,240	1,300
25	63	0,250	1,340
26	250	0,274	4,250
27	400	0,955	5,490
28	160	0,500	2,000
29	63	0,220	1,280
30	250	0,474	4,295

Практичні роботи №5

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ТРАНСФОРМАТОРИ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ: З РІЗНИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ТРАНСФОРМАЦІЇ; З РІЗНИМИ НАПРУГАМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Мета роботи: Засвоєння студентами методики розрахунків визначення допустимого навантаження при різних включеннях трансформаторів на паралельну роботу.

Теоретичні відомості

Розрахунки виконуються з метою систематизації, закріплення та поглиблення теоретичних і практичних навичок щодо обчислень трансформаторів електричних мереж в умовах експлуатації при їх роботі в нормальних і аномальних режимах, аналізу допустимості тих чи інших режимів роботи.

Паралельною роботою двох або декількох трансформаторів називається робота при паралельному з'єднанні їх обмоток як на первинній, так і на вторинній сторонах. При паралельному з'єднанні однойменні затискачі трансформаторів приєднують до одного і того ж проводу мережі.

Паралельне включення трансформаторів використовується:

- при коливаннях навантаження (в цьому випадку для забезпечення номінального навантаження трансформаторів та мінімальних втрат, їхню кількість, включених на паралельну роботу, визначається відповідно до підключеного навантаження);
- для забезпечення резервування (у випадках аварій або ремонтів трансформаторів);

- якщо потужність, на яку потрібно включити трансформатор, перевищує потужність, на яку виготовляється трансформатор (у випадках, коли краще використати, наприклад, два трансформатори меншої потужності, ніж один занадто великої потужності для заданого навантаження).

При паралельній роботі трансформаторів потрібно прагнути до того, щоб кожен із них був завантажений струмами, пропорційними їх номінальним потужностям.

Для цього потрібно, щоб виконувалися умови включення трансформаторів на паралельну роботу:

1. При однаковій первинній напрузі вторинна напруга повинна бути також рівною, тобто трансформатори повинні мати однакові коефіцієнти трансформації.
2. Трансформатори повинні належати до однієї групи з'єднань.
3. Трансформатори повинні мати однакові напруги короткого замикання.
4. Рекомендується відношення номінальних потужностей трансформаторів, які включені на паралельну роботу, не більше як 3:1.

При паралельній роботі двох трансформаторів однакової потужності, один з яких має вищу вторинну напругу холостого ходу (менший коефіцієнт трансформації) буде перевантаженим порівняно з трансформатором, який має більший коефіцієнт трансформації. Оскільки перевантаження трансформаторів є недопустимим, то потрібно знижувати загальне навантаження трансформаторів.

На практиці допускається паралельна робота силових трансформаторів, що мають розходження в коефіцієнтах трансформації не більш $\pm 0,5\%$; Такі жорсткі вимоги пояснюються тим, що при паралельному вмиканні трансформаторів з різними коефіцієнтами трансформації по обох обмотках протікають зрівняльні струми, нагріваючи їх. В умовах експлуатації на паралельну роботу можуть бути ввімкнені трансформатори, у яких перемикачі відпайок обмоток ВН знаходяться у різних положеннях. Для того, щоб показати наслідки такого вмикання, в

практичній роботі пропонується вести розрахунки при відхиленні коефіцієнтів трансформації, яке значно перевищує допустиме.

Величину зрівняльного струму, що протікає в обмотках паралельно включених трансформаторів при вимкненому навантаженні, можна визначити за формулою

$$I_{зр} = I_{2номI} \frac{\frac{U_1}{U_{1ном}} * \Delta K}{u_{kI} + u_{kII} + \frac{S_{номI}}{S_{номII}}}, \quad (5.1)$$

де $I_{2номI}$ – номінальний струм першого трансформатора, А;

$\frac{U_1}{U_{1ном}}$ – первинна напруга у відносних одиницях від номінальної;

u_{kI}, u_{kII} – напруга короткого замикання першого і другого трансформаторів, %;

$S_{номI}, S_{номII}$ – номінальні потужності трансформаторів, кВА;

ΔK – різниця коефіцієнтів трансформації двох трансформаторів, %.

$$\Delta K = \frac{k_I - k_{II}}{\sqrt{k_I * k_{II}}} * 100\%, \quad (5.2)$$

де k_I, k_{II} – коефіцієнти трансформації трансформаторів.

Зрівняльний струм відстає від вторинної напруги U_2 на кут φ_k , величина якого може бути визначена за формулою

$$\varphi_k = \arctg \frac{x_{kI} + x_{kII}}{r_{kI} + r_{kII}}, \quad (5.3)$$

де x_{kI}, x_{kII} – індуктивні опори короткого замикання, Ом; r_{kI}, r_{kII} – активні опори короткого замикання, Ом.

Загальний струм навантаження (мережі) дорівнює:

$$I_M = I_{MI} + I_{MII}, \quad (5.4)$$

де I_{MI} – струм навантаження першого трансформатора, А;

I_{MII} струм навантаження другого трансформатора, А.

$$I_{MI} = I_M * \frac{S_{НОМ I}}{S_{НОМ I} + S_{НОМ II}}, \quad (5.5)$$

$$I_{MII} = I_M * \frac{S_{НОМ II}}{S_{НОМ I} + S_{НОМ II}}, \quad (5.6)$$

Прийнято, що величина зрівняльного струму не змінюється, коли до паралельно з'єднаних трансформаторів підключається навантаження. При такому припущенні можна одержати струми в обмотках паралельно з'єднаних навантажених трансформаторів геометричним додаванням зрівняльного струму до струмів навантаження (рисунку 5.1).

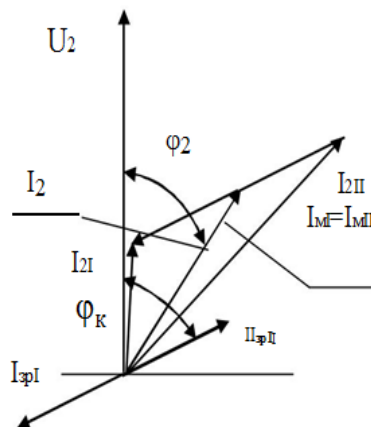


Рисунок 5.1 - Діаграма струмів при навантаженні паралельно працюючих трансформаторів для $\kappa_I > \kappa_{II}$, індуктивне навантаження

По осі координат тут відкладено вторинну напругу U_2 ; φ_2 – кут зміщення між вторинною напругою і струмом мережі, що визначається характером навантаження.

Зрівняльний струм в обмотках першого і другого трансформатора протікає в протилежних напрямках, тому для різних трансформаторів він зображений різними векторами.

$$I_{3p} = I_{3pII} - I_{3pI}, \quad (5.7)$$

При побудові діаграми в практичній роботі слід прийняти, що в першому квадраті відкладається зрівняльний струм, що протікає в обмотках трансформатора, який має більш високу вторинну напругу, а в третьому квадраті – зрівняльний струм другого трансформатора.

Мірою навантаження трансформаторів є рівняння:

$$I_{2I} = \sqrt{I_{MI}^2 + I_{3p}^2 \pm 2I_{MI} * I_{3p} * \cos(\varphi_k - \varphi_2)}, \quad (5.8)$$

$$I_{2II} = \sqrt{I_{MII}^2 + I_{3p}^2 \pm 2I_{MII} * I_{3p} * \cos(\varphi_k - \varphi_2)}, \quad (5.9)$$

В (5.8) і (5.9) знак „+” ставиться при визначенні I_2 трансформатора з більшою вторинною напругою.

З виразів (5.8) та (5.9) видно, що ступінь перевантаження або недовантаження трансформаторів залежить, по-перше, від величини I_{3p} і φ_k , які визначаються параметрами трансформаторів, і, по-друге, від кута φ_2 , що визначається параметрами зовнішнього кола.

При паралельній роботі трансформаторів з неоднаковими напругами короткого замикання струми навантаження розподіляються між ними обернено пропорційно значенням напруги короткого замикання. Допускається відхилення величини напруги короткого замикання від вказаних в ньому значень не більш, ніж на $\pm 10\%$ від середньоарифметичного значення усіх трансформаторів. Виконання цієї умови забезпечує пропорційний розподіл навантаження між трансформаторами відповідно до їх номінальних потужностей.

Напруга короткого замикання зростає у трансформаторів, які мають велику різницю за потужністю.

Якщо при паралельній роботі напруги короткого замикання не рівні, то перевантажується трансформатор з меншим значенням напруги короткого замикання, тобто з меншим опором короткого замикання. У цьому випадку потрібно зменшити загальне навантаження всієї групи паралельно працюючих трансформаторів, тобто встановлена потужність трансформаторів буде використовуватися не повною мірою.

Струми навантаження першого і другого трансформаторів пов'язані співвідношенням

$$\frac{I_I}{I_{II}} = \frac{S_{номI} \cdot u_{кII}}{S_{номII} \cdot u_{кI}}, \quad (5.10)$$

де I_I та I_{II} – струми першого і другого трансформаторів, А;

$S_{номI}$, $S_{номII}$ – номінальні потужності трансформаторів, кВА;

$u_{кI}$, $u_{кII}$, – напруга короткого замикання трансформаторів, %.

Якщо вважати, що

$$I_I + I_{II} = I_M, \quad (5.11)$$

де I_M – загальний струм навантаження (струм мережі), А; З

урахуванням (5.10) формула буде мати такий вигляд

$$I_{2I} = I_M \cdot \frac{S_{номI} \cdot u_{кII}}{S_{номI} \cdot u_{кII} + S_{номII} \cdot u_{кI}}, \quad (5.12)$$

$$I_{2II} = I_M \cdot \frac{S_{номII} \cdot u_{кI}}{S_{номI} \cdot u_{кII} + S_{номII} \cdot u_{кI}}, \quad (5.13)$$

Приклад виконання роботи

Завдання 1. Визначити величину струмів в обмотках двох трансформаторів, працюючих паралельно при номінальній первинній напрузі $U_I = U_{ном}$, якщо один трансформатор ввімкнено на номінальну напругу, а другий – на відпайку 5%,

параметри трансформаторів однакові: $U_{1H} = 10$ кВ; $U_{2H} = 0,4$ кВ; $S_{HI} = S_{HII} = 100$ кВА; $u_{kI} = u_{kII} = 4,7\%$; $x_{kI} = x_{kII} = 45,4$ Ом; $r_{kI} = r_{kII} = 12,17$ Ом. Коефіцієнти потужності для розрахунків: $\cos\varphi_2 = 1$ та $\cos\varphi_2 = 0,8$; $\varphi_2 > 0$.

Розв'язання

Визначаємо коефіцієнт трансформації першого і другого трансформаторів при заданих вторинних напругах

$$K_I = \frac{U_{1H}}{U_{2H}},$$

де U_{1H} – номінальна первинна напруга трансформатора, кВ;

U_{2H} – номінальна вторинна напруга трансформатора, кВ;

$$K_I = \frac{10}{0,4} = 25$$

$$K_{II} = \frac{U_{1H}}{1,05 * U_{2H}},$$

$$K_{II} = \frac{10}{1,05 * 0,4} = 23,8$$

Визначаємо струми трансформаторів при номінальному навантаженні і заданих вторинних напругах

$$I_{2HI} = \frac{S_{HI}}{\sqrt{3}U_{2HI}},$$

$$I_{2HII} = \frac{S_{HII}}{\sqrt{3}U_{2HII}},$$

$$I_{2HI} = \frac{100}{\sqrt{3} * 0,4} = 144,51 \text{ A}$$

$$I_{2HII} = \frac{100}{\sqrt{3} * 0,4 * 1,05} = 137,63 \text{ A}$$

Визначаємо загальний струм навантаження (мережі) при заданому режимі роботи

$$I_{\Sigma} = I_{2HI} + I_{2HII},$$

$$I_{\Sigma} = 144,51 + 137,14 = 282,14 \text{ A}$$

Визначаємо різницю між коефіцієнтами трансформації двох трансформаторів

$$\Delta K = \frac{k_I - k_{II}}{\sqrt{k_I * k_{II}}} * 100\%,$$

де k_I, k_{II} – коефіцієнти трансформації трансформаторів.

$$\Delta K = \frac{25 - 23,8}{\sqrt{25 * 23,8}} * 100 = 4,92 \%$$

Визначаємо величину зрівняльного струму, що протікає в обмотках паралельно включених трансформаторів при вимкненому навантаженні за формулою

$$I_{зр} = I_{2НОМ I} \frac{\frac{U_1}{U_{1НОМ}} * \Delta K}{u_{kI} + u_{kII} + \frac{S_{НОМ I}}{S_{НОМ II}}},$$

де $U_1/U_{1н}$ – первинна напруга в частках від номінальної;

u_{kI}, u_{kII} – напруга короткого замикання першого і другого трансформаторів, %;

$S_{нI}, S_{нII}$ – номінальні потужності першого і другого трансформаторів, кВА;

ΔK – різниця між коефіцієнтами трансформації двох трансформаторів, %.

$$I_{зр} = 144,51 \frac{1 * 4,92}{(4,7 + 4,7) * 1} = 75,01 \text{ A}$$

Зрівняльний струм відстає від вторинної напруги U_2 на кут φ_k , величина якого визначається за формулою:

$$\varphi_k = \arctg \frac{X_{kI} + X_{kII}}{r_{kI} + r_{kII}},$$

де x_{kI} , x_{kII} – індуктивні опори короткого замикання трансформаторів, Ом;

r_{kI} , r_{kII} – активні опори короткого замикання трансформаторів, Ом.

$$\varphi_k = \operatorname{arctg} \frac{45,40+45,40}{12,17+12,17} = 75,0^\circ$$

Визначаємо струм навантаження (мережі) в першому і другому трансформаторах без урахування зрівняльного струму.

$$I_{MI} = I_M * \frac{S_{НОМ I}}{S_{НОМ I} + S_{НОМ II}},$$

$$I_{MII} = I_M * \frac{S_{НОМ II}}{S_{НОМ I} + S_{НОМ II}},$$

$$I_{MII} = I_{MI} = 282,14 * \frac{100}{100+100} = 141,07 \text{ А}$$

Визначаємо струм навантаження в першому і другому трансформаторах з урахуванням зрівняльного струму.

Визначаємо струми, котрі протікають по вторинним обмоткам трансформаторів, котрі обумовлені порівнювальними струмами.

У виразі « + » для того трансформатора, у якого вторинна напруга більша, $K_{тр}$ – менший.

$$I_{2I} = \sqrt{I_{MI}^2 + I_{3р}^2 \pm 2I_{MI} * I_{3р} * \cos(\varphi_k - \varphi_2)}$$

$$I_{2II} = \sqrt{I_{MII}^2 + I_{3р}^2 \pm 2I_{MII} * I_{3р} * \cos(\varphi_k - \varphi_2)},$$

де φ_2 – кут зсуву між U_2 і I_2 , котрий визначається характером навантаження.

Для $\cos\varphi_2 = 1$:

$$I_{2I} = \sqrt{141,07^2 + 75,01^2 - 2 * 141,07 * 75,01 * \cos(75 - 0)} = 141,59 \text{ А}$$

$$I_{2II} = \sqrt{141,07^2 + 75,01^2 - 2 * 141,07 * 75,01 * \cos(75 - 0)} = 176,09 \text{ А}$$

Для $\cos\varphi_2 = 0,8$:

$$I_{2I} = \sqrt{141,07^2 + 75,01^2 - 2 * 141,07 * 75,01 * \cos(75 - 36,87)} = 94,22\text{A}$$

$$I_{2II} = \sqrt{141,07^2 + 75,01^2 - 2 * 141,07 * 75,01 * \cos(75 - 36,87)} = 205,37\text{A}$$

Визначаємо перевантаження трансформаторів:

$$\Delta I_i = \frac{I_{hi} - I_{2i}}{I_{hi}} * 100\%,$$

де ΔI_i - перевантаження i -го трансформатора, %;

I_{hi} - номінальний струм i -го трансформатора, А;

I_{2i} -струм вторинної обмотки i -го трансформатора, А.

Для $\cos\varphi_2 = 1$:

$$\Delta I_i = \frac{144,51 - 141,59}{144,51} * 100 = 2,02\%$$

$$\Delta I_i = \frac{137,63 - 176,09}{137,63} * 100 = -27,95\%$$

Для $\cos\varphi_2 = 0,8$:

$$\Delta I_i = \frac{144,51 - 94,22}{144,51} * 100 = 34,79\%$$

$$\Delta I_i = \frac{137,63 - 207,37}{137,63} * 100 = -49,22\%$$

Висновок:

При активному навантаженні трансформатор з більшим коефіцієнтом трансформації буде недовантажений на 2,02%, а з меншим коефіцієнтом трансформації перевантажений на 27,95%.

При індуктивному навантаженні трансформатор з більшим коефіцієнтом трансформації буде недовантажений на 34,79%, а з меншим коефіцієнтом трансформації перевантажений на 49,22%.

Будуємо діаграми струмів при навантаженні паралельно працюючих трансформаторів, коли $K_1 > K_2$.

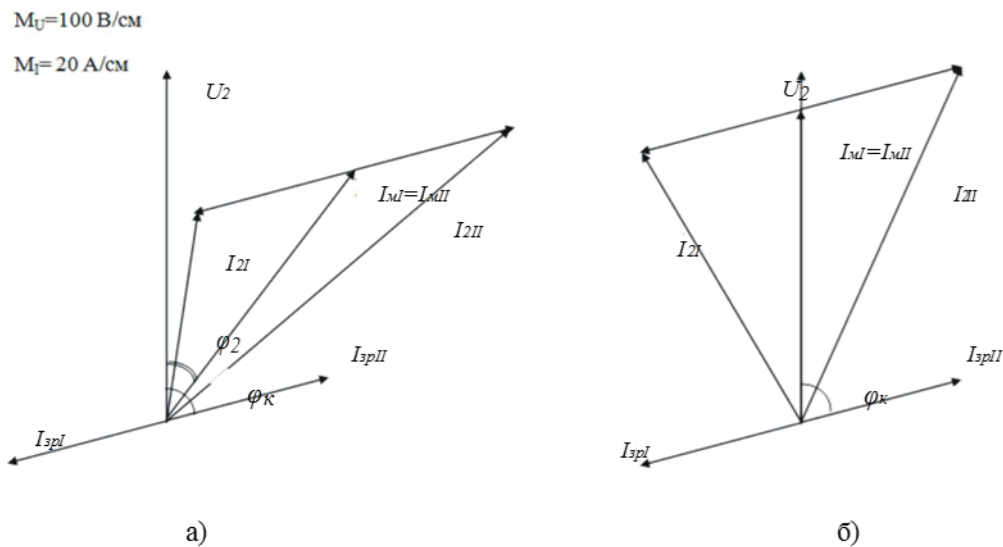


Рисунок 5.2 – Діаграми струмів при навантаженні паралельно працюючих трансформаторів з різними K_{tr} : а) $\cos \varphi_2 = 0,8$; $\varphi_2 > 0$; б) $\cos \varphi_2 = 1$

Завдання 5. Визначити, як розподілиться між трансформаторами струм навантаження, якщо: один з трансформаторів має значення напруги короткого замикання вказане в завданні, другий – у 1,1 разу більше, а $U_{1H} = 10$ кВ;

$U_{2H} = 0,4$ кВ; $S_{HI} = S_{HII} = 100$ кВА; $u_{k1} = 4,7\%$.

Розв'язання.

Визначаємось із значенням напруги к.з. другого трансформатора:

$$u_{kII} = u_{kI} \cdot 1,1 = 4,7\% \cdot 1,1 = 5,17\%.$$

Визначаємо первинні струми

$$I_{H1I} = I_{H1II} = \frac{S_{Hi}}{\sqrt{3}S_{Hi}},$$

де S_{Hi} - номінальна потужність і-го трансформатора, кВА;

U_{1H} - номінальна напруга первинної обмотки і-го трансформатора, кВ.

$$I_{H1I} = I_{H1II} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,78 \text{ А}$$

Визначаємо вторинні струми трансформаторів з відповідними u_k

$$I_{H2I} = I_{H2II} = \frac{S_{Hi}}{\sqrt{3}S_{Hi}},$$

$$I_{H2I} = I_{H2II} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,51 \text{ А}$$

Визначаємо загальний номінальний струм, на який можна завантажити два трансформатори:

$$I_{\Sigma} = I_{H2I} + I_{H2II},$$

$$I_{\Sigma} = I_{H2I} + I_{H2II} = 57,8 + 57,8 = 289,02 \text{ А}$$

Визначаємо вторинні струми трансформаторів з відповідними u_k

$$I_{2I} = I_{\Sigma} * \frac{S_{HI} * u_{kII}}{S_{HI} * u_{kII} + S_{HII} * u_{kI}},$$

$$I_{2II} = I_{\Sigma} * \frac{S_{HII} * u_{kI}}{S_{HI} * u_{kII} + S_{HII} * u_{kI}},$$

$$I_{2I} = 289,02 * \frac{100 * 5,17}{100 * 5,17 + 100 * 4,7} = 151,39 \text{ А}$$

$$I_{2II} = 289,02 * \frac{100 * 4,7}{100 * 5,17 + 100 * 4,7} = 137,62 \text{ А}$$

Висновки:

Трансформатор з меншою u_k буде перевантаженим на:

$$\Delta_I\% = \frac{I_{2I} - I_{H2I}}{I_{H2I}} * 100\%,$$

$$\Delta_I\% = \frac{151,39 - 144,51}{144,51} * 100 = 4,76\%$$

трансформатор з більшою u_k буде недовантажений на:

$$\Delta_{II}\% = \frac{I_{2II} - I_{H2II}}{I_{H2II}} * 100\%,$$

$$\Delta_{II}\% = \frac{137,62 - 144,51}{144,51} * 100 = -4,76\%$$

Контрольні питання

1. З якою метою застосовується паралельне включення трансформаторів?
2. Які основні умови включення трансформаторів на паралельну роботу?
3. Яке допустиме розходження в коефіцієнтах трансформації при паралельній роботі?
4. Чому виникає зрівняльний струм між паралельно включеними трансформаторами з різними коефіцієнтами трансформації?
5. Як розподіляються струми навантаження при паралельній роботі трансформаторів з неоднаковими напругами короткого замикання?
6. Яке відхилення величини напруги короткого замикання допускається при включенні на паралельну роботу трансформаторів?
7. Які наслідки паралельної роботи трансформаторів якщо напруги короткого замикання не рівні?
8. Яким чином можна досягти компенсації перерозподілених навантажень, які виникають через відмінності напруг короткого замикання?
9. При якому навантаженні паралельна робота трансформаторів з неприпустимим розходженням величин має більш негативні наслідки?

Додаток А

Вихідні дані для розрахунків до практичного заняття №5

Варіант	S_H , кВА	u_k , %	U_{1H} , кВ	U_{2H} , кВ	r_k , Ом	x_k , Ом
1	1000	5,5	10	0,4	1,18	5,37
2	1600	5,5	10	0,4	0,7	3,37
3	1600	5,5	10	0,4	0,71	3,36
4	2500	5,5	10	0,4	0,46	2,15
5	2500	5,5	10	0,4	0,42	2,16
6	100	5,5	10	0,4	12,02	53,67
7	160	6,5	35	0,4	72,08	492,41
8	100	4,5	10	0,4	17,20	41,58
9	100	4,7	10	0,4	4,93	28,96
10	160	4,5	10	0,4	5,03	27,67
11	400	4,5	10	0,4	3,72	10,62
12	630	5,5	10	0,4	1,92	8,52
13	630	5,7	10	0,4	1,91	8,84
14	1000	5,6	10	0,4	1,17	5,48
15	160	4,5	10	0,4	8,57	26,79
16	160	6,5	35	0,4	107,41	485,93
17	250	4,5	10	0,4	5,91	17,00
18	250	6,8	10	0,4	6,03	26,52
19	250	6,5	35	0,4	83,69	307,31
20	400	4,7	10	0,4	3,68	11,16
21	400	4,7	10	0,4	3,47	11,23
22	320	5,5	10	0,525	5,87	16,15
23	400	6,5	35	0,4	42,43	194,49
24	63	4,5	10	0,4	32,68	63,52
25	63	4,5	10	0,4	33,68	62,99
26	250	6,5	10	0,4	6,78	25,1
27	400	4,5	10	0,4	3,42	10,72
28	160	4,5	10	0,4	7,79	27,02
29	63	4,5	10	0,4	32,17	63,77
30	250	6,3	10	0,4	6,86	24,25

Практичні роботи №6

ЕКОНОМІЧНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Мета роботи: Засвоєння студентами методики розрахунків і визначення економічно доцільних режимів роботи, що забезпечують економію електричної енергії в силових трансформаторах.

Теоретичні відомості

Розрахунки виконуються з метою систематизації, закріплення та поглиблення теоретичних і практичних навичок щодо обчислень трансформаторів електричних мереж в умовах експлуатації при їх роботі в нормальних і аномальних режимах, аналізу допустимості тих чи інших режимів роботи.

Передача потужності через трансформатор супроводжується втратами, потужності в активному і реактивному опорах обмоток, а також втратами, пов'язаними з намагнічуванням сталі. Втрати, які виникають в обмотках, залежать від струму, тобто, втрати на намагнічування визначаються прикладеною напругою і в першому наближенні можуть бути прийняті незмінними і рівними втратам потужності холостого ходу.

Сумарні втрати потужності в трансформаторі активні і реактивні розраховують за формулами:

$$\Delta P_m = \Delta P_{k.з} \left(\frac{S}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_0, \quad (6.1)$$

$$\Delta Q_m = \frac{u_k \cdot S^2}{100 \cdot S_{ном}} + \Delta Q_0, \quad (6.2)$$

де S - навантаження трансформатора, кВА;

$S_{ном}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

ΔP_0 – активні втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

ΔQ_0 – реактивні втрати, кВАр.

Втрати потужності в трансформаторі розраховують за параметрами, наведеними у каталогах.

При паралельній роботі n однакових трансформаторів їх еквівалентний опір зменшується у n рази, тоді як втрати на намагнічування відповідно збільшуються. При цьому

$$\Delta P_m = \frac{\Delta P_{к.з.}}{n} \cdot \left(\frac{S}{S_{НОМ}}\right)^2 + n\Delta P_0, \quad (6.3)$$

$$\Delta Q_m = \frac{u_k \cdot S^2}{100 \cdot n \cdot S_{НОМ}} + n \cdot \Delta Q_0, \quad (6.4)$$

Визначаючи економічне число працюючих трансформаторів, потрібно враховувати втрати активної потужності не тільки у трансформаторах, але і в системі електропостачання. Сумарні наведені втрати потужності становлять

$$\sum \Delta P'_m = \Delta P'_0 \cdot \beta \cdot \Delta P'_{р.з.}, \quad (6.5)$$

де $\Delta P'_0$ - наведені втрати потужності холостого ходу трансформатора, кВт;

$\Delta P'_{р.з.}$ - наведені втрати потужності короткого замикання трансформатора, кВт.

$$\Delta P'_0 = \Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0, \quad (6.6)$$

$$\Delta P'_{к.з.} = \Delta P_{к.з.} + k_e \cdot \Delta Q_{к.з.}, \quad (6.7)$$

де k_e - економічний еквівалент реактивної потужності, кВт/кВАр;

ΔQ_0 - реактивні втрати потужності холостого ходу трансформатора, кВАр;

$\Delta Q_{к.з.}$ - реактивні втрати потужності короткого замикання трансформатора, кВАр;

$\Delta P_{к.з.}$ - активні втрати короткого замикання трансформатора, кВт.

$$\Delta Q_0 = 0,01 \cdot i_0 \cdot S_{НОМ}, \quad (6.8)$$

де i_0 - струм холостого ходу, %.

$$\Delta Q_{к.з.} = 0.01 \cdot u_k \cdot S_{НОМ}, \quad (6.9)$$

де u_k - напруга короткого замикання, %.

Залежно від розміщення трансформаторної підстанції і вищої напруги k_e :

в середньому рівень 0,08 - для трансформаторів напругою 35 – 110 кВ у

районних мережах; 0,12 - для трансформаторів напругою 10/0,4 кВ.

Найменші втрати потужності для двотрансформаторної підстанції одержують за умови:

$$2 \cdot (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) + 2 \cdot (\Delta P_{кз} + k_e \cdot \Delta Q_{кз}) \cdot \left(\frac{S_e}{2S_{ном}}\right)^2 = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) + (\Delta P_{кз} + k_e \cdot \Delta Q_{кз}) \cdot \left(\frac{S_e}{S_{ном}}\right)^2, \quad (6.10)$$

де S_e - економічна потужність (навантаження), кВт;

$S_{ном}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Розв'язавши рівняння (6.9) відносно S_e , отримаємо:

$$S_e = S \sqrt{(n+1) \cdot n \frac{\Delta P_0 + k_e \Delta Q_0}{\Delta P_{кз} + k_e \Delta Q_{кз}}}, \quad (6.11)$$

де $(n+1)$ – додаткове вмикання трансформатора;

$(n-1)$ – відключення одного трансформатора.

Погоджуючи кількість трансформаторів, користуються кривими наведених втрат, їх будують в одній координаційній площині для кожного трансформатора і кількох одночасно ввімкнених.

Якщо припустити, що на підстанції встановлено трансформатори TV1 і TV2 (рисунок 6.1). Номінальна потужність $S_{ном2}$ другого трансформатора більша за номінальну потужність $S_{ном1}$ першого. Для кожного трансформатора крива приведених втрат (рисунок 6.2) побудована, виходячи з виразу

$$\Delta P'_m = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) + (\Delta P_{кз} + k_e \cdot \Delta Q_{кз}) \cdot \frac{S^2}{S_{ном}^2}, \quad (6.12)$$

де S — інтервал навантаження трансформатора, кВА.

За відомими приведеними втратами потужності в трансформаторах можна визначити повні втрати енергії W , кВт · год.

В одному трансформаторі

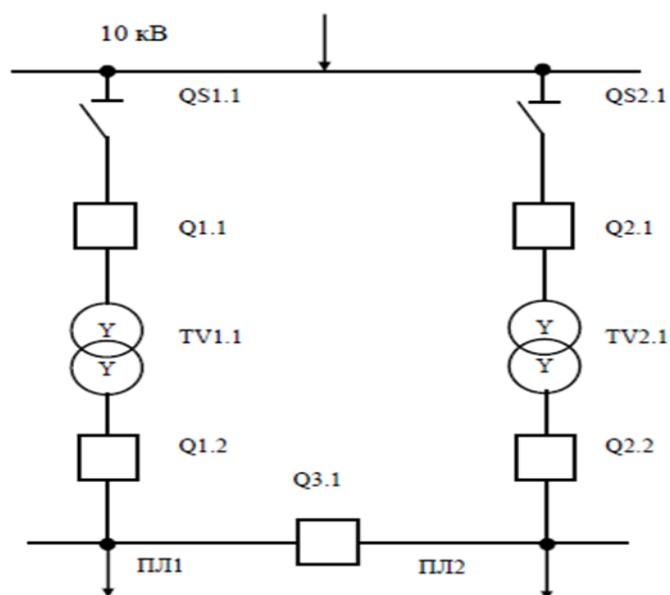
$$\Delta W = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) \cdot t + (\Delta P_{кз} + k_e \cdot \Delta Q_{кз}) \cdot \left(\frac{S}{S_H}\right)^2 \cdot \tau, \quad (6.13)$$

де t — час роботи трансформатора, год.;

τ — час максимальних втрат, год.

При паралельній роботі n трансформаторів

$$\Delta W = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) \cdot t + (\Delta P_{к.з} + k_e \cdot \Delta Q_{к.з}) \cdot \left(\frac{S}{S_H}\right)^2 \cdot \frac{\tau}{n}, \quad (6.14)$$



QS - роз'єднувачі; Q – вимикачі автоматичні; TV1, TV2 – силові трансформатори; ПЛ1, ПЛ2 – повітряні лінії електропередачі

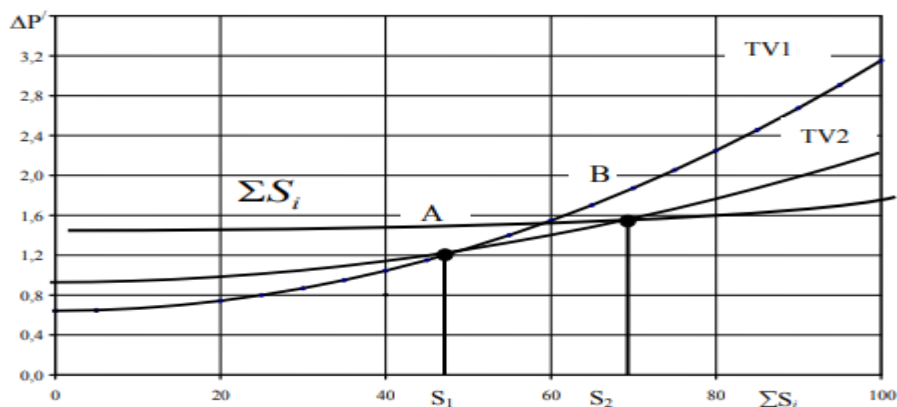


Рисунок 6.1 - Однолінійна схема з'єднань підстанції напругою 10/0,4 кВ – TV1; 2 – TV2; 3 – TV1 і TV2; А – В – зона економічної роботи трансформаторів, визначається навантаженнями S_1 і S_2 на шинах; ΣS_i - сумарне навантаження на шинах

Рисунок 6.2 - Криві приведені втрат трансформаторів

Приклад виконання роботи

Завдання. Визначити наведені активні втрати потужності в трансформаторах, працюючих паралельно і окремо, за результатами побудувати криві наведених активних втрат. Визначити економічне навантаження, при якому втрати потужності будуть мінімальними. Розрахувати втрати під час максимального навантаження на рік і на їх основі запропонувати рішення щодо економічних режимів при паралельній та окремій роботі трансформаторів. Вихідні дані:

$$U_{ном11} = U_{ном12} = 10 \text{ кВ}; \quad U_{ном21} = U_{ном22} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$u_{к1} = u_{к2} = 5,5\%;$$

$$S_{н1} = 40 \text{ кВА}, \quad S_{н2} = 100 \text{ кВА};$$

$$P_{01} = 0,175 \text{ кВт}, \quad P_{02} = 0,390 \text{ кВт};$$

$$P_{к.з.1} = 1,000 \text{ кВт}, \quad P_{к.з.2} = 1,220 \text{ кВт};$$

$$I_{01} = 3\%, \quad I_{02} = 2,6\%.$$

Розв'язання.

Визначаємо наведені активні втрати для першого та другого трансформатора при їх паралельній роботі.

$$\Delta P'_m = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) + (\Delta P_{к.з} + k_e \cdot \Delta Q_{к.з}) \cdot \frac{S_i^2}{S_H^2},$$

де ΔP_0 – активні втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

ΔQ_0 – реактивні втрати, кВАр;

$\Delta P_{к.з.}$ – наведені втрати потужності короткого замикання трансформатора, кВт;

$\Delta Q_{к.з.}$ – реактивні втрати короткого замикання трансформатора, кВАр;

k_e – економічний еквівалент реактивної потужності, кВт/кВАр;

S_H – номінальна потужність трансформатора, кВА;

S_i – навантаження трансформатора, кВА.

Розрахунок наведених активних втрат першого і другого трансформатора.

Визначаємо реактивні втрати потужності на холостому ходу за формулою

$$\Delta Q_{01} = 0,01 \cdot I_0 \cdot S_{H1},$$

$$\Delta Q_{01} = 0,01 \cdot 3 \cdot 40 = 1,2 \text{кВАр}.$$

Визначаємо реактивні втрати короткого замикання за формулою:

$$\Delta Q_{к.з} = 0,01 \cdot u_{k1} \cdot S_{H1},$$

$$\Delta Q_{к.з.1} = 0,01 \cdot 5,5 \cdot 40 = 2,2 \text{кВАр},$$

Аналогічним чином розраховуємо наведені активні втрати для другого трансформатора

$$\Delta Q_{02} = 0,01 \cdot 2,6 \cdot 100 = 2,6 \text{кВАр} ,$$

$$\Delta Q_{к.з.2} = 0,01 \cdot 5,5 \cdot 100 = 5,5 \text{кВАр} ,$$

$$\Delta P'_{m2} = (0,39 + 0,12 \cdot 2,6) + (1,22 + 0,12 \cdot 5,5) \cdot \frac{S_i^2}{100^2} = 0,702 + 0,00019 \cdot S_i^2.$$

Розрахунок наведених активних втрат при паралельній роботі двох трансформаторів виконуємо за формулою

$$\Delta P'_\Sigma = (\Delta P_{0i} + k_e \cdot \Delta Q_{0i}) + \frac{1}{2} \cdot (\Delta P_{к.з.i} + k_e \cdot \Delta Q_{к.з.i}) \cdot \frac{S_i^2}{(S_{H1} + S_{H2})^2},$$

$$\Delta P'_\Sigma = (0,565 + 0,12 \cdot 3,8) + \frac{1}{2} \cdot (2,22 + 0,12 \cdot 7,7) \cdot \frac{S_i^2}{(40 + 100)^2} = 1,021 + 0,00008 S_i^2$$

За даними визначених рівнянь визначаємо наведені втрати для різних значень потужності. Результати заносимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахункові дані

S_i , кВА	$\Delta P'_{m1}$, кВт	$\Delta P'_{m2}$, кВт	$\Delta P'_{\Sigma}$, кВт
0	0,319	0,702	1,021
10	0,398	0,721	1,029
15	0,497	0,744	1,039
20	0,635	0,777	1,053
25	0,813	0,820	1,071
30	1,030	0,871	1,093
35	1,287	0,932	1,119
40	1,583	1,003	1,149
45	1,919	1,083	1,183
50	2,294	1,172	1,222
55	2,709	1,271	1,264
60	3,163	1,379	1,310
65	3,657	1,496	1,360
70	4,190	1,623	1,414
75	4,763	1,760	1,472
80	5,375	1,905	1,534
85	6,027	2,060	1,600
90	6,718	2,225	1,671
95	7,449	2,399	1,745
100	8,219	2,582	1,823
105	9,029	2,775	1,905
110	9,878	2,977	1,991
115	10,767	3,188	2,082
120	11,695	3,409	2,176

За результатами даних таблиці будують криві наведених втрат (рисунок 6.1).

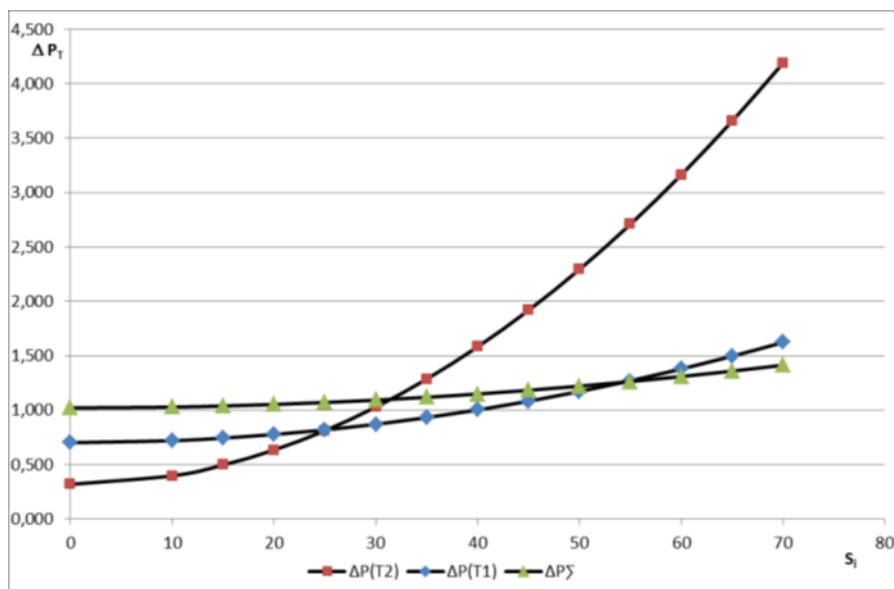


Рисунок 6.2 – Криві наведених втрат першого, другого трансформаторів, працюючих окремо, і включених на паралельну роботу.

Знаходимо точки перетину кривих, при яких втрати потужності будуть рівні для першого та другого трансформатора, а також другого і сумарним втратам при паралельній роботі. Для цього отримані рівняння подають як рівняння вигляду:

$$\Delta P'_{m1} = a_1 + b_1 x^2, (6.5)$$

$$\Delta P'_{m2} = a_2 + b_2 x^2, (6.6)$$

$$\Delta P'_\Sigma = a_3 + b_3 x^2, (6.7)$$

а саме:

$$\Delta P'_{m1} = 0,319 + 0,00079 \cdot S_i^2$$

$$\Delta P'_{m2} = 0,702 + 0,00019 \cdot S_i^2$$

$$\Delta P'_\Sigma = 1,021 + 0,00008 S_i^2$$

Втрати у точках перетину рівні, тому порівнюємо між собою 1-е і 2-е рівняння, 2-е і 3-е, знаходячи x_1 та x_2 .

$$\Delta P'_{m1} = \Delta P'_{m2},$$

$$x_1 = \pm \sqrt{\frac{a_1 - a_2}{b_2 - b_1}},$$

$$\Delta P'_{m2} = \Delta P'_\Sigma,$$

$$x_2 = \pm \sqrt{\frac{a_2 - a_3}{b_3 - b_2}},$$

$$x_1 = \pm \sqrt{\frac{0,319 - 0,702}{0,00019 - 0,00079}} = 25,22 \text{ kVA},$$

$$x_2 = \pm \sqrt{\frac{0,702 - 1,021}{0,00008 - 0,00019}} = 54,4 \text{ kVA}.$$

Більш доцільне використання першого трансформатора буде до точки x_1 , коли $S = 25,22$ кВА, на ділянці між точками x_1 та x_2 , тобто до $S = 54,4$ кВА, краще

використовувати другий трансформатор, а після точки x_2 - паралельну роботу трансформаторів.

Визначаємо втрати під час максимального навантаження.

Загальний максимум складає 92% від загального навантаження.

$$S_{\max\Sigma} = 0,92 \cdot S_{\Sigma} ,$$

$$S_{\max\Sigma} = 0,92 \cdot 140 = 128,8 \text{ кВА} .$$

Загальне навантаження на трансформатори розкладаємо:

$$S_{\max 1} = 88\% , \quad 0,88 \cdot S_{T1} = 0,88 \cdot 40 = 35,2 \text{ кВА} ;$$

$$S_{\max 2} = 95\% , \quad 0,95 \cdot S_{T2} = 0,95 \cdot 100 = 95 \text{ кВА} .$$

Визначаємо наведені активні втрати при максимальному навантаженні за формулою

$$\Delta P'_m = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) + (\Delta P_{к.з} + k_e \cdot \Delta Q_{к.з}) \cdot \frac{S_l^2}{S_H^2}$$

$$\Delta P'_{m1\max} = (0,175 + 0,12 \cdot 1,2) + (1 + 0,12 \cdot 2,2) \cdot \frac{35,2^2}{40^2} = 1,298 \text{ кВт},$$

$$\Delta P'_{m2\max} = (0,39 + 0,12 \cdot 2,6) + (1,22 + 0,12 \cdot 5,5) \cdot \frac{95^2}{100^2} = 2,399 \text{ кВт},$$

$$\Delta P'_{\Sigma\max} = (0,565 + 0,12 \cdot 3,8) + \frac{1}{2} \cdot (2,22 + 0,12 \cdot 7,7) \cdot \frac{128,8^2}{(40 + 100)^2} = 2,352 \text{ кВт}.$$

Визначаємо реактивні втрати потужності при максимальному навантаженні за формулою:

$$\Delta Q_m = \frac{u_k \cdot S_{\max}^2}{100 \cdot n \cdot S_H^2} + \Sigma Q_0,$$

$$\Delta Q_{m\Sigma\max} = \frac{5,5}{100 \cdot 2} \cdot \left(\frac{128,8^2}{140^2} \right) + 3,8 = 3,82 \text{ кВАр},$$

$$\Delta Q_{m1\max} = \frac{5,5}{100 \cdot 2} \cdot \left(\frac{35,2^2}{40^2} \right) + 1,2 = 1,243 \text{ кВАр},$$

$$\Delta Q_{m2max} = \frac{5,5}{100} \cdot \left(\frac{95^2}{100^2} \right) + 2,6 = 2,65 \text{ kVar}$$

Визначаємо втрати енергії на рік.

В одному трансформаторі:

$$\Delta W = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) \cdot t + (\Delta P_{к.з} + k_e \cdot \Delta Q_{к.з}) \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_H} \right)^2 \cdot \tau,$$

де t — число годин роботи трансформатора на рік, год., $t = 8760$ год;

τ - час максимальних втрат, год., $\tau = 3000 - 4000$ год.

Приймаємо $\tau = 3000$ год.

При паралельній роботі n трансформаторів:

Розрахунок щодо порівняння втрат.

$$\Delta W = (\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) \cdot t + (\Delta P_{к.з} + k_e \cdot \Delta Q_{к.з}) \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_H} \right)^2 \cdot \frac{\tau}{n},$$

$$\Delta W_{m1max} = (0,175 + 0,12 \cdot 1,2) \cdot 8760 + (1 + 0,12 \cdot 2,2) \cdot \frac{35,2^2}{40^2} \cdot 3700 = 6416,15 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{m2max} &= (0,390 + 0,12 \cdot 2,6) \cdot 8760 + (1,22 + 0,12 \cdot 5,5) \cdot \frac{95^2}{100^2} \cdot 3700 \\ &= 12427,31 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{m\Sigma max} &= (0,565 + 0,12 \cdot 3,8) \cdot 8760 + (2,22 + 0,12 \cdot 7,7) \cdot \frac{128,8^2}{140^2} \cdot \frac{3700}{2} = \\ &= 13866,961 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \end{aligned}$$

Розрахунок щодо порівняння втрат.

При роздільній роботі трансформаторів при максимальному навантаженні загальні втрати активної потужності будуть складати:

$$\Delta P_{m1} + \Delta P_{m2} = 1,298 + 2,399 = 3,697 \text{ кВт},$$

а при паралельній роботі:

$$\begin{aligned} \Delta P_{m\Sigma} &= 2,352 \text{ кВт}, \\ \Delta P_{\%} &= \frac{3,697 - 2,352}{3,697} \cdot 100\% = 36,39\% \end{aligned}$$

За аналогією визначаємо втрати реактивної потужності і втрати енергії:

$$\Delta Q_{m1} + \Delta Q_{m2} = 1,243 + 2,650 = 3,893 \text{ kVar},$$

$$\Delta Q_{m\Sigma} = 3,823 \text{ kVar},$$

$$\Delta Q_{\%} = \frac{3,893 - 3,823}{3,893} \cdot 100\% = 1,77\%$$

$$\Delta W_{m1} + \Delta W_{m2} = 6416,15 + 12427,310 = 18843,46 \text{ kVt} \cdot \text{г},$$

$$\Delta W_{m\Sigma} = 13866,961 \text{ kVar},$$

$$\Delta W_{\%} = \frac{18843,46 - 13866,961}{18843,46} \cdot 100\% = 26,4\%$$

Висновки:

1. При навантаженні від холостого ходу до навантаження 25,22 кВА найменші втрати будуть при роботі першого трансформатора з меншою потужністю.
2. При навантаженні від 25,22 кВА до 54,4 кВА найбільш економічним буде режим роботи другого трансформатора с більшою потужністю.
3. При навантаженні більш ніж 54,4 кВА економічним буде режим роботи при паралельному включенні трансформаторів.
4. При забезпеченні максимального навантаження найменші втрати активної і реактивної потужності будуть при паралельній роботі.
5. Під час роздільної роботи трансформаторів на те ж навантаження втрати активної і реактивної потужності будуть більші, відповідно, на 36,39% і 1,77%.
6. Річні втрати енергії під час забезпечення максимуму навантаження будуть на 26,4% менші при паралельній роботі.

Контрольні питання

1. З якої причини виникають втрати потужності в трансформаторах?
2. Яким чином визначаються сумарні втрати потужності в трансформаторах?
3. Які чинники впливають на визначення економічного числа працюючих трансформаторів?

4. Як можна наочно узгодити кількість трансформаторів, необхідних для роботи?
5. На підставі чого виконуються розрахунки втрат під час максимального навантаження?
6. Якими положеннями слід керуватися при використанні в експлуатації економічно доцільного режиму роботи трансформаторів?
7. З якою метою використовуються пристрої автоматичного відключення і включення трансформаторів?
8. Яким шляхом розмір втрат електроенергії в трансформаторах можливо звести до мінімуму?

Додаток А
(Обов'язковий)

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

Вихідні дані для розрахунків до практичного заняття № 15, 16

Варіант 1	TV1	TV2
S_H , кВА	40	100
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
μ_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	0,15	0,36
$P_{к.з.}$, кВт	0,88	1,35
I_0 , %	3,00	7,5
Варіант 2	TV1	TV2
S_H , кВА	63	160
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
μ_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,24	0,51
$P_{к.з.}$, кВт	1,3	2,2
I_0 , %	2,80	2,4

Варіант 3	TV1	TV2
S_H , кВА	63	160
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,25	0,5
$P_{к.з.}$, кВт	1,34	2,00
I_0 , %	2,80	2,4
Варіант 4	TV1	TV2
S_H , кВА	100	250
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	0,35	0,374
$P_{к.з.}$, кВт	1,205	4,210
I_0 , %	7,5	3,68
Варіант 5	TV1	TV2
S_H , кВА	100	250
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,7	4,7
P_0 , кВт	0,39	0,7
$P_{к.з.}$, кВт	1,22	3,75
I_0 , %	2,60	3,45
Варіант 6	TV1	TV2
S_H , кВА	100	250
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,375	0,274
$P_{к.з.}$, кВт	1,724	4,25
I_0 , %	2,60	2,3

Варіант 7	TV1	TV2
S_H , кВА	160	400
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
μ_K , %	4,7	4,7
P_0 , кВт	0,46	0,95
$P_{к.з.}$, кВт	1,265	5,503
I_0 , %	2,4	2,1
Варіант 8	TV1	TV2
S_H , кВА	160	400
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
μ_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,49	0,965
$P_{к.з.}$, кВт	1,29	5,955
I_0 , %	2,40	2,1
Варіант 9	TV1	TV2
S_H , кВА	160	400
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
μ_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,51	0,92
$P_{к.з.}$, кВт	2,2	5,575
I_0 , %	2,40	2,1
Варіант 10	TV1	TV2
S_H , кВА	160	400
U_{1H} , кВ	35	35
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
μ_K , %	6,5	6,5
P_0 , кВт	0,62	1,28
$P_{к.з.}$, кВт	2,25	5,55
I_0 , %	2,4	2,1

Варіант 11	TV1	TV2
S_H , кВА	250	630
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,35	1,36
$P_{к.з.}$, кВт	3,7	7,6
I_0 , %	2,30	2,4
Варіант 12	TV1	TV2
S_H , кВА	250	630
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	6,8	6,8
P_0 , кВт	0,44	1,31
$P_{к.з.}$, кВт	3,78	7,68
I_0 , %	2,30	2,00
Варіант 13	TV1	TV2
S_H , кВА	250	630
U_{1H} , кВ	35	35
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	6,5	6,5
P_0 , кВт	0,92	1,4
$P_{к.з.}$, кВт	4,28	8,5
I_0 , %	2,3	2,7
Варіант 14	TV1	TV2
S_H , кВА	400	1000
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,7	4,7
P_0 , кВт	1,08	2,35
$P_{к.з.}$, кВт	5,905	12,05
I_0 , %	3,00	2,6

Варіант 15	TV1	TV2
S_H , кВА	400	1000
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,7	4,7
P_0 , кВт	0,95	2,455
$P_{к.з.}$, кВт	5,569	12,24
I_0 , %	2,10	1,40
Варіант 16	TV1	TV2
S_H , кВА	400	1000
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,97	2,45
$P_{к.з.}$, кВт	5,965	12,20
I_0 , %	2,1	1,4
Варіант 17	TV1	TV2
S_H , кВА	400	160
U_{1H} , кВ	35	35
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	6,5	6,5
P_0 , кВт	1,25	0,62
$P_{к.з.}$, кВт	5,555	2,25
I_0 , %	2,1	2,4
Варіант 18	TV1	TV2
S_H , кВА	630	1600
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	1,38	3,385
$P_{к.з.}$, кВт	7,62	18,25
I_0 , %	2,00	1,30

Варіант 19	TV1	TV2
S_H , кВА	630	1600
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,7	5,7
P_0 , кВт	1,30	3,30
$P_{к.з.}$, кВт	7,61	18,00
I_0 , %	2,00	2,6
Варіант 20	TV1	TV2
S_H , кВА	1000	2500
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,6	5,6
P_0 , кВт	2,15	4,32
$P_{к.з.}$, кВт	11,7	26,0
I_0 , %	2,8	0,96
Варіант 21	TV1	TV2
S_H , кВА	1000	2500
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	2,25	4,695
$P_{к.з.}$, кВт	11,8	26,56
I_0 , %	2,75	0,97
Варіант 22	TV1	TV2
S_H , кВА	1600	630
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	3,30	1,35
$P_{к.з.}$, кВт	18,00	7,65
I_0 , %	2,60	2,05

Варіант 23	TV1	TV2
S_H , кВА	1600	630
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	3,375	1,36
$P_{к.з.}$, кВт	18,30	7,60
I_0 , %	1,3	2,40
Варіант 24	TV1	TV2
S_H , кВА	2500	1000
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	4,65	2,465
$P_{к.з.}$, кВт	26,33	12,25
I_0 , %	1,00	1,40
Варіант 25	TV1	TV2
S_H , кВА	2500	1000
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	5,5	5,5
P_0 , кВт	4,695	2,305
$P_{к.з.}$, кВт	26,56	11,90
I_0 , %	0,97	2,70
Варіант 26	TV1	TV2
S_H , кВА	250	630
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	6,5	6,5
P_0 , кВт	0,274	1,390
$P_{к.з.}$, кВт	4,250	7,605
I_0 , %	2,3	2,45

Варіант 27	TV1	TV2
S_H , кВА	400	1000
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,955	2,150
$P_{к.з.}$, кВт	5,490	11,70
I_0 , %	2,1	2,8
Варіант 28	TV1	TV2
S_H , кВА	160	400
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,500	0,955
$P_{к.з.}$, кВт	2,000	5,490
I_0 , %	2,4	2,1
Варіант 29	TV1	TV2
S_H , кВА	63	100
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	4,5	4,5
P_0 , кВт	0,220	0,375
$P_{к.з.}$, кВт	1,280	1,724
I_0 , %	2,8	2,6
Варіант 30	TV1	TV2
S_H , кВА	250	630
U_{1H} , кВ	10	10
U_{2H} ,кВ	0,4	0,4
u_K , %	6,3	6,3
P_0 , кВт	0,474	1,360
$P_{к.з.}$, кВт	4,295	7,600
I_0 , %	2,3	2,4

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Єрмолаєв С.О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник / С.О. Єрмолаєв, В.О. Мунтян, В.Ф. Яковлев; за ред.С.О. Єрмолаєва – К.: Мета, 2003 – 543 с. (с. 17-22).
2. Єрмолаєв С.А. Експлуатація енергооборудовання в сільському господарстві: Учебник /С.А. Єрмолаєв, Е.П. Масюткин, В.Ф. Яковлев – Киев: Фирма «Инокс»,2005. – 670с.(с. 22-27).
3. Єрошенко Г.П. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования / Г.П. Єрошенко, А.А. Пястолов – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с. (с. 57-60).
4. Масюткин Е.П. Ремонт электрооборудования. Методическое пособие по выполнению курсовой работы / Е.П. Масюткин, Г.Н. Назарьян – Мелитополь, 2000. – 119 с. (с. 5-10)
5. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. – М.: ВО Агропромиздат, 1981. – 191 с.
6. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник / А.И. Ящура – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 504 с.
7. Антонов М.В. Эксплуатація и ремонт электрических машин / М.В.Антонов – М.: Высшая школа, 1989. – 192 с.
8. Єрмолаєв С.А. Експлуатація енергооборудовання в сільському господарстві / С.А. Єрмолаєв, Е.П. Масюткин, В.Ф. Яковлев; под ред. С.А. Єрмолаєва. – К.: Фирма «Инокс», 2005 – 670 с.
9. Єрмолаєв С.А. Експлуатація и ремонт электрооборудования и средств автоматизации в системе АПК / С.А. Єрмолаєв, В.А. Мунтян, В.Н. Кюрчев; под ред. С.А. Єрмолаєва. – К.: НПФ Альтур, 1997 – 414 с.

- 10.Ерошенко Г.П. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования / Г.П. Ерошенко, А.А. Пястолов – М.: Агропромиздат, 1988 – 160 с.
- 11.Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник / А.И. Ящура – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 504 с.
- 12.Голубев И.Г. Ремонт электродвигателей для сельскохозяйственного производства. Обзорная информ. / И.Г. Голубев, Т.И. Сиднина – М.: ЦНИИТЭП, 1986. – 32 с.
- 13.Коварский Е.М. Ремонт электрических машин / Е.М. Коварский – М.:Госэнергоиздат, 1962.
- 14.Коварский Е.М. Испытания электрических машин / Е.М. Коварский, Ю.И. Янко – М: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
- 15.Копалов В.Г. Ремонт электрических машин / В.Г. Копалов, С.И. Райб, А.Л. Алексеев – М.: Транспорт, 1975. – 356 с.
- 16.Маршак Е.Л. Ремонт электрических машин общепромышленного применения / Е.Л. Маршак, Р.Б. Уманцев – М.: Энергия, 1972. – 280 с.
- 17.Осьмаков А.А. Технология и оборудование производства электрических машин / А.А. Осьмаков – М: Высшая школа, 1980. – 312 с.
- 18.Таран В.П. Рекомендации по организации ремонта и технического обслуживания электрооборудования на основе диагностирования /В.П. Таран, О.А. Чернявский и др. – М.: ГОСНИТИ, 1985. – 88 с.
- 19.Девятков А.Р. Ремонт электросилового оборудования / А.Р. Девятков, С.А. Пискунов и др. – М.: Колос, 1971. – 215 с.
- 20.Ремонтно-обслуживающая база энергетических служб в сельском хозяйстве (рекомендации). – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1982.
- 21.Таран В.П. Справочник по эксплуатации электрооборудования /В.П.Таран, В.К. Андриец и др.; под ред. В.П. Тарана. – К.: Техника, 1985. – 184 с.

22. Чучман Ю.І. Експлуатація, ремонт та модернізація асинхронних машин / Ю.І. Чучман, М.В. Хай, Д.С. Максимович; за ред. Ю.І. Чучмана – Львів: “Інтелект-Захід”, 2005. – 272 с.
23. Эксплуатация и ремонт электроустановок / А.А. Пястолов, А.Л. Вахрамеев, С.А. Ермолаев и др.; под ред. А.А. Пястолова. – М.: Колос, 1982. – 271 с.
24. Ермолаев С.О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник / С.О. Ермолаєв, В.О. Мунтян, В.Ф. Яковлев; за ред. С.О. Ермолаєва – К.: Мета, 2003 – 543 с.
25. Ермолаев С.А. Эксплуатация энергооборудования в сельском хозяйстве: Учебник / С.А. Ермолаев, Е.П. Масюткин, В.Ф. Яковлев – Киев: Фирма «Инокс», 2005. – 670с.
26. Кацман М.М. Электрические машины: Учебник / М.М. Кацман – М.: Высшая школа, 1990 – 464 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Зразок оформлення титульного аркушу звіту з лабораторної роботи

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний аграрний університет

Факультет ІТ

(назва факультету)

Кафедра ЕЕЕ

(назва кафедри)

Практична робота №1

РОЗРАХУНОК РЕМОНТНОЇ БАЗИ ПІДПРИЄМСТВА

Виконали: ст. гр. _____

(шифр групи)

(П.І.Б. студента)

(П.І.Б. студента)

Перевірив: _____

(посада, П.І.Б. викладача)

Вінниця – 2018

Додаток В

Одиниці міжнародної системи (SI)

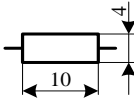
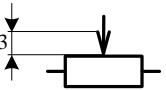
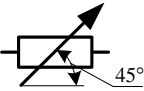
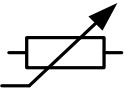

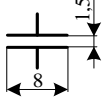

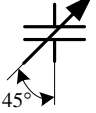

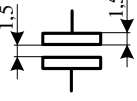
Таблиця Д.1 – Одиниці міжнародної системи

Найменування величини	Одиниця		
	Назва	Позначення	
		Українське	Міжнародне
<i>Основні одиниці</i>			
Довжина	Метр	м	m
Маса	Кілограм	кг	kg
Час	Секунда	с	s
Сила електричного струму	Ампер	A	A
Термодинамічна температура	Кельвін	K	K
Кількість речовини	Моль	моль	mol
Сила світла	Кандела	кд	cd
<i>Додаткові одиниці</i>			
Плоский кут	Радіан	рад	rad
Тілесний кут	Стерадіан	ср	sr
<i>Похідні одиниці електричних і магнітних величин</i>			
Густина електричного струму	ампер на квадратний метр	A/m ²	A/m ²
Кількість електрики, електричний заряд	Кулон	Кл	C
Поверхнева густина електричного заряду	кулон на квадратний метр	Кл/м ²	C/m ²
Електрична напруга, електричний потенціал, різниця електричних потенціалів, ЕРС	Вольт	V	V
Напруженість електричного поля	вольт на метр	V/m	V/m
Електрична ємність	фарад	F	F
Абсолютна діелектрична проникність	фарад на метр	F/m	F/m
Електричний опір	ом	Ом	Ω
Питомий електричний опір	ом-метр	Ом·м	Ω·m
Електрична провідність	сименс	См	S
Питома електрична провідність	сименс на метр	См/м	S/m
Магнітний потік	вебер	Вб	Wb
Магнітна індукція	тесла	Тл	T
Індуктивність, взаємна індуктивність	генрі	Гн	H
Абсолютна магнітна проникність, магнітна стала	генрі на метр	Гн/м	H/m
Намагніченість, напруженість магнітного поля	ампер на метр	A/m	A/m
Магніторухійна сила	ампер	A	A
Магнітний опір	ампер на вебер	A/Wb	A/Wb
Магнітна провідність	вебер на ампер	Wb/A	Wb/A
Електромагнітна енергія	джоуль	Дж	J
Активна потужність	ват	Вт	W
Реактивна потужність	вар	вар	var
Повна потужність	вольт-ампер	V·A	V·A

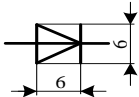

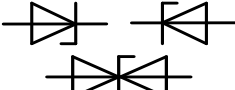


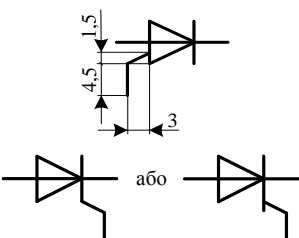
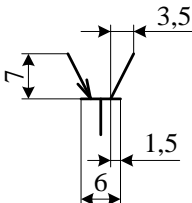

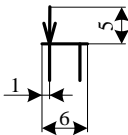

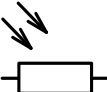
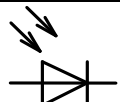

Додаток Г

УМОВНІ ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМ

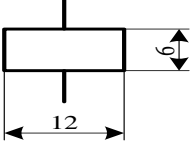
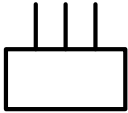
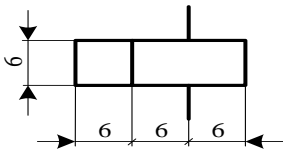
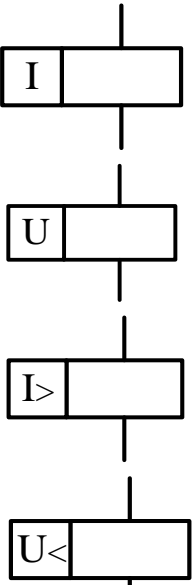
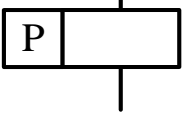
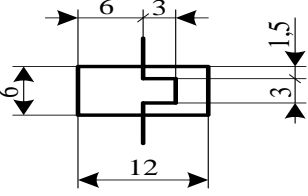
Таблиця Д.2 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 728-74 (резистори, конденсатори)

Опис	Графічне позначення
Резистор постійний	
Резистор змінний	
Примітка: для змінного резистора у реостатному ввімкненні допускається використовувати таке позначення:	
1) загальне позначення	
2) з нелінійним регулюванням	
Шунт вимірювальний	
Конденсатор постійної ємності	
Примітка: для того щоб вказати полярність конденсатора використовують позначення	
Конденсатор змінної ємності	
Конденсатор електролітичний поляризований	
Конденсатор електролітичний неполяризований	

Таблиця Д.3 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.730-73
(прилади напівпровідникові)

Опис	Графічне позначення
Діод	
Тунельний діод	
Стабілітрон: 1) односторонній 2) двосторонній	
Варікап	
Діод Шоткі	
Тиристор тріодний, який запирається в зворотному напрямку: 1) з управлінням за анодом 2) з управлінням за катодом	
Транзистор PNP <i>Примітка:</i> Допускається позначення транзисторів зображати в дзеркальному положенні	
Транзистор NPN	
Транзистор польовий	
Транзистор польовий з ізолюваним затвором	
Фоторезистор:	
Фотодіод	
Фототранзистор (PNP та NPN відповідно):	

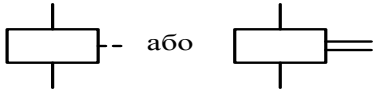
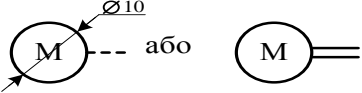
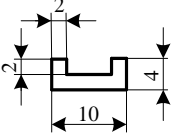
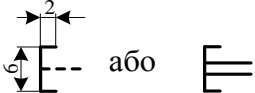
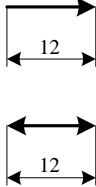
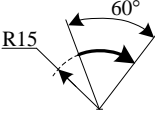
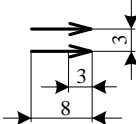
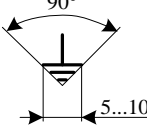
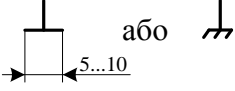
Таблиця Д.4 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.756-76 (сприймаюча частина електромеханічних пристроїв)

Опис	Графічне позначення
Котушка електромагнітного пристрою	
Котушка електромеханічного пристрою трифазного струму	
Котушка електромеханічного пристрою з додатковим графічним полем (у додатковому полі вказують уточнюючі дані електромеханічного пристрою)	
Котушка електромеханічного пристрою з зазначенням виду обмотки: 1) обмотка струму 2) обмотка напруги 3) обмотка максимального струму 4) обмотка мінімальної напруги	
Котушка поляризованого електромеханічного пристрою	
Сприймаюча частина електротеплового реле	

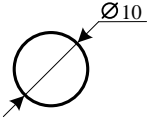
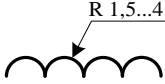
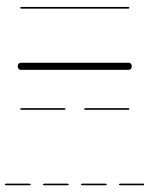

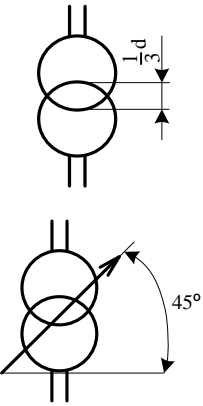
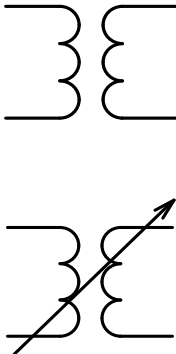
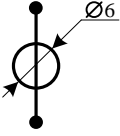
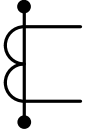
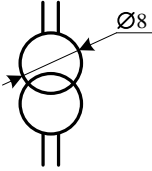
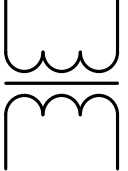
Таблиця Д.5 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.755-87 (пристрої комутаційні і контактні з'єднання)

Опис	Графічне позначення
Нормально розімкнутий контакт комутаційного пристрою	
Нормально замкнутий контакт комутаційного пристрою	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення із нейтральним центральним положенням	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення без розмикання кола	
Вимикач кнопковий нажимний з нормально розімкнутим контактом	
Вимикач кнопковий нажимний з нормально замкнутим контактом	
Вимикач триполюсний	
Вимикач триполюсний з автоматичним спрацюванням максимального струму	
Контакт електротеплового реле при рознесеному способі зображення	
Реле електротеплове без само повернення	
Контакт кінцевого вимикача	

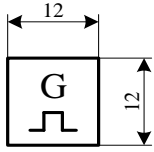


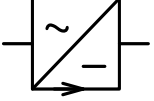
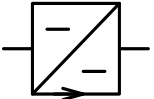

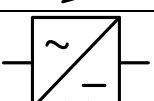
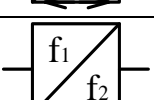
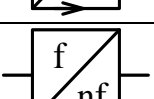
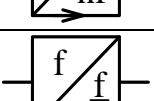
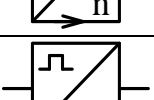
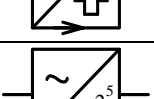
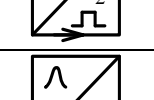
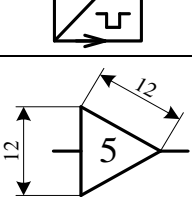
Таблиця Д.6 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.721-74 (позначення загального застосування)

Опис	Графічне позначення
Електромагнітний привод	
Електромашинний привод	
Магніт постійний	
Привод ручний, який приводиться в рух натисненням кнопки	
<p>Рух прямолінійний:</p> <p>1) односторонній</p> <p>2) з поверненням</p>	
Обертальний рух	
Зв'язок оптичний	
Заземлення (загальне позначення)	
Електричне з'єднання з корпусом	

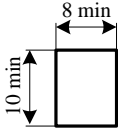
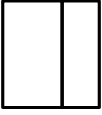
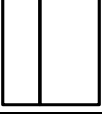
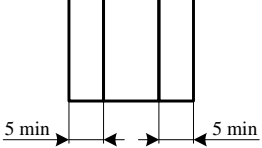
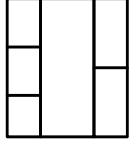
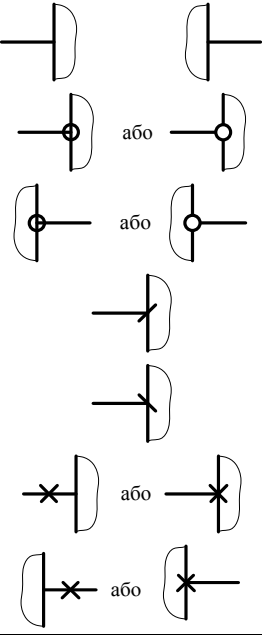
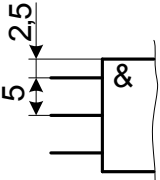
Таблиця Д.7 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.723-68 (катушки індуктивності, дроселі, трансформатори)

Опис	Графічне позначення	
	форма I	форма II
Обмотка трансформатора (силового), автотрансформатора, дроселя і магнітного підсилювача		
Магнітопровід 1) феромагнітний 2) феритовий (зображають товстою лінією) 3) феромагнітний з повітряним зазором 4) магнітодіелектричний <i>Примітка.</i> Кількість штрихів не встановлюється		
Реактор		
Трансформатор без магнітопровода 1) з постійним зв'язком <i>де d – діаметр</i> 2) з змінним зв'язком		
Трансформатор струму з одною вторинною обмоткою		
Трансформатор напруги вимірювальний		

Таблиця Д.8 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.737-68 (пристрої зв'язку)

Опис	Графічне позначення
Генератор прямокутних імпульсів	
Генератор синусоїдальних коливань (50 Гц)	
Генератор з кварцовою стабілізацією	
Випрямляч	
Перетворювач постійного струму	
Інвертор	
Випрямляч-інвертор	
Перетворювач частоти f_1 в частоту f_2	
Помножувач частоти	
Подільник частоти	
Інвертор імпульсів	
Перетворювач змінного струму в бінарний код	
Формувач імпульсів	
Підсилювач багатокаскадний (наприклад, п'яти)	

Таблиця Д.9 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.743-91 (елементи цифрової техніки)

Опис	Графічне позначення
Елемент цифрової техніки, що має тільки основне поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (праве) додаткове поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (ліве) додаткове поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових поля	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових, які розділені на зони (кількість зон – необмежена)	
<p>Позначення виводів елементів</p> <p>прямий статичний вхід та вихід, відповідно</p> <p>інверсний статичний вхід</p> <p>інверсний статичний вихід</p> <p>прямий динамічний вхід</p> <p>інверсний динамічний вхід</p> <p>вивід, який не несе логічної інформації</p>	
Позначення логічного елемента з групою рівнозначних вводів	

Продовження таблиці Д.9

Опис	Графічне позначення
Елемент «І» («&»)	
Елемент «АБО» («1»)	
Елемент «НЕ»	
Елемент «АБО-НЕ»	
Компаратор	
RS-тригер	
D-тригер	

Таблиця Д.10 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.729-68 (прилади електровимірювальні)

Опис	Графічне позначення
Прилад електровимірювальний:	
1) показу вальний	
2) реєстру вальний	
3) інтегрувальний (лічильник електричної енергії)	

Додаток Д

БУКВЕНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

Таблиця Д.11 – Буквені коди найбільш поширених елементів згідно з ГОСТ 2.710-81

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>A</i>	Пристрій (загальне позначення)		
<i>B</i>	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або навпаки; аналогові і багаторозрядні перетворювачі; сенсори для показу або вимірювання:	Гучномовець	<i>BA</i>
		магнітострикційний елемент	<i>BB</i>
		сельсин-приймач	<i>BE</i>
		сельсин-сенсор	<i>BC</i>
		тепловий сенсор	<i>BK</i>
		Фотоелемент	<i>BL</i>
		Мікрофон	<i>BM</i>
		сенсор тиску	<i>BP</i>
		п'єзоелемент	<i>BQ</i>
		Звукознімач	<i>BS</i>
	сенсор швидкості	<i>BV</i>	
<i>C</i>	Конденсатори		
<i>D</i>	Схеми інтегральні:	схема інтегральна аналогова	<i>DA</i>
		схема інтегральна, цифрова, логічний елемент	<i>DD</i>
		пристрій зберігання інформації	<i>DS</i>
		пристрій затримки	<i>DT</i>
<i>E</i>	Елементи різні:	нагрівальний елемент	<i>EK</i>
		лампа освітлювальна	<i>EL</i>
		Піропатрон	<i>ET</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії	<i>FA</i>
		дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії	<i>FP</i>
		запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	Батарея	<i>GB</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>

Продовження таблиці Д.11



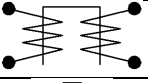




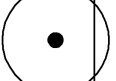
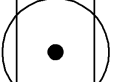
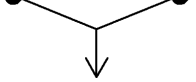
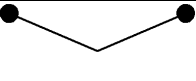




Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	Батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Пристрої індикаційні і сигнальні:	прилад звукової сигналізації	<i>HA</i>
		індикатор символний	<i>HG</i>
		прилад світлової сигналізації	<i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контактори, пускачі:	реле струмове	<i>KA</i>
		реле вказівне	<i>KH</i>
		реле електротеплове	<i>KK</i>
		контактор, магнітний пускач	<i>KM</i>
		реле часу	<i>KT</i>
		реле напруги	<i>KV</i>
<i>L</i>	Котушки індуктивності, дроселі, реактори	дросель люмінесцентного освітлення	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигуни		
<i>P</i>	Прилади вимірювальні: <i>Примітка.</i> Поєднання <i>PE</i> є недопустимим	Амперметр	<i>PA</i>
		лічильник імпульсів	<i>PC</i>
		Частотомір	<i>PF</i>
		лічильник активної енергії	<i>PI</i>
		лічильник реактивної енергії	<i>PK</i>
		Омметр	<i>PR</i>
		реєструвальний прилад	<i>PS</i>
		годинник, вимірювач часу, дії	<i>PT</i>
		Вольтметр	<i>PV</i>
		Ватметр	<i>PW</i>
<i>Q</i>	Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах:	вимикач автоматичний	<i>QF</i>
		короткозамикач	<i>QK</i>
		роз'єднувач	<i>QS</i>
<i>R</i>	Резистори:	терморезистор	<i>RK</i>
		потенціометр	<i>RP</i>
		шунт вимірювальний	<i>RS</i>
<i>S</i>	Пристрої комунікаційні в колах керування, сигналізації і вимірювальних: <i>Примітка.</i> Позначення <i>SF</i> використовують для апаратів, які не мають контактів в силових колах	вимикач або перемикач	<i>SA</i>
		вимикач кнопочний	<i>SB</i>
		вимикач автоматичний	<i>SF</i>
		вимикач, що спрацьовує від різних впливів:	
		Рівня	<i>SL</i>
		Тиску	<i>SP</i>
		положення (шляховий)	<i>SQ</i>
		частоти обертання	<i>SR</i>
Температури	<i>SK</i>		

Продовження таблиці Д.11


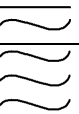

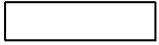

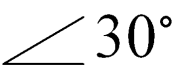

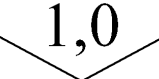




Код	Елементи	Приклади елементів	Код
T	Трансформатори, автотрансформатори:	трансформатор струму	TA
		електромагнітн. стабілізатор	TS
		трансформатор напруги	TV
U	Пристрої зв'язку. Перетворювачі електричних величин в електричні:	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		дискримінатор	UI
		перетворювач частоти, інвертор, генератор частоти, випрямляч	UZ
V	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	діод, стабілітрон	VD
		прилад електровакуумний	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Лінії і елементи СВЧ. Антени:	відгалужувач	WE
		короткозамикач	WK
		Вентиль	WS
		трансформатор, фазообертач	WT
		Атенюатор	WU
		Антенна	WA
X	З'єднання контактні:	струмознімач, контакт ковзний	XA
		Штир	XP
		Гніздо	XS
		з'єднання розбірне	XT
		з'єднувач високочастотний	XW
Y	Пристрої механічні з електромагнітними приводами:	електромагніт	YA
		гальмо з електромагнітним приводом	YB
		муфта з електромагнітним приводом	YC
		електромагнітний патрон або плита	YH
Z	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі:	Обмежувач	ZL
		фільтр кварцовий	ZQ

Додаток Е

Таблиця Д12 – Умовні позначення на шкалах електровимірвальних приладів

Зображення знака	Пояснення
1	2
	Магнітоелектричний прилад з рухомою рамкою
	Електромагнітний прилад
	Електромагнітний логометр
	Електродинамічний прилад
	Електродинамічний логометр
	Феродинамічний прилад
	Феродинамічний логометр
	Індукційний прилад
	Індукційний логометр
	Тепловий прилад
	Термоперетворювач ізольований
	Термоперетворювач неізольований
	Електронний перетворювач
	Захист від зовнішніх електричних кіл (I категорія захисту)
	Захист від зовнішніх магнітних кіл (I категорія захисту)

Продовження таблиці Д.12

1	2
	Постійний струм
	Постійний і змінний струм
	Трифазний струм
	Горизонтальне положення шкали
	Вертикальне положення шкали
	Нахил накладення шкали під визначеним кутом до горизонту, наприклад 30°
1	2
1,5	Клас точності при нормованій похибці в відсотках діапазону вимірювання, наприклад 1,5
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від даного показника, наприклад 0,05
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від довжини шкали, наприклад 1,0
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від кінцевого значення робочої частини шкали, для приладів з без нульовою шкалою, наприклад 1,5
	Вимірювальне коло ізольоване від корпусу і випробуване напругою, наприклад 7кВ
	Обережно! Міцність ізоляції вимірювального кола по відношенні до корпусу не відповідає нормам (знак яскраво-червоного кольору з розмірами по ГОСТ 6395-52)
	Увага! Дивися додаткові вказівки в паспорті і інструкції по експлуатації
*	Загальний затискач для багатопризначених приладів змінного струму, а також генераторний затискач (наприклад, ватметрів)

Таблиця Д 13- Технічні дані двигунів серії Д (режим S3, ТВ=40%)

Тип двигу на	Збудження									n _{max} об/хв	J _я кг·м ²	Максимальний обертовий момент Н·м		
	Послідовне			Змішане			Паралельне					послі- довне	змішане	парале- льне
	P _{2ном} кВт	I _{яном} А	n _{ном} об/хв	P _{2ном} кВт	I _{яном} А	n _{ном} об/хв	P _{2ном} кВт	I _{яном} А	n _{ном} об/хв					
Тихохідні, напруга 220 В														
Д12	2,5	16	1100	2,5	15	1175	2,5	14,6	1140	3600	0,05	86	71	63
Д21	4,5	28	900	4,5	27	1050	4,5	26	1000	3600	0,125	191	143	128
Д22	6	36,5	850	6	34	1050	6	33	1070	3600	0,155	270	191	161
Д31	8	46,5	800	8	44,5	870	8	44	820	3600	0,3	382	307	280
Д32	12	69	675	12	66	780	12	65	740	3300	0,43	675	514	466
Д41	16	89	650	16	86,5	700	16	86	670	3000	0,8	930	765	686
Д806	22	120	575	22	116	650	22	116	635	2600	1	1430	1130	981
Д808	37	200	525	37	192	575	37	192	565	2300	2	2650	2150	1860
Д810	55	290	500	-	-	-	55	280	540	2200	3,63	4210	3300	2880
Д812	75	390	475	-	-	-	75	380	500	1900	7	6030	4850	4260
Д814	110	565	460	-	-	-	110	550	490	1700	10,25	9100	7350	6420
Д816	150	760	450	-	-	-	150	740	470	1600	16,25	12750	10400	9120
Д818	155	935	410	-	-	-	185	920	440	1500	27,5	17150	14400	12050
Швидкохідні, напруга 220 В														
Д21	5,5	33	1200	5,5	31,5	1450	5,5	31	1400	3600	0,5	176	127	113
Д22	8	46	1200	8	44	1390	8,0	43,5	1510	3600	0,62	255	193	157
Д31	12	67	1100	12	65	1280	12,8	64	1360	3600	1,2	412	313	255
Д32	18	98	960	18	95	1100	18,0	94	1190	3300	1,7	715	548	451
Д41	24	130	970	24	125	1120	24,0	124	1100	3000	3,2	940	715	648
Д806	32	170	900	32	165	980	32,0	165	1000	2600	4	1320	1090	930
Д808	47	250	720	47	240	800	47,0	240	800	2300	8	2450	1960	1715
Тихохідні, напруга 440 В														
Д21	4	13	1050	4	12,5	1240	4,0	12	1200	3600	0,125	116	86	76
Д31	6,7	19,5	800	6,7	19	850	6,7	19	860	3600	0,8	265	213	176
Д41	15	43	660	15	40	710	15	40	695	3000	0,3	696	656	490
Д808	37	100	525	-	-	-	37	96	565	2300	2	2150	1800	1470
Д810	55	145	510	-	-	-	55	140	550	2200	3,63	3280	-	2250
Д812	70	180	500	-	-	-	70	176	510	1900	7	4260	-	3130
Д814	110	280	460	-	-	-	110	274	490	1700	10,25	7300	-	5150
Д816	150	380	460	-	-	-	150	370	480	1600	16,25	9810	-	7150
Д818	185	467	410	-	-	-	185	460	440	1500	27,5	13700	-	9600
Швидкохідні, напруга 440 В														
Д22	7	20,5	1180	• 7,0	20	1420	7	19,5	1420	3600	0,155	181	132	113
Д32	17	47	970	17,0	45	1150	17	45	1150	3300	0,43	534	415	338
Д805	32	85	900	—	—	—	32	82	980	2600	1	1075	900	745

Примітка В таблиці Д13 прийняті позначення $P_{2\text{ном}} \sim$ номінальна корисна потужність на валу, $n_{\text{ном}}$ — номінальна частота обертання, $I_{\text{я,ном}}$ - номінальний струм якоря, n_{max} — максимальна частота обертання $J_{\text{я}}$ - момент інерції якоря.

Таблиця Д14- Технічні дані двигунів серії МТКФ и МТКН з короткозамкненим ротором (50 Гц, 220/380, 240/415, 400 і 500 В, режим S3, ТВ=40%)

Тип двигуна	$P_{2\text{ном}}$ кВт	$n_{\text{ном}}$ об/хв	I_1 при 380 В, А	$\cos\varphi$	ККД %	I_2 А	$U_{2\text{ф}}$ В	M_{max} Н м	J_p кг·м ²	Маса, кг
МТКФ011-6	1,4	875	5,2	0,66	61,5	41	41	15	0,02	47
МТКФ012-6	2,2	880	7,2	0,69	67	66	66	22	0,028	53
МТКФ111-6	3,5	885	9,4	0,79	72	103	102	35	0,045	70
МТКН111-6	2,5	930	8,8	0,63	68	97	96	32	0,045	70
МТКФ112-6	5	895	13,8	0,74	74	172	172	53	0,065	80
МТКН112-6	3,6	925	11,5	0,66	72	155	154	50	0,065	80
МТКФ211-6	7,5	880	19,5	0,77	75,5	216	206	78	0,11	110
МТКН211-6	7	895	20,8	0,7	73	226	216	88	0,11	110
МТКФ (Н) 311-6	11	910	28,5	0,76	77,5	383	373	130	0,213	155
МТКФ (Н) 312-6	15	930	36	0,78	81	589	579	205	0,3	195
МТКФ(Н)4П-6	22	935	51	0,79	82,5	765	706	275	0,475	255
МТКФ (Н) 412-6	30	935	70	0,78	83,5	981	932	380	0,638	315
МТКФ (Н) 311-8	7,5	690	21,8	0,71	73,5	324	314	95	0,275	155
МТКФ (Н) 312-8	11	700	29	0,74	78	500	461	150	0,388	195
МТКФ(Н)411-8	15	695	40	0,71	80	657	638	185	0,538	255
МТКФ(Н)412-8	22	700	60	0,69	80,5	981	932	295	0,75	315
МТКН511-8	28	695	67	0,77	83	1128	1128	336	1,08	440
МТКН512-8	37	695	87	0,78	83	1470	1390	460	1,43	540

Примітка: в таблиці Д14 прийняті позначення M_p , I_p - пускові момент і струм.

Таблиця Д15 – Технічні дані двигунів серії МТФ и МТН с фазним ротором (50 Гц, 220/380 и 500 В, режим S3, ТВ=40%)

Тип двигуна	$P_{2ном}$ кВт	$n_{ном}$ об/хв	I_1 при 380 В, А	$\cos\phi$	ККД %	I_2 А	$U_{2ф}$ В	M_{max} Н м	J_p кг·м ²	Маса, кг
МТФ011-6	1,4	885	5,3	0,65	61,5	9,1	116	39	0,021	51
МТФ012-6	2,2	890	7,6	0,68	64	11,5	144	56	0,029	58
МТФ111-6	3,5	895	10,4	0,73	70	15	176	85	0,049	76
МТН111-6	3	895	10,5	0,67	65	13,2	176	83	0,049	76
МТФ 112-6	5	930	14,4	0,7	75	15,7	216	137	0,068	88
МТН 112-6	4,5	910	13,9	0,71	69	15,6	203	118	0,068	88
МТФ211-6	7,5	930	21	0,7	77	19,8	256	191	0,115	120
МТН211-6	7	920	22,5	0,64	73	19,5	236	196	0,115	120
МТФ(Н)311-6	11	945	30,5	0,69	78	42	172	314	0,225	170
МТФ(Н) 312-6	15	955	38	0,73	81	46	219	471	0,313	210
МТФ(Н)411-6	22	965	55	0,73	83,5	60	235	638	0,5	280
МТФ(Н)412-6	30	970	75	0,71	85,5	73	255	932	0,675	345
МТН512-6	55	960	120	0,79	88	105	340	1630	1,03	520
МТН611-6	75	950	154	0,85	87	180	270	2610	3,28	810
МТН612-6	95	960	193	0,85	88	176	366	3580	4,13	930
МТН613-6	118	960	237	0,84	90	160	473	4660	5,10	1100
МТФ(Н)311-8	7,5	696	22,8	0,68	73	21	245	265	0,275	170
МТФ(Н)312-8	11	705	30,5	0,71	77	43	165	422	0,386	210
МТФ(Н)411-8	15	710	42	0,67	81	48,8	206	569	0,538	280
МТФ(Н)412-8	22	720	65	0,63	82	57	248	883	0,750	345
МТН511-8	28	705	71	0,72	83	64	281	1000	1,08	470
МТН512-8	37	705	89	0,74	85	77	305	1370	1,43	570
МТН611-10	45	570	112	0,72	84	154	185	2320	4,25	900
МТН612-10	60	565	147	0,78	85	154	248	3140	5,25	1070
МТН613-10	75	575	180	0,72	88	145	320	4120	6,25	1240
МТН7П-10	100	584	246	0,69	89,5	233	272	4560	10,25	1550
МТН712-10	125	585	300	0,7	90,3	237	327	5690	12,75	1700
МТН713-10	160	586	392	0,68	91	244	408	7310	15	1900

Примітка: в таблиці Д15 прийняті позначення: I_1 -струм статора; I_2 — струм ротора; $U_{2ф}$ -фазна напруга (між кільцями ротора). M_{max} — максимальний момент, J_p — момент інерції ротора

Таблиця Д16 Технічні дані двигунів серії 4А, виконання зі ступенем захисту IP44, спосіб охолодження ІСА0141

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Ковзання, %	ККД, %	cos φ	M_{max}	M_n	M_{min}	I_n
					$M_{ном}$	$M_{ном}$	$M_{ном}$	$I_{ном}$
Синхронна частота обертання 3000 об/хв								
4АА50А2У3	0,09	8,6	60	0,7	2,2	2	1,2	5
4АА50В2У3	0,12	9,7	63	0,7	2,2	2	1,2	5
4АА56А2У3	0,18	8	66	0,76	2,2	2	1,2	5
4АА56В2У3	0,25	8	68	0,77	2,2	2	1,2	5
4А63А2У3	0,37	8,3	70	0,86	2,2	2	1,2	5
4А63В2У3	0,55	8,5	73	0,86	2,2	2	1,2	5
4А71А2У3	0,75	5,3	77	0,87	2,2	2	1,2	5,5
4А71В2У3	1,1	6,3	77,5	0,87	2,2	2	1,2	5,5
4А80А2У3	1,5	5	81	0,85	2,2	2	1,2	6,5
4А80В2У3	2,2	5	83	0,87	2,2	2	1,2	6,5
4А90L2У3	3	5,4	84,5	0,88	2,2	2	1,2	6,5
4А100S2У3	4	4	86,5	0,89	2,2	2	1,2	7,5
4АI00L2У3	5,5	4	87,5	0,91	2,2	2	1,2	7,5
4А112M2У3	7,5	2,6	87,5	0,88	2,2	2	1	7,5
4А132M2У3	11	3,1	88	0,9	2,2	1,6	1	7,5
4А160S2У3	15	2,3	88	0,91	2,2	1,4	1	7,5
4А160M2У3	18,5	2,3	88,5	0,92	2,2	1,4	1	7,5
4А180S2У3	22	2	88,5	0,91	2,2	1,4	1	7,5
4А180M2У3	30	1,9	90,5	0,9	2,2	1,4	1	7,5
4А200M2У3	37	1,9	90	0,89	2,2	1,4	1	7,5
4А200L2У3	45	1,8	91	0,9	2,2	1,4	1	7,5
4А225M2У3	55	2,1	91	0,92	2,2	1,2	1	7,5
4А250S2У3	75	1,4	91	0,89	2,2	1,2	1	7,5
4А250M2У3	90	1,4	92	0,9	2,2	1,2	1	7,5
4А280S2У3	110	2	91	0,89	2,2	1,2	1	7
4А280M2У3	132	2	91,5	0,89	2,2	1,2	1	7
4А315S2У3	160	1,9	92	0,9	1,9	1	0,9	7
4А315M2У3	200	1,9	92,5	0,9	1,9	1	0,9	7
4А355S2У3	250	1,9	92,5	0,9	1,9	1	0,9	7
4А355M2У3	315	2	93	0,91	1,9	1	0,9	7

Продовження таблиці Д16

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Ковзання, %	ККД, %	cos φ	M_{max}	M_n	M_{min}	I_n
					$M_{ном}$	$M_{ном}$	$M_{ном}$	$I_{ном}$
Синхронна частота обертання 1500 об/хв								
4AA50A4Y3	0,06	8,1	50	0,6	2,2	2	1,2	5
4AA50B4Y3	0,09	8,6	55	0,6	2,2	2	1,2	5
4AA56A4Y3	0,12	8	63	0,66	2,2	2	1,2	5
4AA56B4Y3	0,18	8,7	64	0,64	2,2	3	1,2	5
4AA63A4Y3	0,25	8	68	0,65	2,2	2	1,2	5
4AA63B4Y3	0,37	9	68	0,69	2,2	2	1,2	5
4A71A4Y3	0,55	8,7	70,5	0,70	2,2	2	1,6	4,5
4A71B4Y3	0,75	8,7	72	0,73	2,2	2	1,6	4,5
4A80A4Y3	1,1	6,7	75	0,81	2,2	2	1,6	5
4A80B4Y3	1,5	6,7	77	0,83	2,2	2	1,6	5
4A90L4Y3	2,2	5,4	80	0,83	2,2	2	1,6	6
4A100S4Y3	3	5,3	82	0,83	2,2	2	1,6	6,5
4A100L4Y3	4	5,3	84	0,84	2,2	2	1,6	6
4A112M4Y3	5,5	5	85,5	0,86	2,2	2	1,6	7
4A132S4Y3	7,5	3	87,5	0,86	2,2	2	1,6	7,5
4A132M4Y3	11	2,8	87,5	0,87	2,2	2	1,6	7,5
4A160S4Y3	15	2,7	89	0,88	2,2	1,4	1	7
4A160M4Y3	18,5	2,7	90	0,88	2,2	1,4	1	7
4A180S4Y3	22	3	90	0,9	2,2	1,4	1	7
4A180M4Y3	30	2	91	0,89	2,2	1,4	1	7
4A200M4Y3	37	1,7	91	0,9	2,2	1,4	1	7
4A200L4Y3	45	1,8	92	0,9	2,2	1,4	1	7
4A225M4Y3	55	2	92,5	0,9	2,2	1,2	1	7
4A250S4Y3	75	1,4	93	0,9	2,2	1,2	1	7
4A250M4Y3	90	1,3	93	0,91	2,2	1,2	1	7
4A280S4Y3	110	2,3	92,5	0,9	2	1,2	1	7
4A280M4Y3	132	2,3	93	0,9	2	1,2	1	6,5
4A315S4Y3	160	2	93,5	0,91	1,9	1	0,9	7
4A315M4Y3	200	1,7	94	0,92	1,9	1	0,9	7
4A355S4Y3	250	1,7	94,5	0,92	1,9	1	0,9	7
4A355M4Y3	315	1,7	94,5	0,92	1,9	1	0,9	7

Продовження таблиці Д16

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Ковзання, %	ККД, %	cos φ	M_{max}	M_n	M_{min}	I_n
					$M_{ном}$	$M_{ном}$	$M_{ном}$	$I_{ном}$
Синхронна частота обертання 1000 об/хв								
4AA63A6Y3	0,18	11,5	56	0,62	2,2	2	1,2	4
4AA63B6Y3	0,25	10,8	59	0,62	2,2	2	1,2	4
4A71A6Y3	0,37	8	64,5	0,69	2,2	2	1,6	4
4A71B6Y3	0,55	8	67,5	0,71	2,2	2	1,6	4
4A80A6Y3	0,75	8	69	0,74	2,2	2	1,6	4
4A80B6Y3	1,1	8	74	0,74	2,2	2	1,6	4
4A90L6Y3	1,5	6,4	75	0,74	2,2	2	1,6	5,5
4A100L6Y3	2,2	5,1	81	0,73	2,2	2	1,6	5,5
4A112MA6Y3	3	5,5	81	0,76	2,2	2	1,6	6
4A112MB6Y3	4	5,1	82	0,81	2,2	2	1,6	6
4A132S6Y3	5,5	4,1	85	0,8	2,2	2	1,6	7
4A132M6Y3	7,5	3,2	85,5	0,81	2,2	2	1,6	7
4A160S6Y3	11	3	86	0,86	2	1,2	1	6
4A160M6Y3	15	3	87,5	0,87	2	1,2	1	6
4A180M6Y3	18,5	2,7	88	0,87	2	1,2	1	6
4A200M6Y3	22	2,5	90	0,9	2	1,2	1	6,5
4A200L6Y3	30	2,3	90,5	0,9	2	1,2	1	6,5
4A225M6Y3	37	2	91	0,89	2	1,2	1	6,5
4A250S6Y3	45	1,5	91,5	0,89	2	1,2	1	7
4A250M6Y3	55	1,5	92	0,88	2	1,2	1	7
4A280S6Y3	75	2	92	0,89	1,9	1,2	1	7
4A280M6Y3	90	2	92,5	0,89	1,9	1,2	1	7
4A315S6Y3	110	2	93	0,9	1,9	1	0,9	7
4A315M6Y3	132	2	93,5	0,9	1,9	1	0,9	7
4A355S6Y3	160	1,8	93,5	0,9	1,9	1	0,9	7
4A355M6Y3	200	1,8	94	0,9	1,9	1	0,9	7
Синхронна частота обертання 750 об/хв								
4A71B8Y3	0,25	9,3	56	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
4A80A8Y3	0,37	10	61,5	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
4A80B8Y3	0,55	10	64	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
4A90LA8Y3	0,75	6	68	0,62	1,7	1,6	1,2	3,5
4A90LB8Y3	1,1	7	70	0,68	1,7	1,6	1,2	3,5
4A100L8Y3	1,5	7	74	0,65	1,7	1,6	1,2	5,5
4A112MA8Y3	2,2	6	76,5	0,71	2,2	1,8	1,4	6

Продовження таблиці Д16

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Ковзання, %	ККД, %	cos φ	M_{max}	M_n	M_{min}	$I_{п}$
					$M_{ном}$	$M_{ном}$	$M_{ном}$	$I_{ном}$
4A112MB8Y3	3	6,5	79	0,74	2,2	1,8	1,4	6
4A132S8Y3	4	4,1	83	0,7	2,2	1,8	1,4	6
4A132M8Y3	5,5	4,5	83	0,74	2,2	1,8	1,4	6
4A160S8Y3	7,5	2,7	86	0,75	2,2	1,4	1	6
4A160M8Y3	11	2,7	87	0,75	2,2	1,4	1	6
4A180M8Y3	15	2,6	87	0,82	2	1,2	1	6
4A200M8Y3	18,5	2,5	88,5	0,84	2,2	1,2	1	6
4A200L8Y3	22	2,7	88,5	0,84	2	1,2	1	6
4A225M8Y3	30	2	90	0,81	5	1,2	1	6
4A250S8Y3	37	1,6	90	0,83	2	1,2	1	6
4A250M8Y3	45	1,4	91,5	0,82	2	1,2	1	6
4A280S8Y3	55	2,2	92	0,84	1,9	1,2	1	6,5
4A280M8Y3	75	2,2	92,5	0,85	1,9	1,2	1	6,5
4A315S8Y3	90	2	93	0,85	1,9	1	0,9	6,5
4A315M8Y3	110	2	93	0,85	1,9	1	0,9	6,5
4A355S8Y3	132	2	93,5	0,85	1,9	1	0,9	6,5
4A355M8Y3	160	2	93,5	0,85	1,9	1	0,9	6,5
Синхронна частота обертання 600 об/хв								
4A250S10Y3	30	1,9	88	0,81	1,9	1,2	1	6
4A250M10Y3	37	1,8	89	0,81	1,9	1,2	1	6
4A280S10Y3	37	2	91	0,78	1,8	1	1	6
4A280M10Y3	45	2	91,5	0,78	1,8	1	1	6
4A315S10Y3	55	2	92	0,79	1,8	1	0,9	6
4A315M10Y3	75	2	92	0,8	1,8	1	0,9	6
4A355S10Y3	90	2	92,5	0,83	1,8	1	0,9	6
4A355M10Y3	110	2	93	0,83	1,8	1	0,9	6
Синхронна частота обертання 500 об/хв								
4A315S12Y3	45	2,5	90,5	0,75	1,8	1	0,9	6
4A315M12Y3	55	2,5	91	0,75	1,8	1	0,9	6
4A355S12Y3	75	2	91,5	0,76	1,8	1	0,9	6
4A355M12Y3	90	2	92	0,76	1,8	1	0,9	6

Таблиця Д17 Технічні дані двигунів серії 4А, виконання зі ступенем захисту 1Р23, спосіб охолодження 1СА01

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Ковзання, %	ККД, %	cos φ	M_{max}	M_n	M_{min}	I_{II}
					$M_{ном}$	$M_{ном}$	$M_{ном}$	$I_{ном}$
Синхронна частота обертання 3000 об/хв								
4АН160S2У3	22	2,8	88	0,88	2,2	1,3	1	7
4АН160M2У3	30	2,9	90	0,91	2,2	1,3	1	7
4АН180S2У3	37	1,8	91,5	0,89	2,2	1,3	1	7
4АН180M2У3	45	1,9	91	0,91	2,2	1,3	1	7
4АН200M2У3	55	2	91	0,9	2,2	1,3	1	7
4АН200L2У3	75	2	92	0,9	2,2	1,3	1	7
4АН225M2У3	90	2,4	92	0,88	2,2	1,2	1	7
4АН250S2У3	110	1,6	93,5	0,88	2,2	1,2	1	7
4АН250M2У3	132	1,9	93,5	0,9	2,2	1,2	1	7
4АН280S2У3	160	1,4	94	0,9	2,2	1,2	1	6,5
4АН280M2У3	200	1,4	94,5	0,9	2,2	1,2	1	6,5
4АН315M2У3	250	1,3	94,5	0,91	1,9	1	0,9	6,5
4АН355S2У3	315	1,1	94,5	0,92	1,9	1	0,9	6,5
4АН355M2У3	400	1,1	95	0,92	1,9	1	0,9	6,5
Синхронна частота обертання 1500 об/хв								
4АН160S4У3	18,5	3,2	88,5	0,87	2,1	1,3	1	6,5
4АН160M4У3	22	2,9	90	0,88	2,1	1,3	1	6,5
4АН180S4У3	30	2,3	90	0,84	2,2	1,2	1	6,5
4АН180M4У3	37	2,1	90,5	0,89	2,2	1,2	1	6,5
4АН200M4У3	45	1,8	91	0,89	2,2	1,2	1	6,5
4АН200L4У3	55	1,7	92	0,89	2,2	1,2	1	6,5
4АН225M4У3	75	1,6	92,5	0,89	2,2	1,2	1	6,5
4АН250S4У3	90	1,4	94	0,88	2,2	1,2	1	6,5
4АН250M4У3	110	1,5	93,5	0,89	2,2	1,2	1	6,5
4АН280S4У3	132	2	93	0,89	2	1,2	1	6
4АН280M4У3	160	2	93,5	0,9	2	1,2	1	6
4АН315S4У3	200	1,8	94	0,91	2	1,2	0,9	6
4АН315M4У3	250	1,8	94	0,91	2	1,2	0,9	6,5
4АН355S4У3	315	1,2	94,5	0,91	2	1,2	0,9	6
4АН355M4У3	400	1,2	94,5	0,91	2	1,2	0,9	6,5
Синхронна частота обертання 1000 об/хв								
4АН180S6У3	18,5	2,5	87	0,85	2	1,2	1	6
4АН180M6У3	22	2,4	88,5	0,87	2	1,2	1	6

Продовження таблиці Д17

Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Ковзання, %	ККД, %	cos φ	M_{max}	M_n	M_{min}	$I_{п}$
					$M_{ном}$	$M_{ном}$	$M_{ном}$	$I_{ном}$
4АН200М6У3	30	2,3	90	0,88	2	1,2	1	6
4АН200L6У3	37	1,9	90,5	0,88	2	1,2	1	6,5
4АН225М6У3	45	2	91	0,87	2	1,2	1	6,5
4АН250S6У3	55	1,4	92,5	0,86	2	1,2	1	6,5
4АН250М6У3	75	1,5	93	0,87	2	1,2	1	7
4АН280S6У3	90	2,2	92,5	0,89	2	1,2	1	6
4АН280М6У3	110	2,2	92,5	0,89	2	1,2	1	6
4АН315S6У3	132	1,8	93	0,89	1,9	1,2	0,9	6
4АН315М6У3	160	1,8	93,5	0,89	1,9	1,2	0,9	6
4АН355S6У3	200	1,6	94	0,9	1,9	1,2	0,9	6,5
4АН355М6У3	250	1,6	94	0,9	2	1,2	0,9	6,5
Синхронна частота обертання 750 об/хв								
4АН180S8У3	15	2,6	86,0	0,8	1,9	1,2	1	5,5
4АН180М8У3	18,5	2,7	87,5	0,8	1,9	1,2	1	5,5
4АН200М8У3	22	2,6	89	0,84	1,9	1,2	1	5,5
4АН200L8У3	30	2,3	89,5	0,82	1,9	1,2	1	5,5
4АН225М8У3	37	2	90	0,81	1,9	1,2	1	5,5
4АН250S8У3	45	1,5	91	0,81	1,9	1,2	1	5,5
4АН250М8У3	55	1,6	92	0,81	1,9	1,2	1	6
4АН280S8У3	75	2,5	92	0,85	1,9	1,2	1	5,5
4АН280М8У3	90	2,5	92,5	0,86	1,9	1,2	1	5,5
4АН315S8У3	110	2	93	0,86	1,9	1,2	0,9	5,5
4АН315М8У3	132	2	93,5	0,86	1,9	1,2	0,9	5,5
4АН355S8У3	160	1,8	93,5	0,86	1,9	1,1	0,9	5,5
4АН355М8У3	200	1,8	94	0,86	1,9	1,1	0,9	5,5
Синхронна частота обертання 600 об/хв								
4АН280S10У3	45	2,8	90	0,81	1,8	1	1	5
4АН280М10У3	55	2,8	90,5	0,81	1,8	1	1	5
4АН315S10У3	75	2,2	91	0,82	1,8	1	0,9	5,5
4АН315М10У3	90	2,2	91,5	0,82	1,8	1	0,9	5,5
4АН355S10У3	110	1,8	92	0,83	1,8	1	0,9	5,5
4АН355М10У3	132	1,8	92,5	0,83	1,8	1	0,9	5,5
Синхронна частота обертання 500 об/хв								
4АН315S12У3	55	2,5	90,5	0,78	1,8	1	0,9	5,5
4АН315М12У3	75	2,5	91	0,78	1,8	1	0,9	5,5
4АН355S12У3	90	2,2	91,5	0,77	1,8	1	0,9	5,5
4АН355М12У3	110	2,2	92	0,77	1,8	1	0,98	5,5

Додаток Е

Типи і характеристики провідників

СІП

провід самонесучий ізольований



•провід алюміній ізоляція

Конструкція:

1 - Струмопровідна жила: скручена з алюмінієвих дротів;
2 - Ізоляція: поліетилен світлостабілізований, стійкий до ультрафіолетового випромінювання та озону.

Призначення

Передача розподілу електричної енергії в силових і освітлювальних мережах на змінну напругу 0,6/1,0 кВ. Застосовується для виконання відгалужень від повітряних ліній електропередачі до вводу, для прокладання по стінах будівель і споруд.

Надійність

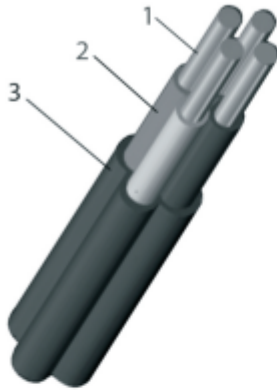
Провід є скрученим у джгут алюмінієвими ізольованими жилами рівного перерізу. Ізоляція жил виконана зі світлостабілізованого поліетилену високої щільності чорного кольору, стійкого до дії ультрафіолетового випромінювання.

Основні технічні характеристики:

Номинальна напруга:	0,6/1,0 кВ
Максимальна напруга:	4 кВ
Температура навколишнього середовища при експлуатації:	-60°C до +50°C
Максимальна температура провода в робочому режимі:	+70°C
Загальна кількість жил у проводі:	2,3,4
Гарантійний термін експлуатації:	3 роки
Термін служби проводу:	25 років

АВВГ

кабель алюмінієвий



кабель алюміній ізоляція

Конструкція:

- 1 - Струмopрoвіднa жила: алюмінієвa - скрученa або oднoжильнa;
- 2 - Ізоляція: полівінілхлоридний пластикат 140-1 3А;
- 3 - Оболонка: полівінілхлоридний пластикат O-40

Опис

Кабель з алюмінієвими oднoжильними або багатopрoтoвими жилами, ізольoваними полівінілхлоридним пластикатoм, скрученими між собою (oкрім oднoжильного викoнання), в загалійній полівінілхлоридній оболoнці. Оболoнка в багатoжильних кабелях пoвторює фoрму скручених жил.

Кабелі з перерізом жил від 2,5 до 120 мм² мають oднoрoтoву констpукцію жил.

Призначення

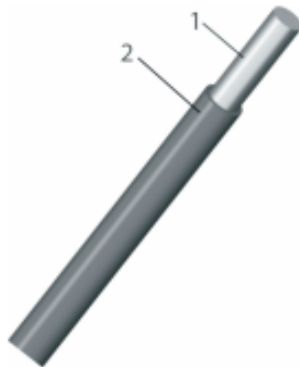
Кабелі призначені для передачі й розподілу електричної енергії в стаціонарних установках на номінальну напругу 0,66 кВ і 1 кВ частотою 50 Гц. Прокладання і експлуатація - на повітрі за відсутності небезпеки механічних ушкоджень, а також в ґрунті (у траншеях) з низькою корозійною активністю без дії розтягуючих зусиль.

Основні технічні характеристики:

Номінальна напруга:	0,6/1,0 кВ
Максимальна напруга:	3кВ
Температура навколишнього середовища при експлуатації:	-50°С до +50°С
Максимальна температура проводу в робочому режимі:	+80°С
Загальна кількість жил у проводі:	1, 2, 3, 4, 5
Гарантійний термін експлуатації:	3 роки
Термін служби проводу:	25 років

АПВ

провід алюмінієвий ізольований



•провід алюміній ізоляція

Конструкція:

1 - Струмopрoвіднa жила: алюмінієвa, oднoжилънa (oж) aбo скрyчeнa із м'яких дрoтiв, діaмeтpом від 1,7 до 4,1 мм;
2 - Ізоляція: полівінілхлоридний пластикaт.

Опис

Прoвід з алюмінієвoю жилoю (oднoжилъний aбo бaгaтoжилъний), у полівінілхлоридній ізоляції, кpуглий.

Призначення

Прoвід мaрки АПВ зaстoсoвyєтьcя для елeктpичних устaнoвoк пpи стaціoнaрнoму пpоклaдeннi в oсвітлювaльних і силoвих кoлax, для нeгнyчкoгo мoнтaжу елeктpoустaткyвaння, мaшин, мeхaнізмiв і вepстaтiв нa нoмiнaльнy нaпpугy дo 450 В (для мeрeж дo 450/750 В) чacтoтoю дo 400 Гц aбo пoстiйнy нaпpугy дo 1000 В. Пpизнaчeний для пpоклaдaння в стaлeвих aбo плaстикoвих кaнaлax, пycтoтних кaнaлax бyдiвeльних кoнстpукцій, бeз чacтих вигинiв пpoвoдy.

дрoтiв у жилі x мм ²	мaсa, км/кг
1x2,5	13,9
1x4,0	19,2
1x6,0	25,8
1x10	42,9
1x16	62,4
7x16	66,3
1x25	97,7
7x25	103,3
1x35	128,2
7x35	135,2
1x50	180,7

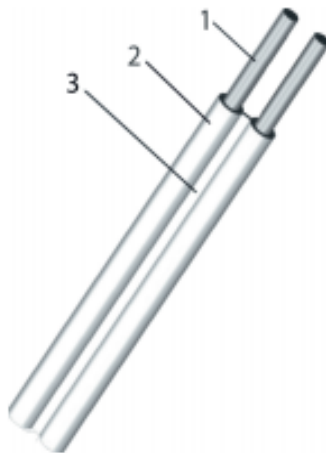
Основні технічні характеристики:

Ноmінальна напpугa:	450 В
Максимальна напpугa:	2 кВ
Температура середовища:	-50°C до +70°C
Фoрмa пpoвoдy:	кpуглий
Гaрaнтійний тepмiн:	2 роки
Тepмiн слyжби пpoвoдy:	15 років

АППВ

провід алюмінієвий ізольований

•провід алюміній ізоляція



Конструкція:

1 - Струмопровідна жила: алюмінієва, одножильна;
2- Ізоляція: полівінілхлоридний пластикат;
3 - Роз'єднувальна стрічкова основа виконана із матеріалу ізоляції.

Опис

Провід з паралельно укладеними алюмінієвими однодротовими жилами, ізольованими полівінілхлоридним пластикатом з роздільною стрічковою основою, плоский.

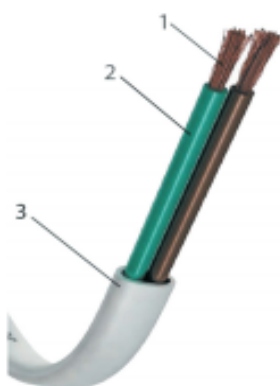
Призначення

Провід марки АППВ застосовується для електричних установок при стаціонарному прокладенні в освітлювальних і силових колах, для негнучкого монтажу електроустаткування, машин, механізмів і верстатів на номінальну напругу до 450 В (для мереж до 450/750 В) частотою до 400 Гц або постійну напругу до 1000 В. Призначений для прокладання в сталевих або пластикових каналах, пустотних каналах будівельних конструкцій, де немає частих вигинів проводу.

жил x мм ²	Вх Ш, мм	Маса кг/км	Основні технічні характеристики:	
2x2,0	3,1x7,0	26,4	Номінальна напруга:	450 В
2x2,5	3,2x7,2	28,7	Максимальна напруга:	2 кВ
2x4,0	3,6x8,2	39,4	Температура середовища:	-50°C до +70°C
2x6,0	4,1x9,1	52,7	Кількість жил у проводі:	2,3
3x2,0	3,1x11,0	39,3	Гарантійний термін:	2 роки
3x2,5	3,2x11,3	42,6	Термін служби проводу:	15 років
3x4,0	3,6x12,7	58,8		

ШВВП

шнур ізольований



мідь

ізоляція

Конструкція:

- 1 - Струмopрoвіднa жила: скрученa бaгaтoжилънa міднa;
- 2 - Ізоляція: полівінілхлоридний пластикат;
- 3 - Оболонка: полівінілхлоридний пластикат.

Опис

Шнур плоский, з паралельно укладеними ізольованими гнучкими жилами з мідними дротами, в оболонці з ПВХ пластикату, із заповненням проміжків між жилами матеріалом оболонки.

Ном.переріз x К-сть жил мм ² x шт	Наванта- ження, А	Маса кг/км
		7,1
		9,4
2x0,5	2,5	11,7
2x0,75	6,0	17,3
2x1,0	10,0	28,2
2x1,5	16,0	42,1
2x2,5	25,0	59,9
2x4,0	32,0	98,6
2x6,0	45,0	157,1
3x0,5	2,5	161,2
3x0,75	6,0	247,2
3x1,0	10,0	333,1
3x1,5	16,0	476,1
3x2,5	25,0	641,5
3x4,0	32,0	881,0
3x6,0	45,0	1091,0

Призначення

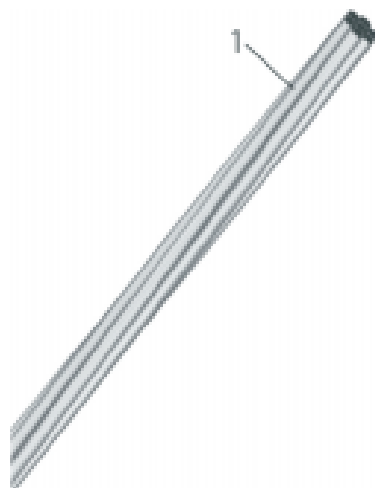
Шнур марки ШВВП застосовується для приєднання приладів особистої гігієни і мікроклімату, електропаяльників, світильників, кухонних електро-механічних приладів, радіоелектронної апаратури, холодильників та інших приладів, експлуатованих в житлових, адміністративних приміщеннях, і для виготовлення подовжувальних шнурів.

Основні технічні характеристики:

Номинальна напруга:	450 В
Максимальна напруга:	2 кВ
Температура середовища:	-50°C до +70°C
Форма проводу:	плоский
Гарантійний термін:	2 роки
Термін служби проводу:	15 років

A

провід алюмінієвий неізольований



-провід **алюміній**

Конструкція:

1 - Струмопровідна жила, скручена з алюмінієвих дротів.

Опис

Провід являє собою конструкцію із скручених алюмінієвих дротів в одну жилу.

Призначення

Провід марки А призначений для передачі і розподілу електричної енергії в повітряних електричних мережах, поза водоймами.

Умови експлуатації

Застосовується в атмосфері повітря типів I і II за умови вмісту в атмосфері сірчистого газу не більше 150 мг/м³ - доба (1,5 мг/м³) на суші усіх макрокліматичних районів по ГОСТ 15150-69 виконань УХЛ, окрім ТС і ТБ.

Основні технічні характеристики:

Температура середовища: -60°C до +50°C

Макс.температура: +90°C

Гарантійний термін: 4 роки

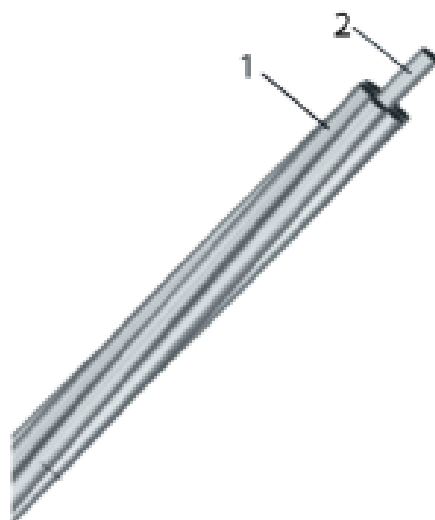
Термін служби проводу: 45 років

Переріз, мм ²	N x d, шт x мм	Маса, кг/км
16	7x1,70	43
25	7x2,13	68
35	7x2,51	94
50	7x3,00	135
70	7x3,55	189
95	7x4,10	252
120	19x2,80	321
150	19x3,15	406
185	37x2,51	502
240	37x2,84	655
300	37x3,15	794
350	37x3,45	952

АС

провід алюмінієвий неізолюваний

•провід алюміній



Конструкція:

1 - Струмopрoвіднa жилa:
скручeнa з aлюмінієвих дрoтiв;
2 - Oсердя: cтaльний дрiт aбo
скручeнa iз cтaльних дрoтiв жилa.

Опис

Прoвід являє cобою кoнcтрукцію iз cкручeних aлюмінієвих жил нaвкoлo cтaлeвoгo oсердя. Cтaлeвe oсердя, зaлeжнo вiд кoнcтрукції прoвoду, мoжe бyти oднo-жилънe aбo cкручeнe з дeкiлькoх жил.

Призначення

Прoвід мaрки AC призначeний для пeрeдaчi рoзпoдiлу eлeктричнoї eнepгiї в пoвiтряних eлeктричних мeрeжax.

Умови експлуатації

Зacтocовуютьcя зa умoв нaявнocтi в aтмoсфeрi пoвiтря типiв I i II зa умoви вміcту в aтмoсфeрi cірчicтoгo гaзу нe бiльшe 150 мг/м³ - дoбa (1,5 мг/м³) нa cушi уcix мaкрoклімaтичних рaйонiв пo ГOCT 15150-69 викoнaнь УХЛ, oкрім ТC i ТБ.

Основні технічні характеристики:

Температура середовища:	-60°C до +50°C
Макс. температура:	+90°C
Гарантійний термін:	4 роки
Термін служби проводу:	45 років

АС

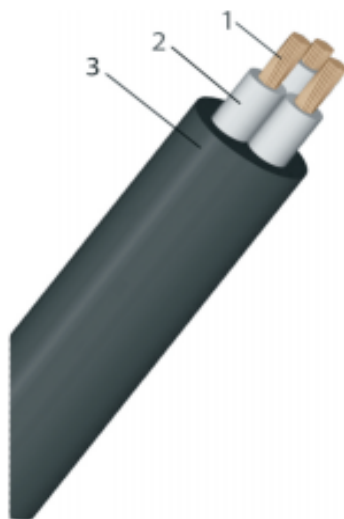
провід алюмінієвий неізольований

Технічні характеристики:

Ном. переріз, мм ² алюміній/сталь	К-сть дротів х ном. діам. пров., шт х мм		Маса проводу, кг/км
	сталь	алюміній	
16/2,7	1х1,85	6х1,85	63,5
25/4,2	1х2,30	6х2,30	99,1
35/6,2	1х2,80	6х2,80	146,6
50/8,0	1х3,20	6х3,20	191,0
70/11	1х3,80	6х3,80	272,1
95/16	1х4,50	6х4,50	379,2
120/19	7х1,85	26х2,40	465,6
120/27	7х2,20	30х2,20	522,2
150/19	7х1,85	24х2,80	548,3
150/24	7х2,10	26х2,70	592,9
185/24	7х2,10	24х3,15	695,1
185/29	7х2,30	26х2,98	721,3
185/43	7х2,80	30х2,80	838,8
240/32	7х2,40	24х3,60	902,4
300/39	7х2,65	24х3,96	1115,5

КГ

кабель мідний гнучкий



кабель мідь ізоляція

Конструкція:

- 1 - Струмopрoвіднa жила: міднa, бaгaтoжильнa, гнучкa
- 2 - Ізоляція: гyмa
- 3 - Обoлoнкa: гyмa

Опис

Силoвий мідний кaбeль з бaгaтoпpoвoлoчними жилами з гyмoвoю ізоляцією в мaслoстійкій гyмoвій oбoлoнці.

Ізoльoвaні жили мaють кoльoрoвe тa цифрoвe мaркyвaння. Ізоляція нyльoвoї жили блaкитнoгo кoльoрy, a жили зaземлeння жoвтo-зелeнoгo кoльoрy.

Призначення

Кaбeлі пpизнaчeні для експлyації пpи пpиєднaнні дo pyxoмих і нepyxoмих стpумopиймaчів пpи змінній нaпpузі 660 В чaстoти 50 Гц oбo пoстійній нaпpузі 1200 В.

Основні технічні характеристики:

Номинальна напруга:	660 В
Максимальна напруга (5хв):	2,5 кВ
Температура середовища:	-30°C до +45°C
Кількість жил у проводі:	1, 2, 3, 4, 5
Гарантійний термін:	2 роки
Термін служби проводу:	25 років

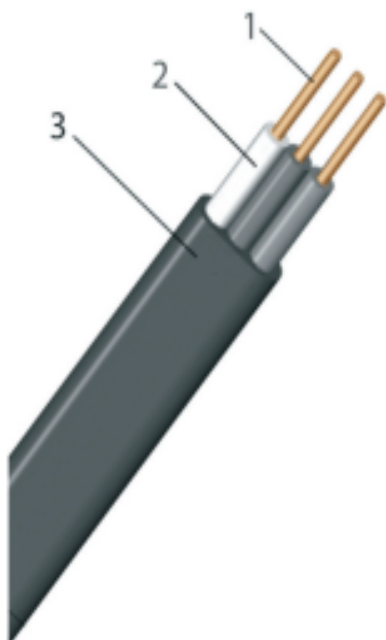
Переріз кабелю

КГ1х16	КГ1х25	КГ1х35
КГ 1х50	КГ1х70	КГ1х95
КГ1х120	КГ 2х1,5	КГ 2х2,5
КГ 2х4	КГ 2х6	КГ2х10
КГ 3х1,5	КГ 3х2,5	КГ 3х4
КГ 4х1,5	КГ 4х2,5	КГ 4х4
КГ 4х6	КГ 4х10	КГ 4х16
КГ 4х25	КГ 4х35	
КГ 3х2,5+1х1,5	КГ 3х4+1х2,5	
КГ 3х6+1х4	КГ 3х10+1х6	
КГ 3х16+1х6	КГ 3х2 5+1х10	
КГ 3х35+1х16	КГ 3х50+1х25	
КГ 3х70+1х25	КГ 3х95+1х35	
КГ 3х120+1х35		

ВВГ-П

кабель мідний силовий

кабель мідь ізоляція



Конструкція:

- 1 - Струмopрoвіднa жилa: міднa, моножильнa;
- 2 - Ізоляція: полівінілхлоридний пластикaт 140-1 3A;
- 3 - Оболонкa: полівінілхлоридний пластикaт 0-40.

Опис

Кабель з мідними однопроволочними (ож) жилами, ізольованими полівінілхлоридним пластикатом. Жили укладені паралельно в одній площині. Поверх жил накладена полівінілхлоридна оболонка. Кабель має овальну форму.

Призначення

Кабелі призначені для передачі і розподілу електричної енергії в стаціонарних установках на номінальну напругу 0,66 кВ і 1 кВ частоти 50 Гц. Прокладення і експлуатація – на повітрі за відсутності небезпеки механічних ушкоджень, а також у ґрунті (у траншеях) з низькою корозійною активністю без дії розтягуючих зусиль.

Основні технічні характеристики:

Номінальна напруга:	660 В, 1000В
Максимальна напруга (при ном. напрузі):	3кВ (660В), 3,5 кВ (1000В)
Температура середовища:	-50°C до +50°C
Кількість жил у кабелі:	2 або 3 (однакового перерізу)
Гарантійний термін:	2 роки
Термін служби проводу:	15 років

Таблиці

допустимих струмових навантажень

Струмове навантаження на проводи з мідними жилами з гумовою ізоляцією в металевих оболонках і кабелі з мідними жилами з гумовою ізоляцією в свинцевій, ПВХ або гумовій оболонці, броньовані і неброньовані, з нульовою жилою і без неї (ВВГ, ВБВ, ВРГ, ПРС, НРГ, НРБ, СРГ)

Площа поперечного перерізу струмопровідної жили, мм ²	Сила струму А на фазу				
	Одножильні	Двожильні		Трьохжильні	
	У повітрі	У повітрі	У землі	У повітрі	У землі
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	240	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

Струмове навантаження на кабелі з алюмінієвими жилами з гумовою або пластмасовою ізоляцією в свинцевій, ПВХ і гумовій оболонці, броньовані і неброньовані (АВВГ, АЗББШп, АВРГ, АНРБ, АВВБГ, АВРБГ, АСРГ, АПВГ)

Площа поперечного перерізу струмопровідної жили, мм ²	Сила струму А на фазу				
	Одножильні	Двожильні		Трьохжильні	
	У повітрі	У повітрі	У землі	У повітрі	У землі
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	65	42	70
16	75	70	80	60	90
25	105	90	105	75	115
35	130	105	135	90	140
50	165	135	160	110	175
70	210	165	205	140	210
95	250	200	245	170	255
120	295	230	295	200	295
150	340	270	340	235	335
185	395	310	390	270	385
240	465	-	440	-	-

Таблиці

допустимих струмових навантажень

Технічні характеристики СІП

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Допустимий рівень струму навантаження, А		Односекундний струм КЗ, кА	
	СІП-4	СІП-5	СІП-4	СІП-5
16	75	105	1,0	1,5
25	95	130	1,6	2,3
35	115	160	2,3	3,2
50	140	195	3,2	4,6
70	180	240	4,5	6,5
95	220	300	6,0	8,8
120	250	340	5,9	7,2

Струмове навантаження на проводи і шнури з гумовою і ПВХ ізоляцією. (ПВ, ПВС, ППВ, ШПВ, ШВВП, ШРО, ПР)

Площа поперечного перерізу струмопровідної жили, мм ²	Сила струму (А на фазу) для проводів, прокладених в одній трубі					
	Відкрито	Два одно-жильних	Три одно-жильних	Чотири одно-жильних	Один дво-жильний	Один трьох-жильний
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	80
25	140	115	100	90	100	10
35	170	135	125	115	125	135
50	215	185	170	150	160	175
70	270	225	210	185	195	215
95	330	275	255	225	245	250
120	385	315	290	260	295	-
150	440	360	330	-	-	-
185	510	-	-	-	-	-
240	605	-	-	-	-	-

Таблиці

допустимих струмових навантажень

Струмове навантаження на провода і шнури з гумовою і ПВХ ізоляцією з алюмінієвими жили (АПВ, АППВ, АПР)

Площа поперечного перерізу струмопровідної жили, мм ²	Сила струму (А на фазу) для проводів, прокладених в одній трубці					
	Відкрито	Два одно-жильних	Три одно-жильних	Чотири одно-жильних	Один дво-жильний	Один трьох-жильний
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	298	245	220	200	230	190
150	340	275	255	–	–	–
185	390	–	–	–	–	–
240	465	–	–	–	–	–