

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

Робота допущена до захисту

Завідувач кафедри

_____ І. Л. Лебединський

«__» _____ 2020 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: «Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових»

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: студент гр. ЕТм-91 _____ В. М. Маренок

Керівник: к.т.н., доцент _____ П. О. Василега

Консультанти:

з економічної частини: к.е.н., доцент _____ О. М. Маценко

з питань охорони праці й безпеки в

надзвичайних ситуаціях: к.т.н., доцент _____ П. О. Василега

Нормоконтроль _____ М.А.Никифоров

Суми-2020

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроенергетики

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський

“ ___ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу

Маренок Владислав Миколайович

Тема роботи: «Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових»

Затверджено наказом по університету № _____ від _____

2 Термін здачі студентом закінченої роботи: 07.12.20 .

3 Вихідні дані до роботи: Принципова схема силової/освітлювальної мереж, параметри споживачів електроенергії, параметри та марки кабелів, однолінійна схема електропостачання, схема електрична принципова розподільної мережі.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

Вступ.

1. Розрахункова частина.
2. Науково-дослідна частина
3. Охорона праці.
4. Економічна частина.

Висновки.

Додатки

Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу: принципова схема силової мережі, принципова схема освітлювальної мережі, схема моделі «трансформатор-кабельна лінія електропостачання-насос, схема електрична принципова розподільної мережі.

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Розрахунок економічної частини	Маценко О.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розрахункова частина	01.11.20-15.11.20	
2.	Науково-дослідна частина	15.11.20-25.11.20	
3.	Економічна частина	25.11.20-30.11.20	
4.	Охорона праці	30.11.20-04.12.20	
5.	Графічна частина	04.12.20-07.12.20	

Магістрант _____ В.М. Маренок
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., доцент _____ П.О. Василега
(підпис)

РЕФЕРАТ

62 с. , 32 рис. , 19 табл. , 14 джерел , 4 кресл.

Об'єкт дослідження – система електропостачання навчального корпусу.

Мета роботи – необхідно розрахувати параметри системи електропостачання та зробити модель «трансформатор – кабельна лінія - електродвигун.

Графічні матеріали: принципова схема силової мережі, принципова схема освітлювальної мережі, схема електрична принципова розподільчої мережі, модель «трансформатор – кабельна лінія – насос»

Ключові слова:

Розрахунок, навантаження, потужність, коефіцієнт, струм, шафа розподільча, кабель, вимикач, освітлення, електроприймач, Matlab, моделювання, насос, ЛПО, LED.

Расчет, нагрузка, мощность, коэффициент, ток, шкаф распределительный, кабель, выключатель, освещение, электроприёмник, Matlab, моделирование, насос, ЛПО, LED.

Calculation, load, power, ratio, current, distribution cabinet, cable, switch, lighting, electric receiver, Matlab, modeling, pump, LPO, LED.

Короткий огляд: У даній роботі виконані розрахунки навантажень, номінальних струмів, струмів короткого замикання, та втрат напруги. Вибрані кабелі та електрообладнання навчального корпусу. Для розрахунку навантажень взяті коефіцієнти з ДБН та методика коефіцієнта попиту. Вибір кабелів та електрообладнання здійснено за допомогою таблиць перетину кабелю, номінального струму та навантаження. За допомогою програми Matlab було створено модель «трансформатор – кабельна лінія – насос» . Знайдено навантаження, пускові струми та обґрунтовано вибір електричних кабелів. Знайдено ціну внутрішнього освітлення, також розраховано економічний ефект при використанні двох різних систем освітлення.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВРП – ввідно-розподільний пристрій

ШРС – шафа силова розподільча

ШРК – шафа комп'ютерна розподільча

ШРО – шафа освітлення розподільча

ДБН – державні будівельні норми

РУ – розподільний пристрій

к. з. – коротке замикання

НЗ/1 – задвижка

НПС – пожежна сигналізація

Н1/2 – насос протипожежний

ННО – зовнішнє освітлення

ВВГ – кабель мідний силовий

ВВГнг – кабель не підтримує горіння

АВВГ – кабель алюмінієвий силовий

ВА, АЕ – автоматичні вимикачі

TN-S – сучасна система заземлення

ГОСТ – державний стандарт

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	11
1.1 Характеристика об'єкту, системи електропостачання та її електроприймачів.....	11
1.2 Метод установленної потужності й коефіцієнта попиту	14
1.3 Розрахунок навантажень методом установленної потужності та коефіцієнта попиту.....	15
1.4 Вибір кабелів і проводів та розрахунок втрат напруги.....	19
1.4.1 Загальна характеристика кабелів, проводів	19
1.4.2 Вибір кабелів	23
1.4.3 Розрахунок втрат напруги.....	24
1.5 Розрахунок струмів короткого замикання.....	27
1.6 Вибір електрообладнання та електричних апаратів.....	32
1.6.1 Загальна характеристика електричних апаратів	32
1.6.2 Вибір електрообладнання навчального корпусу	34
РОЗДІЛ 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	38
2.1 Опис програмного пакету Matlab	38
2.2 Мета роботи. Вихідні данні та об'єкт дослідження	40
2.3 Аналіз втрат напруги на трансформаторі та живлячих кабелях ..	44
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	47
3.1 Загальні заходи безпеки	47
3.2 Вимоги безпеки до персоналу	48
3.3 Ураження електричним струмом	52
3.4 Технічна документація	54
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	57
4.1 Характеристика системи освітлення навчального корпусу	57
4.2 Розрахунок вартості основного освітлення навчального корпусу	58

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Маренок В.М.						7	68
Перевір.	Василега П.О.					<i>СумДУ кафедра Електроенергетики</i>		
Реценз.								
Н. Контр.	Никифоров М.А.							
Затверд.	Лебединський І. Л.							

4.3 Розрахунок економічного ефекту при використанні двох різних світильників	60
ВИСНОВОК.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТКИ.....	66
Додаток А - Схема електрична принципова розподільчої мережі.....	67
Додаток Б - Модель "трансформатор-кабельна лінія-насос".....	68
Додаток В - Принципова схема силової мережі.....	69
Додаток Г - Принципова схема освітлювальної мережі.....	70

ВСТУП

При проектуванні системи електропостачання важливе значення мають техніко-економічні аспекти. Економія енергетичних ресурсів повинна здійснюватися шляхом переходу на енергозберігаючі технології виробництва, вдосконалення енергетичного обладнання, реконструкції застарілого обладнання, скорочення всіх видів енергетичних втрат і підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів.

Також однією з актуальних задач електропостачання є забезпечення його надійності. Але підвищення надійності пов'язане зі збільшенням вартості системи електропостачання, тому повинен бути вибір оптимальної по надійності структури електропостачання.

Не менш важливим завданням є забезпечення необхідної якості електричної енергії. В електроприймачах та мережі збільшуються втрати через низьку якість електроенергії.

Іншим важливим завданням є забезпечення необхідної якості електроенергії. Низька якість електроенергії призводить до збільшення втрат електроенергії, як в електроприймачах, так і в мережі. Втрати електроенергії в трансформаторах, електродвигунах, проводці та іншому обладнанні неминучі, що пов'язано з принципом роботи цих електроустановок. Однак за рахунок заходів по економії електроенергії втрати повинні бути зведені до мінімуму.

Основні вимоги до електроустановок відображені в правилах улаштування електроустановок (ПУЕ), стандартах України, Будівельних нормах і правилах, інструкціях, рекомендаціях, вказівках випущених Держстандартом, Енергонаглядом, Енергозбутом та іншими

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Маренок В.М.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Василега П.О.</i>					9	68
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ кафедра Електроенергетики</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров М.А.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

уповноваженими державними органами. Усі вимоги спрямовані на забезпечення надійності, електробезпеки, пожежної безпеки та економічності електроустановок при дотримань умов комфортної роботи людей.

Проект електропостачання повинен забезпечувати енергоефективність, естетичність і функціональність електроустановок приміщення.

В роботі розраховуються параметри електропостачання будівлі. За основу взято корпус Н університету СумДУ.

В роботі визначені розрахункові навантаження споживачів, розраховані струми КЗ. Здійснений вибір рубильників, вимикачів та автоматів. Вибрані кабелі та проводи, а також змодельована ділянка схеми «Трансформатор - кабельна лінія - насос».

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкту, системи електропостачання та її електроприймачів

Площа 1 поверх – 3800 м

Площа 2 поверх – 2100 м

Площа 3 поверх – 2000 м

Мережа – трьохфазна п'ятипровідна

Живлення об'єкту подається від РП 0,4 кВ трансформаторної підстанції ТП-166 двома паралельними лініями від двох секцій шин.

Категорія електропостачання за ступенем надійності – 2

Напруга мережі живлення ~ 380/220 В

Режим роботи нейтралі трансформатора - глухе заземлення

Технологічне обладнання: вентилятори, засувки, комп'ютери, обладнання їдальні, насоси, електродвигуни

Система заземлення - TN-S

Основні освітлювальні прилади – люмінесцентні світильники 4*18 Вт, 4*36 Вт, 1*18 Вт, 1*36 Вт

Переваги люмінесцентного освітлення:

- 1) велика світлова віддача;
- 2) випромінюване ними освітлення близько до природного;
- 3) не чутливі до різких стрибків току;
- 4) більший експлуатаційний період порівняно з лампою розжарювання;
- 5) низька температура колби.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP.3.8.141.204 ПЗ			
Розроб.		Маренок В.М.			Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Василега П.О.					11	68
Реценз.						СумДУ кафедра Електроенергетики		
Н. Контр.		Никифоров М.А.						
Затверд.		Лебединський І. Л.						

Технічні характеристики світильників 4x18

Ширина – 62 см, довжина – 62 см

світлове джерело: лампа люмінесцентна - діаметр 2,6 см;

потужність - 18 Вт;

номінальна напруга – 230 Вт;

захист: IP20;

захист від електроструму : клас 1;

Зовнішній вигляд світильника 4x18 зображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Люмінесцентні світильники 4*18 Вт.

Насоси – це гідравлічні машини, що переміщують за допомогою тиску рідини. Перетворюючи механічну енергію привідного двигуна на механічну енергію рідини, що рухаються насоси підіймають рідину на певну висоту.

Основні параметри:

- 1) напір;
- 2) подача;
- 3) потужність;
- 4) коефіцієнт корисної дії.

Найбільш відповідний електропривод для насосів є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Такі електродвигуни набагато дешевше інших двигунів всіх типів . Також обслуговування двигунів з короткозамкненим ротором не вимагає багато зусиль і є значно простішим порівняно з іншими двигунами . Пуск асинхронних двигунів прямий , що значно спрощує схему. Зовнішній вигляд насосу зображено на рисунку 1.2.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рисунок 1.2 – Гідравлічний насос.

Засувки – запірний елемент, в основі роботи якого використовується переміщення робочого елемента - затвора - перпендикулярно напрямку руху потоку речовини, що транспортується.

В навчальному корпусі використана система TN-S [2]. Вона сучасніша й здебільшого електробезпечна ніж системи TN-C та TN-C-S. У цій системі мереж використовують самостійний захисний PE-провідник і нейтральний N-провідник, що прокладають роздільно, починаючи від джерела живлення. На рисунку 1.4 наведена схема застосування ПЗВ в електроустановці системи TN-S.

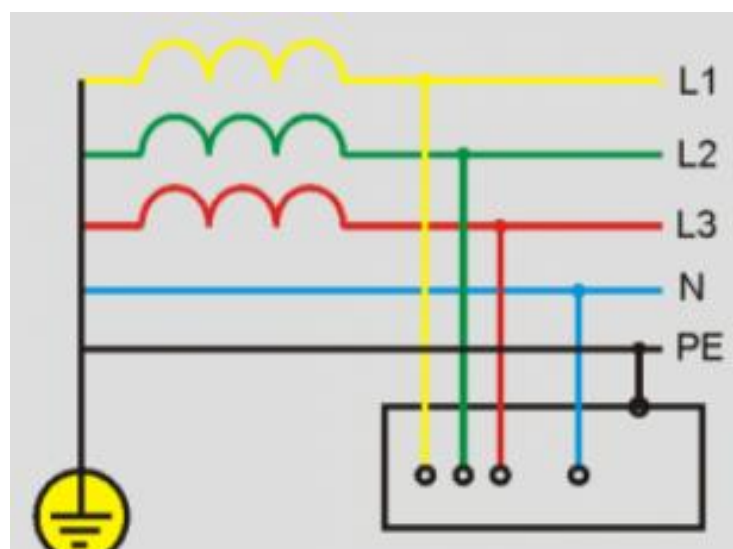


Рисунок 1.3 - Електрична схема підключення ПЗВ у системі TN-S

Переваги системи TN-S:

Система TN-S - найнадійніша і безпечна система заземлення, яка максимально здійснює захист електрообладнання, і найголовніше, людини від ураження електричним струмом за допомогою застосування в схемах ПЗВ, а також системи зрівнювання потенціалів (СЗП).

Ще один плюс цієї системи - це відсутність високочастотних наведень (від електроприладів таких як, електрична бритва, пілосос, перфоратор) і інших перешкод на силові лінії споживачів

Система TN-S не вимагає контролю за станом контуру заземлення, тому як немає в цьому необхідності.

1.2 Метод установленної потужності й коефіцієнта попиту

Для визначення розрахункових навантажень будемо використовувати метод установленної потужності й коефіцієнта попиту. [2]

1. Метод установленної потужності й коефіцієнта попиту. Цей метод визначення розрахункового навантаження можна застосовувати для електричних мереж всієї будівлі або її окремих підрозділів з однорідними категоріями електроприймачів або для попередніх наближених розрахунків вузлів системи окремих виробничих ділянок із різними категоріями електроприймачів.

Розрахункова активна потужність P_p однорідних по режиму роботи приймачів визначається при цьому за формулою:

$$P_p = K_p \cdot P_H \quad (1.1)$$

де K_p – коефіцієнт попиту для цієї групи однорідних електроприймачів, що вибирають із довідників.

Розрахункова реактивна потужність, кВАр:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.2)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності для цієї групи однорідних електроприймачів, що вибирають із довідників

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Розрахункова повна потужність, кВА:

$$S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} \quad (1.3)$$

Визначення розрахункової силового навантаження по встановленій потужності і коефіцієнту попиту є наближеним методом розрахунку, тому його застосування рекомендують для попередніх розрахунків і визначення загальногосподарських навантажень. Установлена потужність електроприймачів знайдена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Установлена потужність електроприймачів

Електроприймачі	Установлена потужність
Приймачі освітлення	162366 Вт
Розеткова мережа	36000 Вт
Кондиціонери	14400 Вт
Приймачі для навчального процесу	171150 Вт
Приймачі столової	31100 Вт
Побутові приймачі	22600 Вт
Інші приймачі	39300 Вт

1.3 Розрахунок навантажень методом установленної потужності та коефіцієнта попиту

Для розрахунку навантаження використовуємо метод установленної потужності й коефіцієнта попиту .

1) Розрахунок активної потужності, кВт:

$$P_p = K_p \cdot P_H \quad (1.4)$$

Розрахункова реактивна потужність, кВАр:

$$Q_s = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.5)$$

2) Розрахункова повна потужність, кВА:

$$S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} = P_p / \cos \varphi \quad (1.6)$$

3) Розрахункове електричне навантаження ліній, що живлять розетки $P_{роз}$, слід визначати за формулою:

$$P_{роз} = P_{роз,ус} \cdot N_{роз} \cdot K_p \quad (1.7)$$

4) Розрахунковий струм знаходиться за формулою:

$$\text{при } U = 380\text{В: } I_p = \frac{P_p}{U_n \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}, \quad \text{при } U = 220\text{В: } I_p = \frac{P_p}{U_n \cdot \cos \varphi} \quad (1.8)$$

Параметри K_p , tg , \cos , були взяті з [1, 2, 3].

Сумарна потужність всього освітлення становить 174366 Вт. Коефіцієнт попиту освітлення навчальних закладів складає $K_{п}=0,8$. Коефіцієнт реактивного навантаження $\text{tg}\varphi = 0,48$, для ламп люмінесцентних[2]. Коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 0,9$ [1].

Розрахунок:

$$1) P_p = 0,8 \cdot 162366 = 139492,8 \text{ Вт} = 139,492 \text{ кВт}$$

$$2) Q_p = 139,492 \cdot 0,48 = 66956 \text{ ВАр} = 66,956 \text{ кВАр}$$

$$3) S_p = \sqrt{(139,5^2 + 66,96^2)} = 154,74 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{P_p}{U_n \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} = \frac{139,5}{380 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,9} = 235,5 \text{ А}$$

Сумарна потужність розеткової мережі становить 24000 Вт. Коефіцієнт попиту для розеткової мережі навчального корпусу становить $K_{п}=1$ [1], для навчальних корпусів мережі живлення, $N_{роз} = 450$. $\cos \varphi = 0,9$ [1]. Коефіцієнт реактивного навантаження $\text{tg}\varphi = 0,48$ [5]

$$\text{Розрахунок: } P_p = 1 \cdot 300 \cdot 80 = 24000 \text{ Вт} = 24 \text{ кВт}$$

$$1) Q_p = 24000 \cdot 0,48 = 11520 \text{ ВАр} = 11,52 \text{ кВАр}$$

$$2) S_p = \sqrt{(24^2 + 11,52^2)} = 26,6 \text{ кВА}$$

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$3) I_p = \frac{P_p}{U_n * \sqrt{3} * \cos\varphi} = \frac{24}{220 * 0,9} = 121,2 \text{ A}$$

Розрахунок навантаження вентиляторів та приточної системи

Потужність вентиляторів та приточної системи навчального складає 5,7 кВт. Коефіцієнт попиту $K_n = 0,7[1]$. Коефіцієнт реактивного навантаження $\text{tg}\varphi = 0,48 [1]$. Коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,9[4]$

Розрахунок:

$$1) P_p = 5700 * 0,7 = 3990 \text{ Вт} = 3,99 \text{ кВт}$$

$$2) Q_p = 3990 * 0,48 = 1915 \text{ Вт} = 1,92 \text{ кВАр}$$

$$3) S_p = \sqrt{(3,7^2 * 2,78^2)} = 4,43 \text{ кВА}$$

$$4) I_p = \frac{P_p}{U_n * \sqrt{3} * \cos\varphi} = \frac{3,99}{220 * 0,9} = 20,1 \text{ A}$$

Розрахунок навантаження засувки

Потужність засувки 1 та 2 становить 0,18 кВт. Спільна потужність складає 0,36 кВт. Коефіцієнт попиту $K_n = 0,1[3]$ або його не враховувати . коефіцієнт реактивного навантаження $\text{tg}\varphi = 0,65$, коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,85$

Розрахунок:

$$1) P_p = 360 * 0,1 = 36 \text{ Вт} = 0,036 \text{ кВт}$$

$$2) Q_p = 36 * 0,65 = 23,4 \text{ ВАр} = 0,0234 \text{ кВАр}$$

$$3) S_p = \sqrt{(0,036^2 + 0,0234^2)} = 0,043 \text{ кВА}$$

$$4) I_p = \frac{P_p}{U_n * \sqrt{3} * \cos\varphi} = \frac{0,036}{380 * \sqrt{3} * 0,85} = 0,064 \text{ A}$$

Розрахунок навантаження насосів протипожежних.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Потужність насосів протипожежних (Н1/2) 2,2 кВт. В навчальному корпусі встановлено 2 протипожежних насоса сумарної потужності 4,4 кВт. Коефіцієнт попиту складає $K_{п} = 0,9$ [3]. Коефіцієнт реактивного навантаження $\text{tg } \varphi = 0,75$ [1]. Коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 0,85$ [2] в звичайному режимі можна не враховувати

Розрахунок:

- 1) $P_p = 2200 * 0,9 = 1980 \text{ Вт} = 1,98 \text{ кВт}$
- 2) $Q_p = 1980 * 0,75 = 1485 \text{ ВАр} = 1,485 \text{ кВАр}$
- 3) $S_p = \sqrt{(1,98^2 + 1,49^2)} = 2,49 \text{ кВА}$
- 4) $I_p = \frac{P_p}{U_n * \sqrt{3} * \cos \varphi} = \frac{1,98}{380 * \sqrt{3} * 0,85} = 3,5 \text{ А}$

Сумарна установа потужність приймачів навчального закладу складає 478,8 кВт. Сумарна розрахункова потужність приймачів навчального корпусу складає 361,6 кВт. Результати розрахунку електричних навантажень зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 - Результати розрахунку електричних навантажень

Електроприймач	Встановлена потужність	K_c	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$	P_p кВт	Q_p кВАр	S_p кВА	I_p А
ШК1	15	0,8	0,9	0,48	12	5,76	13,31	20,2
ШК2	17,5	0,8	0,9	0,48	14	6,72	15,52	24
ШК3	36,5	0,8	0,9	0,48	29,2	14	32,38	49,3
ШК4	26	0,8	0,9	0,48	20,8	9,98	23,07	35,1
ШК5	40	0,8	0,85	0,65	32	20,8	38,16	57,2
ШК6	37,5	0,8	0,85	0,65	30	19,5	35,78	53,6
ШРО1	108	0,8	0,9	0,48	88,8	42,6	98,5	149,9
ШРО2	105	0,8	0,9	0,48	86,4	41,48	95,8	145,8
ШРС столова	31,1	0,65	0,9	0,7	20,2	14,15	24,67	34,1
ЗО	8	1	0,92	0,43	8	3,44	8,7	13,2
Побутові приймачі	22,6	0,7	0,9	0,48	15,8	7,59	17,54	79,9

Продовження таблиці 1.2 - Результати розрахунку електричних навантажень

Електроприймач	Встановлена потужність	K_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_p кВт	Q_p кВАр	S_p кВА	I_p А
ШРВ 1	6,3	0,7	0,9	0,48	4,4	2,1	4,9	22,8
ШРВ 2	5,7	0,7	0,9	0,48	4	1,92	4,43	20,1
Засувки 31/2	0,36	0,1	0,85	0,65	0,036	0,023	0,043	0,064
Н2	0,2	0,7	0,85	0,65	0,14	0,09	0,166	0,25
Аварійне освітлення	6,5	1	0,92	0,43	6,5	2,8	7,52	10,7
Н1/2	2,2	0,9	0,85	0,75	1,98	1,49	2,49	3,5
ВД	7,5	0,9	0,85	0,75	6,75	5,06	8,44	12,1

1.4 Вибір кабелів і проводів та розрахунок втрат напруги

1.4.1 Загальна характеристика кабелів, проводів

Основні характеристики будь якого електричного дроту:

- 1) матеріал жили
- 2) перетин жили
- 3) кількість дротів
- 4) матеріал ізоляції

Зовнішній вигляд однодротяного та багатодротяного проводів зображено на рисунках 1.4 та 1.5.



Рисунок 1.4 – Однодротяний провід



Рисунок 1.5 – Багатодротяний провід

Переваги алюмінієвих жил:

- 1) дешевизна матеріалу;
- 2) електропровідність , тепловіддача;
- 3) хімічна стійкість.

Недоліки алюмінієвих жил:

- 1) при згинанні має властивість ламатися;
- 2) окислення на повітрі;
- 3) має меншу провідність , ніж мідь.

Переваги мідних жил:

- 1) має велику провідність;
- 2) дуже гнучка , та не утворює оксидну плівку;
- 3) є можливість виготовлення жил $0,3 \text{ мм}^2$

Недоліки мідних жил:

- 1) мідь є дорогим матеріалом;
- 2) висока щільність, вага.

Основні ізоляційні матеріали :

- 1) Полівінілхлорид (ПВХ) – невисока вартість, гнучкість.
- 2) Гума - відмінний ізолятор, що виготовляється з штучних або природних каучуків.
- 3) Поліетилен – ізолятор , що має хороші показники морозостійкості, стійкий до агресивних речовин.
- 4) Захисний покрив. Застосовується в силових кабелях високої напруги.
- 5) Екранування. Робиться з фольги або додаткового облєтєння.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

б) Карболіт – ізолятор термостійкий , пластичний.

Типи силових кабелів:

[3] Типи силових кабелів:

Основне призначення – прокладення внутрішнього або зовнішнього освітлення для живлення приладів освітлення або розеток. Практично всі типи проводів і кабелів випускаються в двох видах: мідні та алюмінієві.

ВВГ – силовий кабель для електропроводки, що володіє мідної серцевиною, захищеної оболонкою з полівінілхлориду. Загальна ізоляція жив також зроблена з ПВХ.

ВВГнг – ізоляція не підтримує горіння.

ВВГп – струмопровідні жили розташовані в одній площині.

АВВГ – теж саме, що ВВГ, але з алюмінієвими жилами/

ВББШв. - Мідний кабель з одно або багатодротовими жилами перерізом 1,52-240 мм², у кількості 1-5 штук.

НУМ - За будовою це аналог кабелю ВВГ, але зроблений за європейськими стандартами.

Зовнішній вигляд кабелю ВВГ та ВВГнг зображено на рисунку 1.6 та 1.7.

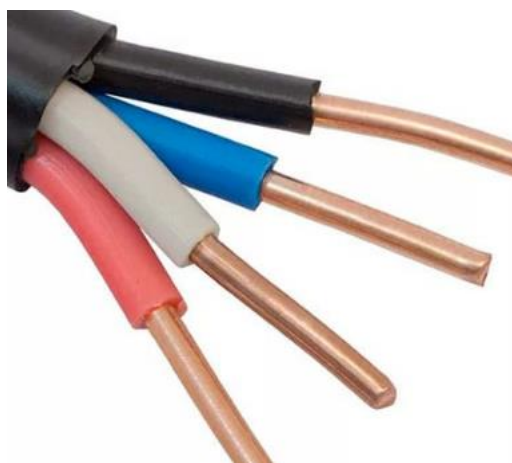


Рисунок 1.6 – Кабель ВВГ

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

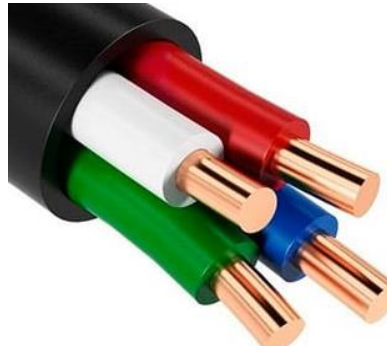


Рисунок 1.7 – Кабель ВВГнг

Колір оболонки жили - дуже важливий параметр. Існують загальноприйняті стандарти, які вказують на те, серцевини яких кольорів для чого використовувати. Слід дотримуватися нормативів - це допоможе тим, хто буде ремонтувати встановлену проводку. Зовнішній вигляд кабелю ВВГ та ВВГнг зображено на рисунку 1.8 та 1.9.

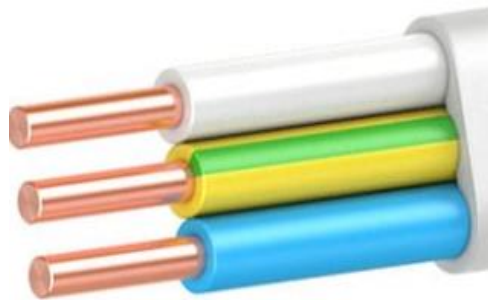


Рисунок 1.8 – Кабель ВВГп



Рисунок 1.9 – Кабель АВВГ

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приклад розшифровки кабелю ВВГ.

Дуже популярні кабелі ВВГ. Розшифровка маркування:

- 1) жили мідні – (тому що нема «А», на першій позиції);
- 2) перша «В» – ізоляція жил полівінілхлоридна (ПВХ);
- 3) друга «В» – захисна оболонка той же ПВХ;
- 4) Р – відсутній зовнішній покрив;

1.4.2 Вибір кабелів

Обираємо кабель, по якому здійснюється живлення ВРУ 1

Розрахункове значення струму $I_p = 309,9 \text{ A}$

Обираємо силовий кабель типу АВВГ 5х185 , для якого:

$$I_{\text{доп}} = 350 \text{ A} > 309,9 \text{ A}$$

Кабелі від ТП-166 до Я1 ввід 1, Я1 ввід 2 вибираємо аналогічно ВРУ1

Обираємо кабель, по якому здійснюється живлення ВРУ 2

Розрахункове значення струму $I_p = 300,5 \text{ A}$

Обираємо силовий кабель типу АВВГ 5х185 , для якого:

$$I_{\text{доп}} = 350 \text{ A} > 300,5 \text{ A}$$

Кабелі від ТП-166 до Я2 ввід 1, Я2 ввід 2 вибираємо аналогічно ВРУ2

Обираємо кабель, по якому здійснюється живлення ШРК

Розрахункове значення струму $I_p = 188,7 \text{ A}$

Обираємо силовий кабель типу АВВГ 5х120 , для якого:

$$I_{\text{доп}} = 260 \text{ A} > 188,7 \text{ A}$$

Вибір кабелю до ШРВ 1

Розрахункове значення струму $I_p = 22,8 \text{ A}$

Обираємо силовий кабель типу ВВГ 3х2,5 , для якого:

$$I_{\text{доп}} = 25 \text{ A} > 22,8 \text{ A}$$

Вибір кабелю до ШРВ 2

Розрахункове значення струму $I_p = 20,1 \text{ A}$

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Обираємо силовий кабель типу ВВГ 3х2,5, для якого:

$$I_{\text{доп}} = 25 \text{ А} > 20,1 \text{ А}$$

Обираємо кабель, по якому здійснюється живлення ЩРО 1

Розрахункове значення струму $I_p = 149,9 \text{ А}$.

Обираємо силовий кабель типу АВВГ 5х95 , для якого:

$$I_{\text{доп}} = 170 \text{ А} > 149,9 \text{ А}$$

Обираємо кабель, по якому здійснюється живлення ЩРО 2.

Розрахункове значення струму $I_p = 145,8 \text{ А}$.

Обираємо силовий кабель типу АВВГ 5х95 , для якого:

$$I_{\text{доп}} = 170 > 145,8 \text{ А}$$

1.4.3 Розрахунок втрат напруги

Втрати напруги визначаються за формулою:

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} \quad (1.9)$$

де M – момент навантаження, кВт * м, де

$$M = P_p * L \quad (1.10)$$

де P_p – розрахункова потужність навантаження, S – площа перерізу, L – довжина лінії, k – коефіцієнт залежний від кількості фаз лінії. Для мідних жил трифазна лінія – $k=72$, однофазна лінія – $k = 12$. Для алюмінієвих трифазна лінія – $k=44$, однофазна лінія – $k = 7,5$.

Розрахунок втрат напруги на ВРУ 1 ($L = 4\text{м}$)

$$M = P_p * L = 183,6 * 4 = 734,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{734,4}{185 * 72} = 0,055\%$$

Розрахунок втрат напруги на ВРУ 1 ($L = 4\text{м}$)

$$M = P_p * L = 178 * 4 = 712 \text{ кВт}$$

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{712}{185 * 72} = 0,053\%$$

Розрахунок втрат напруги ШРК (L = 10м)

$$M = P_p * L = 138 * 10 = 1380 \text{ кВт*м}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{1380}{120 * 44} = 0,26\%$$

Розрахунок втрат напруги ШРО 1 (L = 8) :

$$M = P_p * L = 88,8 * 8 = 710,4 \text{ кВт*м}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{710,4}{95 * 44} = 0,17\%$$

Розрахунок втрат напруги ШРО 2 (L = 8):

$$M = P_p * L = 86,4 * 8 = 691,2 \text{ кВт*м}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{2862,4}{95 * 44} = 0,165 \%$$

Розрахунок втрат напруги ШРВ ½ (L = 18):

$$M = P_p * L = 4,4 * 18 = 79,2 \text{ кВт*м}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{79,2}{2,5 * 12} = 2,64 \%$$

$$M = P_p * L = 4 * 18 = 72 \text{ кВт*м}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{72}{2,5 * 12} = 2,4 \%$$

Розрахунок втрат напруги насоса протипожежного (L = 75) :

$$M = P_p * L = 1,98 * 75 = 148,5 \text{ кВт*м}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{148,5}{1,5 * 72} = 1,38 \%$$

Розрахунок втрат напруги ШРС, ШРС1 столова (L = 90) :

$$M = P_p * L = 36 * 90 = 3600 \text{ кВт}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{3600}{16 * 72} = 3,1\%$$

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Розрахунок втрат напруги засувки :

$$M = P_p * L = 0,036 * 80 = 2,88 \text{ кВт}$$

$$\Delta U = \frac{M}{S * k} = \frac{2,88}{1,5 * 72} = 0,026\%$$

Втрати напруг інших приймачів розраховуються аналогічно. Параметри зведено в таблицю 1.4

Таблиця 1.4 – Вибір кабелів та втрат напруги

РП	Позначення	Марка	Кі-ть жил	Довжина,м	Перетин дроту, мм ²	I _p А	ΔU%
ТП-166	W1-1	АВВГ	5	60	185	-	-
ТП-166	W1-2	АВВГ	5	60	185	-	-
ТП-166	W2-1	АВВГ	5	60	185	-	-
ТП-166	W2-2	АВВГ	5	60	185	-	-
ВРУ 1	W1-3	АВВГ	5	4	185	309,9	0,055
ВРУ 2	W2-3	АВВГ	5	4	185	300,5	0,053
ШРВ 1	W3-1	ВВГ	3	18	2,5	22,8	2,64
ШРВ 2	W4-2	ВВГ	3	75	2,5	20,1	2,4
ШРК	W4-1	АВВГ	5	8	120	232,9	0,26
ШК 1	W6-6	ВВГ	5	10	2,5	20,2	0,67
ШК 2	W6-5	ВВГ	5	70	4	24	3,4
ШК 3	W6-3	ВВГ	5	15	16	49,3	0,38
ШК 4	W6-4	ВВГ	5	75	6	35,1	3,6
ШК 5	W6-1	ВВГ	5	20	16	57,2	0,55
ШК 6	W6-2	ВВГ	5	80	16	53,6	2,1
31/1 31/2	W4-1	ВВГ	5	80	1,5	0,064	0,026

Продовження таблиці 1.4 – Вибір кабелів та втрат напруги

РП	Позна-чення	Марка	Кі-ть жил	Довжина, м	Перетин дроту, мм ²	I _p А	ΔU%
Н1/1 Н2/1	W4-5	ВВГ	5	75	1,5	3,5	1,38
ВД1	W9-1	ВВГ	5	40	1,5	12,1	2,5
Н2	W9-2	ВВГ	5	50	1,5	0,25	0,06
ЩОА	W4-7	ВВГ	5	25	6	10,7	1,38
ШРО 1	W3-5	АВВГ	5	8	95	149,9	0,17
ШРО 2	W3-6	АВВГ	5	8	95	145,8	0,165
ШРС1	W4-2	ВВГ	5	90	16	53,7	3,1

1.5 Розрахунок струмів короткого замикання

Нормальним режимом роботи електроустановки вважається такий режим, параметри якого знаходяться в межах норми [8]. Струм короткого замикання (струм КЗ) виникає при аварії в роботі електроустановки. Він найчастіше з'являється через пошкодження ізоляції струмоведучих частин. В результаті короткого замикання порушується безперебійне живлення споживачів, і тягне за собою несправності і вихід з ладу обладнання.

Причини пошкодження ізоляції:

- 1) вплив на ізоляцію механічним шляхом;
- 2) електричний пробій струмоведучих частин;
- 3) попадання металевих предметів на лінію;
- 4) помилки в роботі обслуговуючого персоналу в електроустановках;
- 5) збій у функціонуванні захистів і автоматики;
- 6) технічне старіння обладнання.

Для 3 – фазної мережі змінного струму існують такі різновиди короткого замикання:

- 1) трифазне замикання (рисунки 1.10);

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- 2) двофазне замикання (рисунок 1.11);
- 3) однофазне замикання на землю (рисунок 1.12);
- 4) однофазне замикання на землю – ізольована нейтраль (рисунок 1.13)
- 5) двофазне замикання на землю (рисунок 1.14);
- 6) трифазне замикання на землю (рисунок 1.15).

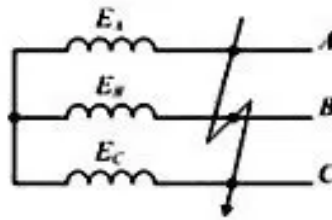


Рисунок 1.10 – Трифазне замикання

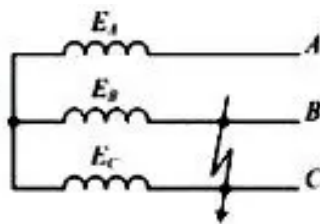


Рисунок 1.11 - Двофазне замикання

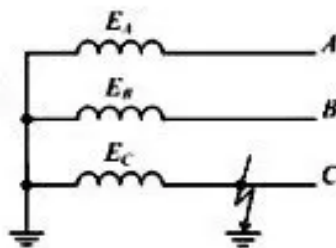


Рисунок 1.12 - Однофазне замикання на землю

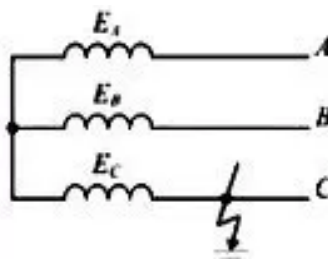


Рисунок 1.13 - однофазне замикання на землю – ізольована нейтраль

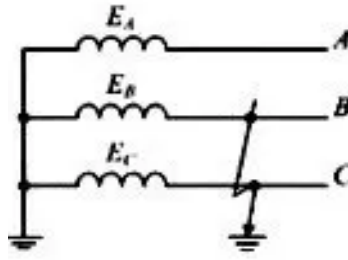


Рисунок 1.14 - Двофазне замикання на землю

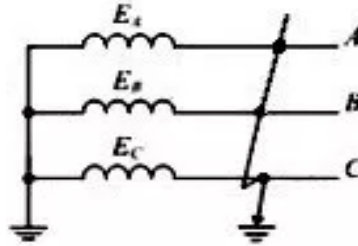


Рисунок 1.15 – Трифазне замикання на землю

Розрахунок струму трифазного КЗ:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}} \text{ кА} \quad (1.11)$$

Розрахунок струму однофазного КЗ:

$$I_{\text{кз}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}} \text{ кА} \quad (1.12)$$

$$r_{1\Sigma} = r_{\text{т}} + r_{\text{ТА}} + r_{\text{кв}} + r_{\text{к}} + r_{\text{Ікб}} + r_{\text{д}} \quad (1.13)$$

$$X_{1\Sigma} = X_{\text{т}} + X_{\text{ТА}} + X_{\text{кв}} + X_{\text{Ікб}} \quad (1.14)$$

$$r_{0\Sigma} = r_{\text{от}} + r_{\text{ТА}} + r_{\text{кв}} + r_{\text{к}} + r_{\text{0кб}} + r_{\text{д}} \quad (1.15)$$

$$X_{0\Sigma} = X_{\text{от}} + X_{\text{ТА}} + X_{\text{кв}} + X_{\text{0кб}} \quad (1.16)$$

$r_{\text{т}}$, $X_{\text{т}}$, $r_{0\text{т}}$, $X_{0\text{т}}$ – активні та індуктивні опори прямої і зворотної послідовностей понижувального трансформатора;

$r_{\text{т}}$, $X_{\text{та}}$ – активний та індуктивний опори первинних обмоток трансформаторів струму;

X_c – еквівалентний індуктивний опір системи до понижувального трансформатору;

$r_{кв}$, $X_{кв}$ – активний та індуктивний опори струмових котушок автоматичних вимикачів;

r_k – сумарний опір різник контактів;

$r_{1кб}$, $X_{1кб}$, $r_{10б}$, $X_{0кб}$ – активні та індуктивні опори прямої та зворотної послідовності кабельних ліній

Для розрахунку КЗ навчального корпусу візьмемо формулу (4.8)

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\left(Z_c + \frac{r_0 * l}{S_\phi}\right)} \quad (1.17)$$

де $Z_c = 0,3$

$Z_c = 0,3$ Ом [7] . Питомий опір системи навчального корпусу. Беремо значення розрахунку системи до ВРУ (1-2)

r_0 – питомий опір кабелю . Для алюмінієвої жили $r_0 = 0,028$ Ом*мм² . Для мідної жили $0,0172$ Ом · мм² / м

l – довжина кабелю , м;

S_ϕ – перетин кабелю, мм²

Для розрахунку береться $U_H = 400$ В

Розрахунок струмів короткого замикання для ШРО 1, ШРО2. $U_H = 400$, $Z_c = 0,3$ Ом, $r_0 = 0,028$, $S_\phi = 95$, $l = 8$

Розрахунок КЗ ШРО 1:

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\left(Z_c + \frac{r_0 * l}{S_\phi}\right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 * 8}{95}\right)} = 1,32 \text{ кА}$$

Розрахунок КЗ ШРО 2:

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\left(Z_c + \frac{r_0 * l}{S_\phi}\right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 * 8}{95}\right)} = 1,32 \text{ кА}$$

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Розрахунок струмів короткого замикання для ШРК. $U_H = 400$, $Z_c = 0,3$ Ом,
 $r_0 = 0,028$, $S_\Phi = 120$, $l = 8$

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\left(Z_c + \frac{r_0 * l}{S_\Phi}\right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 * 8}{120}\right)} = 1,33 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів короткого замикання для ШРС. $U_H = 400$, $Z_c = 0,3$ Ом,
 $r_0 = 0,0172$, $S_\Phi = 16$, $l = 90$

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\left(Z_c + \frac{r_0 * l}{S_\Phi}\right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,0172 * 90}{16}\right)} = 1,008 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів короткого замикання для зовнішнього освітлення. $U_H = 400$, $Z_c = 0,3$ Ом, $r_0 = 0,0172$, $S_\Phi = 6$, $l = 45$

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\left(Z_c + \frac{r_0 * l}{S_\Phi}\right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,0172 * 45}{6}\right)} = 932,4 \text{ А}$$

Всі параметри зведено в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Струми КЗ навчального корпусу

Приймачі	U_H , В	Z_c , Ом	r_0 , Ом	S_Φ	L, м	$I_{кз}$, кА
ШРО 1	400	0,3	0,028	95	8	1,32
ШРО 2	400	0,3	0,028	95	8	1,32
ШРК	400	0,3	0,028	120	8	1,33
ШРС	400	0,3	0,0172	16	90	1,008
Н1/1	400	0,3	0,0172	1,5	75	0,34
ННО	400	0,3	0,0172	6	45	0,93
31/1	400	0,3	0,0172	1,5	80	0,39
ВД 1	400	0,3	0,0172	1,5	40	0,53

1.6 Вибір електрообладнання та електричних апаратів

1.6.1 Загальна характеристика електричних апаратів

Рубильник – простий неавтоматичний комутаційний апарат, який має ручний привід. Ручний привід має металічні ножові контакти. Застосовується в електричних ланцюгах для вмикання та вимикання навантаження с великою силою струму.

Рубильник має такі складові:

- 1) ножі контактного типу;
- 2) вставки плавленого типу;
- 3) стійки суміщеного і контактного типу;
- 4) виводи, через які здійснюється підключення рубильника.

Основною частиною рубильника є панель, що складається з діелектричних матеріалів. Виділяють два типи рубильників. Рубильники важільного приводу, в яких за допомогою повороту важеля ножі починають рух. Другий тип – пристрої з центральною рукояткою. Другий тип рубильників підходе тільки для вимкнення електричного кола під напругой.

«Запобіжники – електричні апарати , що захищають електричні ланцюги від струмових перевантажень, токів КЗ. Основні елементи - плавка вставка та дугогасильний пристрій. Для того, щоб плавка вставка запобіжника добре охолоджувалась і гасилась дуга, в деяких випадках в запобіжники насипають кварцевий пісок. Якщо вставка запобіжника розплавиться , то електричний ланцюг розімкнеться , тому що запобіжник включений до неї послідовно.

Автоматичні вимикачі – комутаційні апарати, що проводять струм в нормальному режимі або вимикають струм в аварійних режимах, наприклад режим короткого замикання, великих зниженнях напруги.

Типи захисних характеристик автоматичних вимикачів показано в таблиці 1.6.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 – Захисна характеристика автоматичних вимикачів

Тип захисної характеристики	Кратність струму спрацювання при температурі +30 °С	Сфера застосування вимикачів
Z	$(2,4 - 3,6)I_H$	Електроустановки з великою довжиною електропроводки.
B	$(3 - 5) I_H$	Електроустановки , які не мають значних пускових струмів
C	$(5 - 10) I_H$	Електроустановки з ударним навантаженням
D	$(10 - 20) I_H$	Електроустановки, які мають великі пускові струми

Автоматичні вимикачі вибирають так, щоб номінальний струм головного кола вимикача був не меншими від тривалого робочого струму ділянки мережі, яку вони захищають:

$$I_{в.ном} \geq I_{тр.роб}$$

Номінальна напруга вимикача повинна бути не меншою напруги мережі в якій він буде працювати:

$$U_{ан} \geq U_{мін}$$

Кратність струму спрацьовування вибираємо за таблицею 1.1

Шафа розподільча – обладнання спеціального призначення для отримання та розподілу електричної енергії. Такі шафи потрібні для забезпечення електроенергією приміщень різного масштабу.

Призначення ШР:

- 1) захист апаратури від КЗ;
- 2) захист мережі від перевантаження;
- 3) захист людей від ураження електричним струмом;
- 4) попереджують пожежі.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

1.6.2 Вибір електрообладнання навчального корпусу

Я1, Я2 – ввідні пристрої . Комутація здійснюється рубильником ВР32-37В71250 – 32УХЛЗ $I_{ном} = 400$ А, та запобіжниками серії ПН-22-4000 УХЛЗ.

ВРУ 1 – шафа силова розподільча – 380 В, $I_{ном} = 400$ А.

400 А > $309,9$ А

ВРУ 2 – шафа силова розподільча – 380 В, $I_{ном} = 400$ А.

400 А > $300,5$ А

ВРУ 1 має такі вимикачі на відходячих лініях:

Для ЩРО 1:

Вихідні дані: $I_p = 149,9$ А, $I_{кз} = 1,32$ кА

Вибираємо автоматичний вимикач ВА5135 160 (рисунок 1.15) [5] з $I_n = 160$ А, $I_{cu} = 18$ кА) [5]

(160 А > $149,9$ А, 18 кА > $1,32$ кА)



Технічні характеристики [5]:

Номинальні струми – 16А - 400А;

Номинальна напруга до 690 АС и 440 DC;

Номинальна гранична вимикаюча здатність, кА, при напрузі 400 В – 18 кА.

Рисунок 1.16 – Автоматичний вимикач серії 51-35

Для ЩРО 2:

Вихідні дані: $I_p = 148,5$ А, $I_{кз} = 1,32$ кА

Вибираємо автоматичний вимикач ВА5135 160 (рисунок 1.15) з $I_n = 160$ А, $I_{cu} = 18$ кА [5]

(160 А > $148,5$ А, 18 кА > $1,32$)

Для ННО :

Вихідні дані: $I_p = 13,2$ А, $I_{кз} = 0,93$ кА

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Вибираємо автоматичний вимикач типу АЕ2046 (рисунок 1.17) з $I_n = 20 \text{ А}$,
 $I_{cu} = 6 \text{ кА}$.

$(20 \text{ А} > 13,2 \text{ А}, 6 \text{ кА} > 0,93 \text{ кА})$



Технічні характеристики[6]:

АЕ –серія вимикача

Номинальна напруга – 400В

Номинальні струми – (0,6 А – 63 А)

Уставка за током спрацьовування $I/I_n - 12$

Рисунок 1.17 – Автоматичний вимикач АЕ2046

Для Н1/1 :

Вихідні дані: $I_p = 13,2 \text{ А}$, $I_{кз} = 0,34 \text{ кА}$

Вибираємо автоматичний вимикач типу АЕ2046 з $I_n = 10 \text{ А}$, $I_{cu} = 6 \text{ кА}$ [6]

$(10 \text{ А} > 3,5 \text{ А}, 6 \text{ кА} > 0,34 \text{ кА})$

Для ШРК :

Вихідні дані: $I_p = 232,9 \text{ А}$, $I_{кз} = 1,33 \text{ кА}$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА5135 з $I_n = 300 \text{ А}$, $I_{cu} = 18 \text{ кА}$

$(300 \text{ А} > 232,9 \text{ А}, 18 \text{ кА} > 1,33 \text{ кА})$

Для ШРС1(столова)

Вихідні дані: $I_p = 49,2 \text{ А}$, $I_{кз} = 1 \text{ кА}$

Вибираємо автоматичний вимикач АЕ2046 з $I_n = 63 \text{ А}$, $I_{cu} = 6 \text{ кА}$ [6]

$(63 \text{ А} > 49,2 \text{ А}, 6 \text{ кА} > 1 \text{ кА})$

Для ЩОА:

Вихідні дані: $I_p = 10,7 \text{ А}$, $I_{кз} = 0,67 \text{ кА}$

Вибираємо автоматичний вимикач АЕ2046 з $I_n = 16 \text{ А}$, $I_{cu} = 6 \text{ кА}$ [6]

$(16 \text{ А} > 10,7 \text{ А}, 6 \text{ кА} > 0,67)$

					<i>МР.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Вибір апаратури для ВРУ 1/2

Розрахунковий струм ВРУ 1 – 309,9 А

Розрахунковий струм ВРУ 2 – 300,5 А, Обираємо рубильник ЯПРП-400 (рисунок 1.18).

Технічні характеристики:

- 1) Номінальний струм – 400 А;
- 2) Рубильник – перекидний;
- 3) Габаритні розміри - 300x740x220 мм
- 4) Товщина металу – 0,8 мм;
- 5) Ступінь захисту – IP – 54.



Рисунок 1.18 – Рубильник ЯПРП-400

Вибираємо запобіжники ППН -37 (рисунок 1.19)

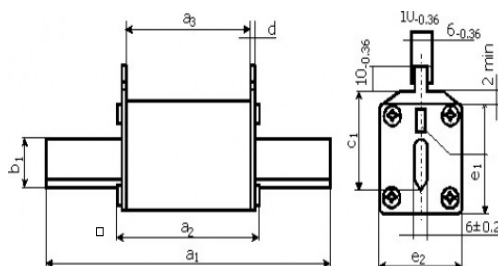


Рисунок 1.19 – Схема запобіжника ППН – 37

Технічні хараткеристики:

- 1) Номінальний струм – 400 А;
- 2) Температура навколишнього середовища – (-60...+45°C);
- 3) Режим роботи – тривалий;
- 4) Робоче положення в просторі – вертикальне/горизонтальне;
- 5) Тип – плавкий запобіжник

Вимикач – роз’єднувач ВР 32-37 400 А

309,9 А < 400А

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 1.19 – Вимикач роз'єднувач ВР32-37

Вибір обладнання ШПК, інші шкафи розраховуються аналогічно (ШРО1,ШРО2). Вибрані вимикачі зазначені в таблицях 1.7, 1.8.

Таблиця 1.7 – Вибір вимикачів

Шафа розподільча	$I_{розр}, A$	$I_{кз}, kA$	Апарат від лінії	Площа перерізу кабеля, мм	$I_{си}, kA$
ШРО 1	149,9	1,32	ВА5135 160 А	95	18
ШРО 2	148,5	1,32	ВА5135 160 А	95	18
ШПК	232,9	1,33	АЕ2046 300 А	120	18
ШРС	53,7	1,008	АЕ2056 63 А	16	6
ЩОА	10,7	0,47	АЕ2046 16 А	6	6
Н1/2	3,5	0,34	АЕ2046 16 А	1,5	6
ВД1	12,1	0,53	АЕ2046 20 А	1,5	6

Таблиця 1.8 – Вибір вимикачів ШК1- 6

ШПК	$I_{розр}, A$	$I_{кз}, A$	Апарат від лінії	Площа перерізу кабеля, мм	$I_{си}, kA$
ШК 1	20,2	1,08	АЕ2046 $I_H = 25 A$	2,5	6
ШК 2	24	0,7	АЕ2046 $I_H = 32 A$	4	6
ШК 3	49,3	0,86	АЕ2046 $I_H = 63 A$	16	6
ШК 4	35,1	0,78	АЕ2046 $I_H = 50 A$	6	6
ШК 5	57,2	1,2	АЕ2046 $I_H = 63 A$	16	6
ШК 6	53.6	1	АЕ2046 $I_H = 63 A$	16	6

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

РОЗДІЛ 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Опис програмного пакету Matlab

SimPowerSystems™ надає інструменти для аналізу та бібліотеку компонентів для моделювання і симуляції електроенергетичних систем. В бібліотеці включені моделі електроенергетичних компонентів, включаючи трифазні машини, електроприводи і компоненти для прикладних задач, такі як гнучкі системи передачі змінного струму (flexible) [13].

AC transmission systems (FACTS)) і системи відновлюваної енергії. SimPowerSystems надає можливості для гармонійного аналізу, обчислення загального нелінійного спотворення (total harmonic distortion (THD)), навантаження (load flow) та інших типів автоматизованого аналізу електроенергетичних систем. пакет інструментів.

SimPowerSystems був розроблений компанією Hydro-Québec з Монреаля.

Моделі SimPowerSystems можна використовувати для розробки систем управління і випробування роботи системних рівнів. Можна використовувати параметризовані моделі, використовуючи змінні і вираження в MATLAB® і проектувати системи управління для електроенергетичної системи в Simulink®. Можна додавати механічні, гідравлічні, пневматичні та інші компоненти до своєї моделі, використовуючи Simscape™ і виконувати перевірку моделі в єдиному середовищі симуляції. Для розгортання моделей в інших середовищах симуляції, включаючи такі типи симуляції як система з апаратним засобом в контурі (HIL - hardware-in-the-loop), SimPowerSystems підтримує генерацію C коду.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Маренок В.М.</i>			Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Василега П.О.</i>					<i>Зв</i>	<i>68</i>
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ кафедра Електроенергетики</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров М.А.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

Компоненти SimPowerSystems:

- 1) Електричні елементи;
- 2) Електричні машини;
- 3) Силова електроніка;
- 4) Елементи управління та вимірів;
- 5) Трьохфазні компоненти.

Бібліотеки SimPowerSystems:

- 1) Flexible AC Transmission Systems (FACTS): фазообертальні моделі гнучких систем передачі змінного струму;
- 2) Distributed Resources (Распространяемые Ресурсы): фазообертальні моделі вітряних турбін;
- 3) Electric Drives (Електричні приводи): моделі електричних приладів з можливістю редагування, з детальним описом мотора, перетворення та контролера кожного приводу.

На рисунку 2.1 зображені Бібліотеки приводів змінного, постійного струмів, вітряних турбинних генераторів, трьохфазних елементів, FACTS моделей.

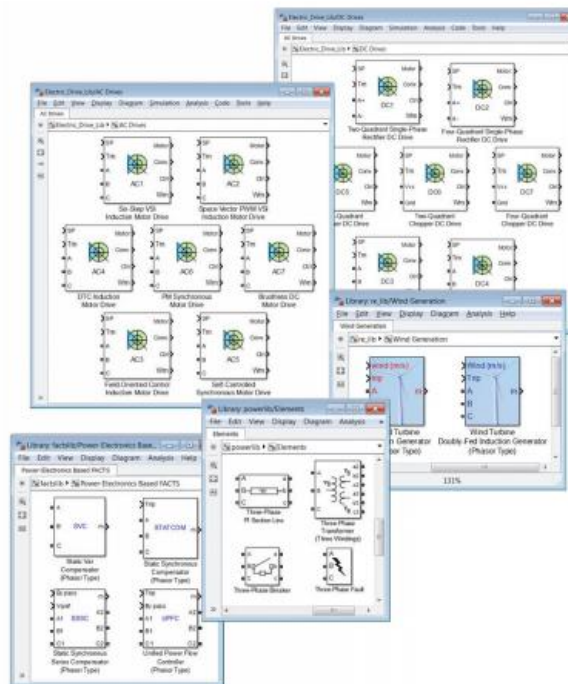


Рисунок 2.1 – Бібліотеки приводів змінного, постійного струмів, вітряних турбинних генераторів, трьохфазних елементів, FACTS моделей

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2 Мета роботи. Вихідні данні та об'єкт дослідження

В даній роботі було створено модель за допомогою Matlab «Трансформатор – кабельна лінія – насос», та дослідження роботи в різних режимах.

Вхідні данні моделювання :

- об'єкт дослідження – силові приймачі навчального корпусу;
- предмет дослідження – насос Н1 с загальною потужністю 2,2 кВт;
- трифазна мережа змінного струму , напругою 10 кВ;
- КТП 166 (10/04);
- Живлячі кабелі ВВГнгд 5х1,5.

2.3 Схема моделі в програмі Matlab

На рисунку 2.2 зображено схему «Трансформатор – кабельна лінія – насос».

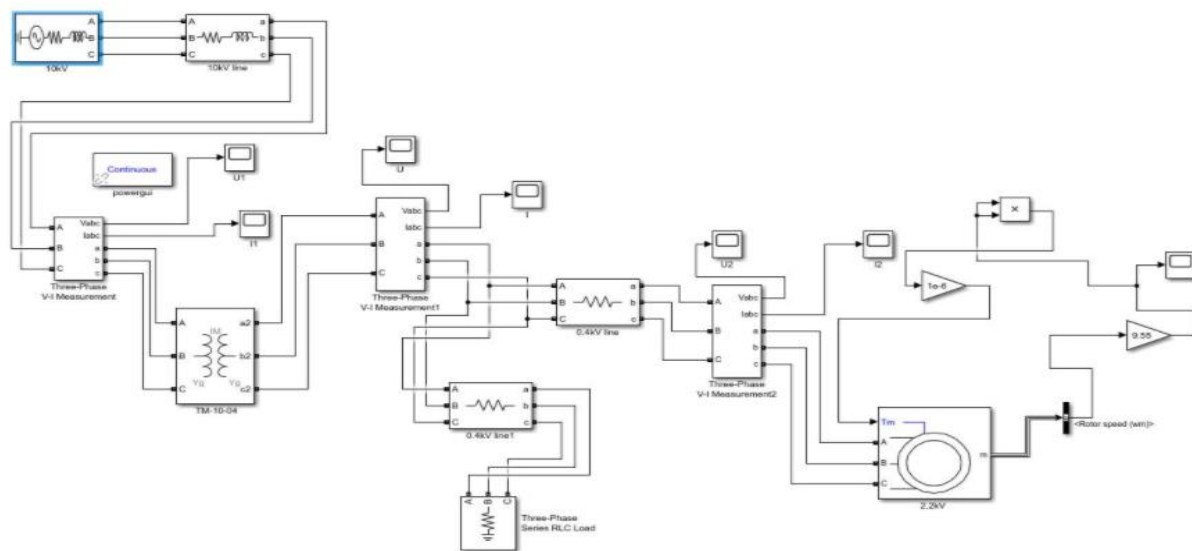


Рисунок 2.2 – Схема моделі Matlab

Складові частини моделі:

- Трифазна мережа змінного струму , напругою 10 кВ;
- Кабельна лінія 10 кВ;

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- Трансформатор ТП 166 (10/0,4);
- Кабельна лінія 0,4 кВ;
- Насос Н1/1;
- Амперметри, вольтметри, осцилографи.

2.4 Опис моделювання блоків моделі

Вихідна напруга 10 кВ, яка відповідає напрузі силового трансформатора, частота мережі 50 Гц. Вікно блоку зображено на рисунку 2.3

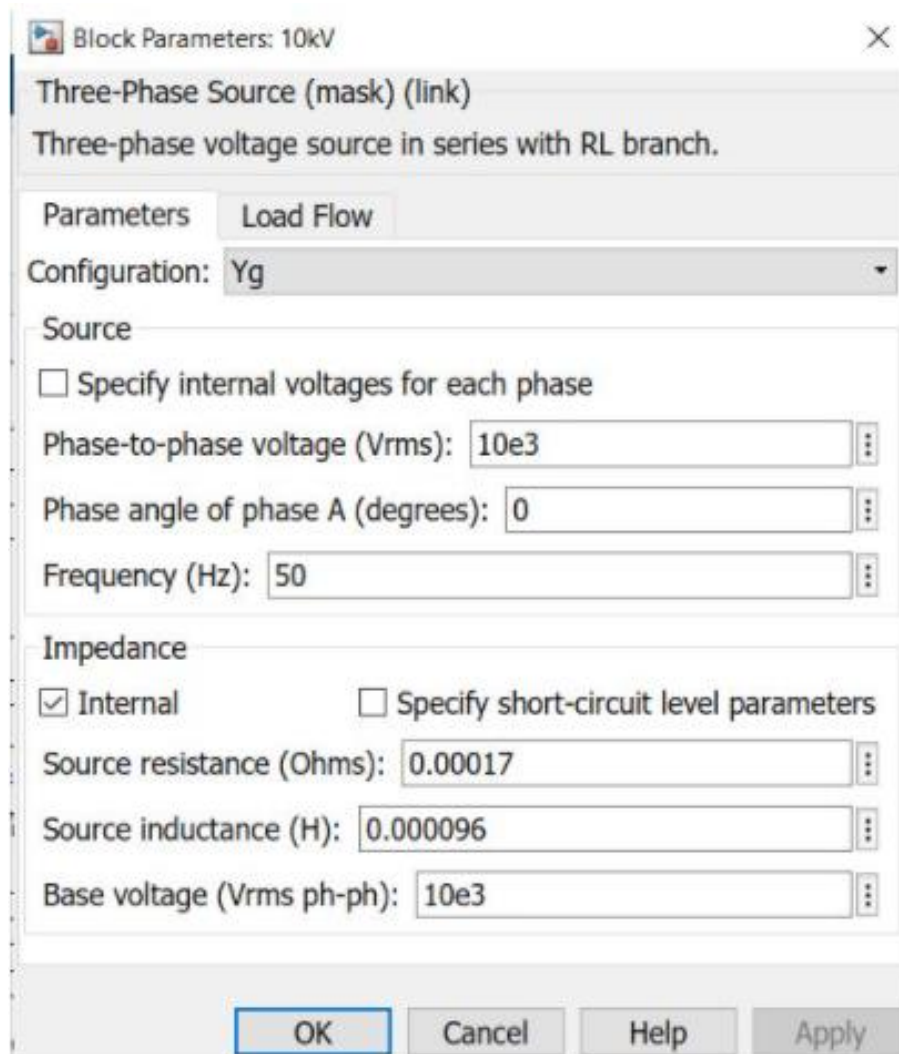


Рисунок 2.3 – Блок Three-Phase-Source

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Блок Three-Phase V-I Measurement дозволяє виміряти миттєві трифазні напруги та струми на схемі. Блок дозволяє виміряти напругу та струм в вольтах та амперах. Вікно блоку Three-Phase V-I Measurement зображено на рисунку 2.4.

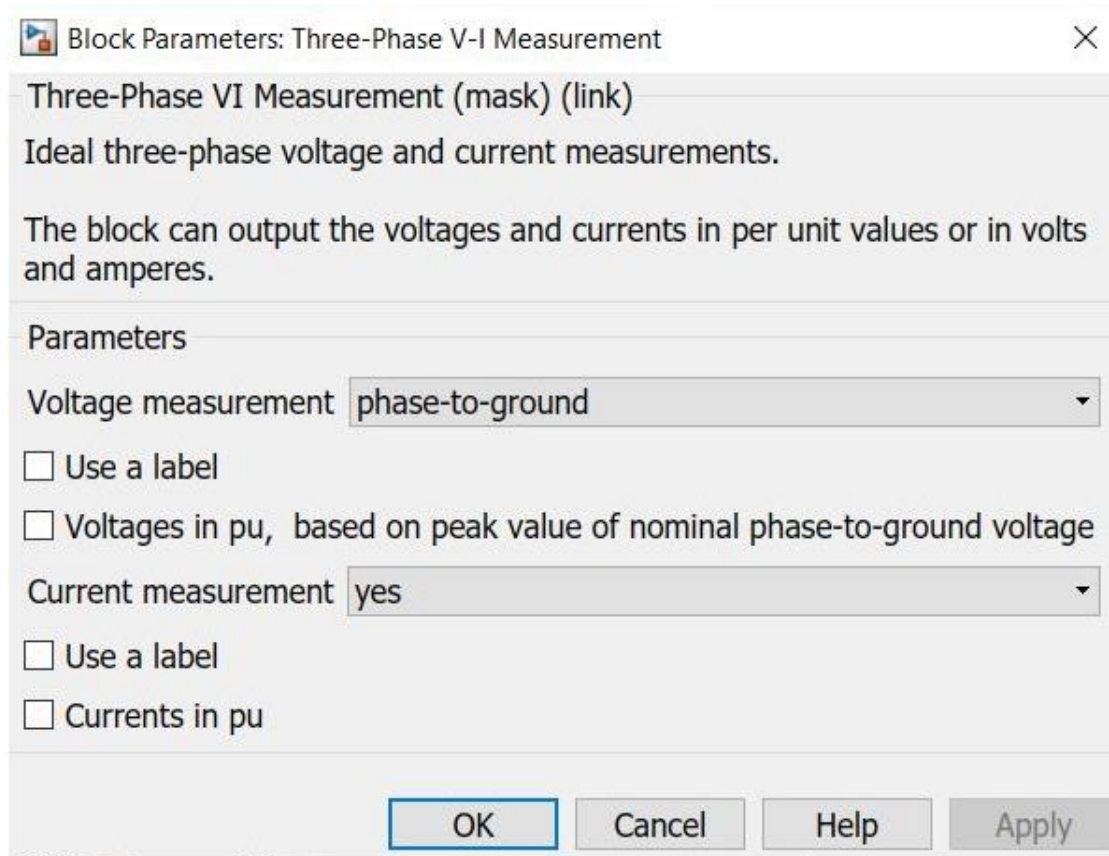


Рисунок 2.4 – Блок Three-Phase V1 Measurement

Блок Three-Phase Transformer – трансформатор, використовується для перетворення напруги одного рівня в інший. У схемі установлений трансформатор ТП 10/0,4 кВ. Напруга високої сторони трансформатора 10 кВ, напруга низької сторони трансформатора 0,4 кВ. Вікно блоку Three-Phase Transformer зображено на рисунку 2.5

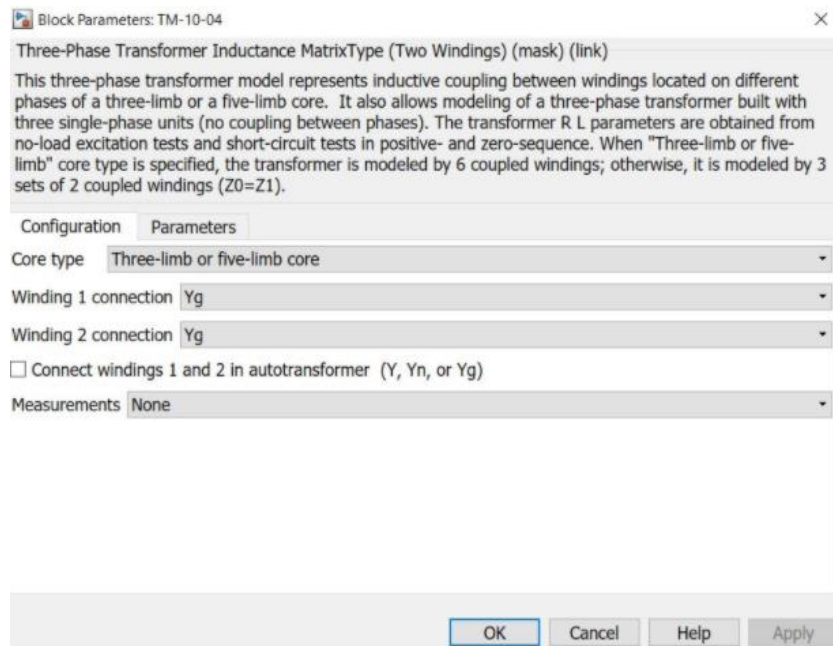


Рисунок 2.5 – Блок Three-Phase Transformer

Блок Asynchronous Machine – насос, позначений на схемі , як асинхронний двигун. Частота мережі – 50 Гц, Потужність – 2,2 кВт. Вікно блоку зображено на рисунку 2.6

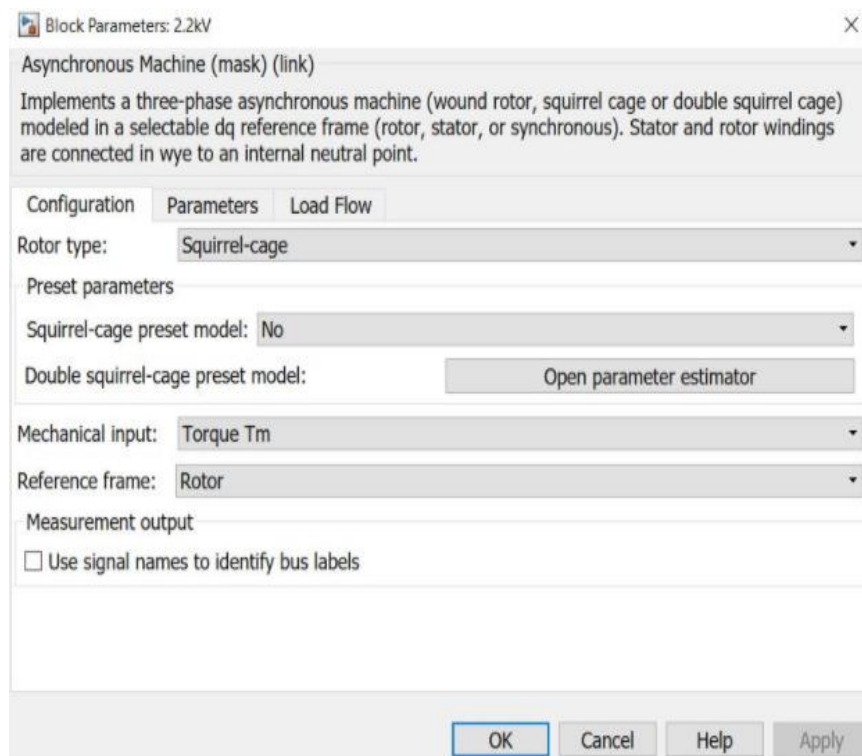


Рисунок 2.6 – Блок Asynchronous Machine

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.3 Аналіз втрат напруги на трансформаторі та живлячих кабелях

Навчальний корпус має протипожежний насос потужністю 2,2 кВт. При запуску номінальний пусковий струм значно перевищує сталий режим роботи. На рисунку 2.7 зображені пускові струми асинхронного двигуна. На рисунку 2.8 зображено характеристика пуску асинхронного двигуна.

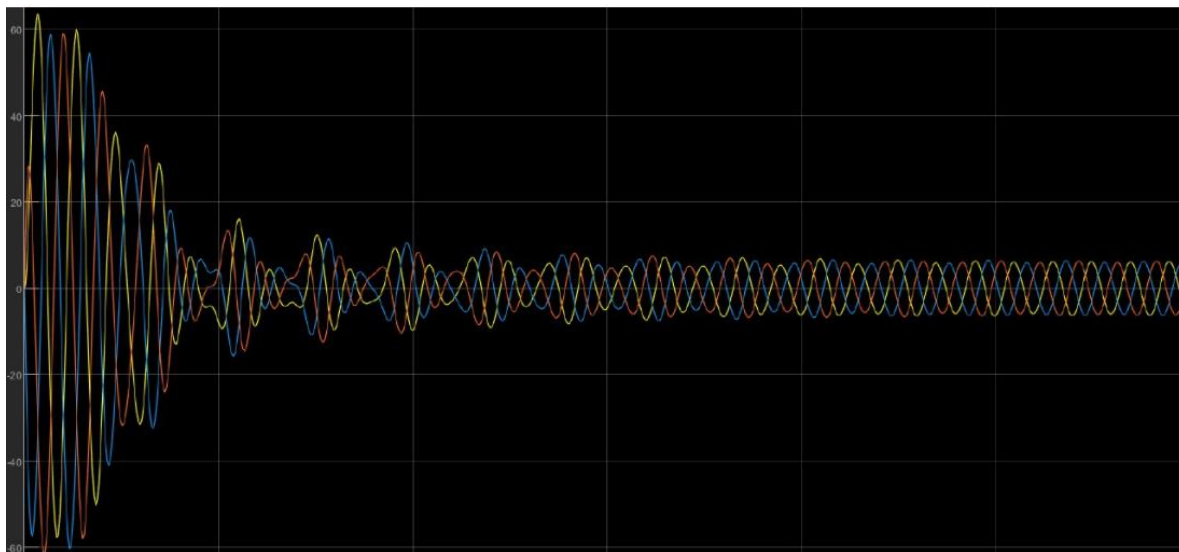


Рисунок 2.7 - Пускові струми асинхронного двигуна

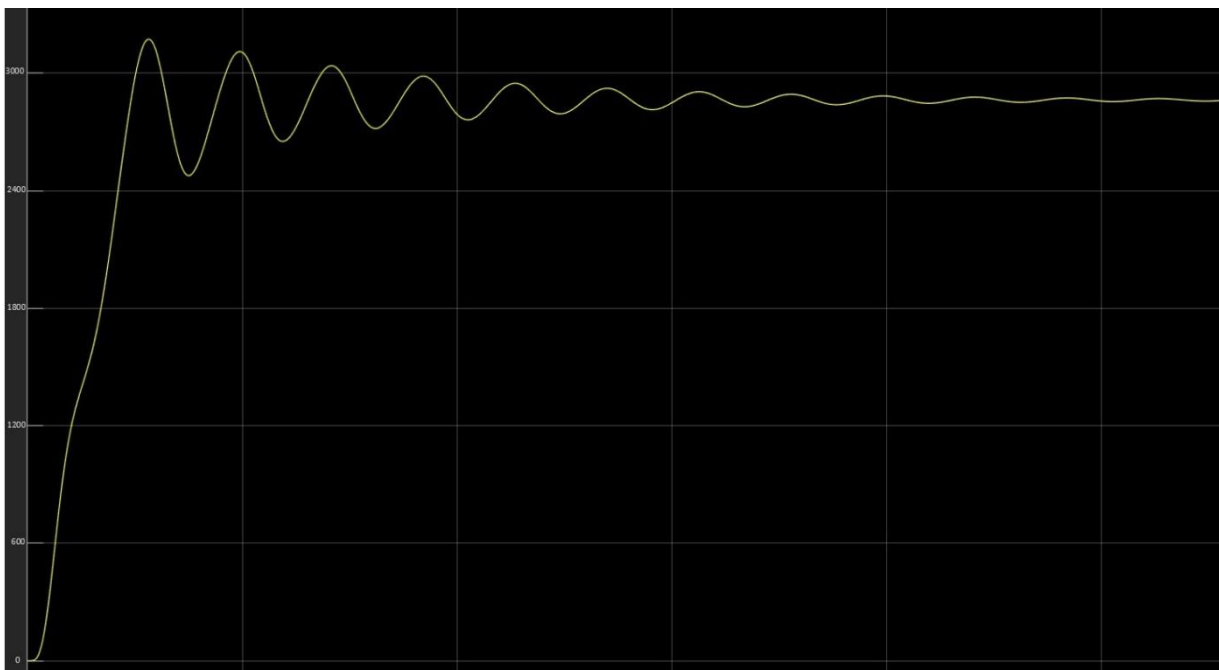


Рисунок 2.8 - характеристика пуску асинхронного двигуна.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.3.8.141.204 ПЗ

Арк.

44

Асинхронні двигуни мають великі пускові струми. В дослідницькій роботі було проаналізовано перевантаження по струму, та як наслідок втрати напруги в живлячих кабелях. Для вирішення цього питання можна збільшити переріз живлячих кабелів. Живлення всіх приймачів навчального корпусу відбувається від ТП-166. При запуску насоса на трансформаторі не спостерігається втрата напруги . Причина цьому є відносно невелика потужність насосу та пускових струмів. Втрата напруги на трансформаторі показана на рисунку 2.9

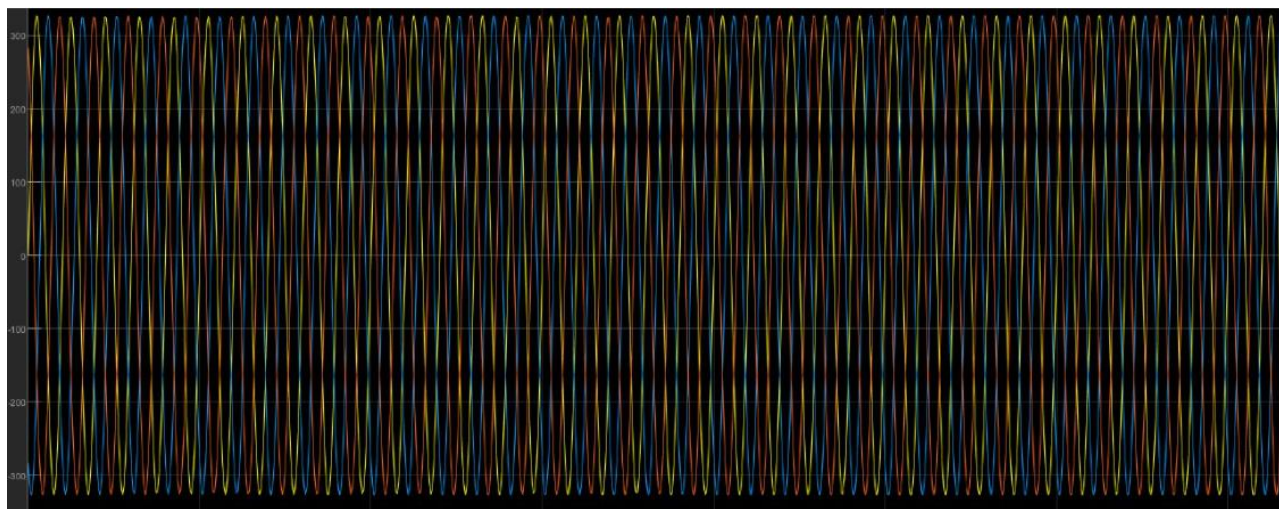


Рисунок 2.9 – втрати напруги на трансформаторі ТП-166

Живлення насосу відбувалося силовим кабелем силовим кабелем ВВГ 5х1,5. Моделювання показало, що падіння на фазній напрузі нема, тому силовий кабель обрано правильно. Втрати напруги показано на рисунку 2.10.

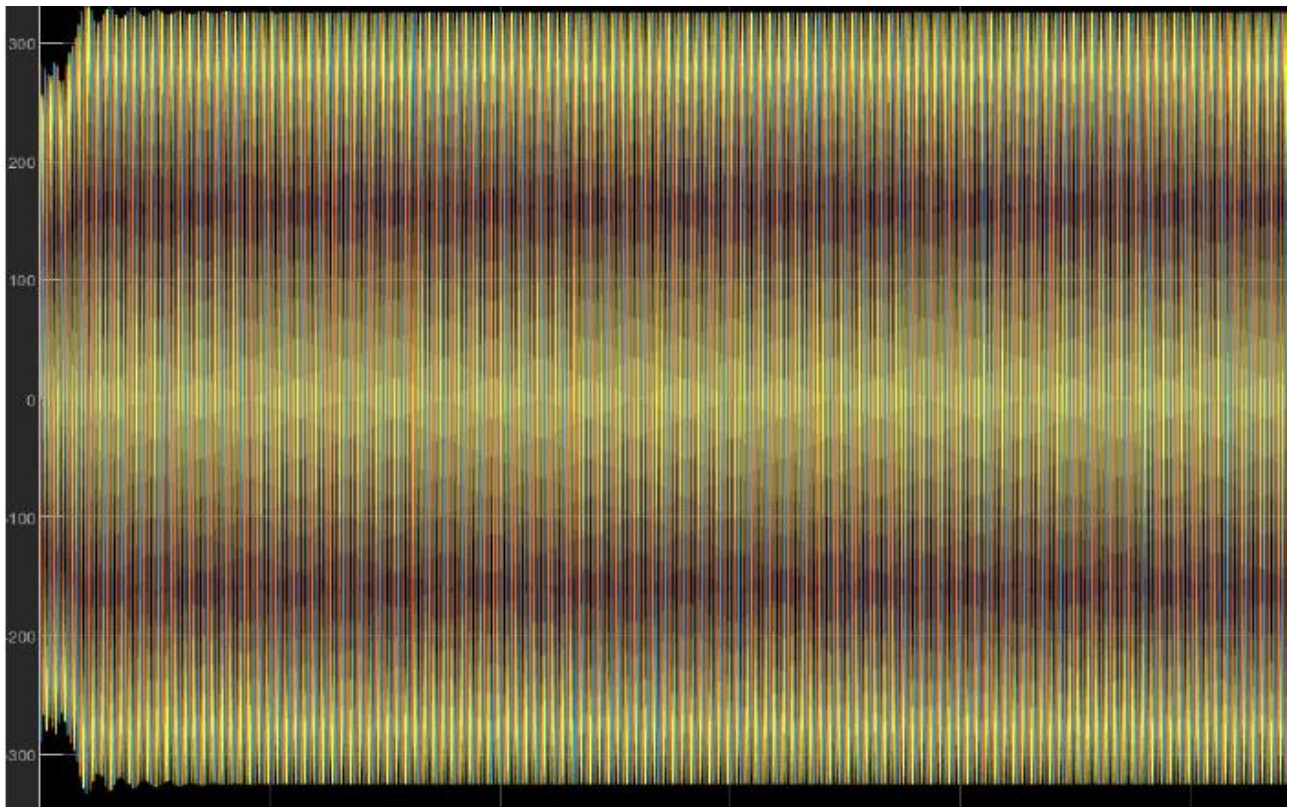


Рисунок 2.10 – втрати напруги силовому кабелі ВВГ 5х1,5

Розроблена модель в середовищі Matlab дозволяє дослідити вплив навантаження на трансформатор, та вплив втрат на пруги на силові кабелі. Проаналізувавши систему «кабельна лінія-трансформатор-насос», можна зробити висновок, що асинхронний двигун суттєво не впливає на роботу інших приймачів системи.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.3.8.141.204 ПЗ

Арк.

46

РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Експлуатація всіх електроустановок комплексу представляє певну небезпеку для людей. Це викликає необхідність дотримання правил техніки безпеки і відповідної кваліфікації персоналу, що обслуговує ці пристрої.

Ураження електричним струмом можливо в разі дотику до струмоведучих частин електроустановки або до металевих неструмопровідних частин електрообладнання, які опинилися під напругою при порушенні ізоляції. Електроустановки можуть створити і пожежну небезпеку при КЗ, перевантаження кабелів і електроприймачів, підвищеному нагріванні контактних з'єднань.

3.1 Загальні заходи безпеки

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно виключити можливість випадкового дотику до струмоведучих частин. З цією метою встановлюють відповідні огорожі або струмопровідні частини знаходяться на висоті, не доступній без спеціальних пристосувань [12].

Розподільні щити, щитки, розподільні пункти розміщують у спеціальних приміщеннях або замикаються в шафах, що не мають струмоведучих частин на лицьовій стороні. Затискачі електродвигунів та інших електроприймачів, а також пускових апаратів повинні бути закриті кожухом і не доступні для дотику.

Ремонт електродвигунів і пускових апаратів під час їх роботи неприпустимий. Не можна виконувати ремонт електропроводки без повного відключення лінії.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Маренок В.М.</i>			Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Василега П.О.</i>					47	68
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ кафедра Електроенергетики</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров М.А.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

Відповідно до вимог ПУЕ для захисту персоналу від випадкового дотику до струмоведучих частин електроустаткування передбачені наступні заходи:

- огороження струмоведучих частин;
- блокування електричних апаратів;
- пристрій захисного відключення електроустановок;
- заземлення та занулення електроустановок;
- вирівнювання електричних потенціалів на поверхні підлоги (землі) в зоні обслуговування електроустановок;
- застосування пристроїв попереджувальної сигналізації;
- захист персоналу від впливу електричного поля;
- використання колективних або індивідуальних засобів захисти;
- виконання вимог системи стандартів безпеки праці.

При підготовці робочого місця зі зняттям напруги повинні бути в зазначеному порядку виконані наступні технологічні заходи:

- здійснити необхідні відключення;
- на приводах ручного і на ключах комутаційних апаратів повинні бути вивішені забороняючі плакати;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, які повинні бути заземлені для захисту людей від ураження електричним струмом;
- накладено заземлення (включені заземлювальні ножі, а там, де вони відсутні - встановлені переносні заземлення);
- вивішені вказівні плакати «заземлення», при необхідності огорожені робочі місця, вивішені попереджувальні та розпорядчі плакати.

3.2 Вимоги безпеки до персоналу [10]

До самостійної роботи електрика з ремонту або обслуговування персоналу, можуть бути допущені особи, яким є 18 років. Вони повинні мати професійну освіту і пройти:

- Медичний огляд;

					<i>MP.3.8.141.204.ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- перевірку знань по ПУЕ та правилам безпеки при експлуатації електроустановок;
- первинний інструктаж;
- при обслуговуванні обладнання до 1000 В працівник повинен мати 3 групу з електробезпеки;
- при обслуговуванні обладнання вище 1000 В працівник повинен мати групу з електробезпеки не нижче 4;

Електрик зобов'язаний дотримуватися:

- інструкція з охорони праці;
- пожежна безпека;
- правила внутрішнього трудового розпорядку

Електрик зобов'язаний :

- застосовувати колективні та індивідуальні засоби захисту;
- негайно повідомляти про нещасні випадки, а також ситуації, які можуть принести загрозу життю людини;
- не допускати користування засобів індивідуального захисту з просроченим терміном перевірки;
- при випадку нещасного випадку необхідно наждати потерпілому першу медичну допомогу, терміново викликати лікаря;
- знати номери пожежної охорони;
- знати номери медичної допомоги;
- утримувати робоче місце в чистоті і порядку;
- при захворюванні або травмуванні як на роботі, так і поза нею, необхідно повідомити про це особисто або через інших осіб своєму керівнику або керівнику підприємства;
- ходити тільки за встановленими проходами, перехідним містком і майданчиках;
- не сідати і НЕ спиратися на випадкові предмети і огорожі;
- не торкатися до електричних проводів, кабелів електротехнічних установок;

					<i>MP.3.8.141.204.II3</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

- не знаходиться в зоні дії вантажопідійомних машин;
- не дивитися на дугу електрозварювання без засобів захисту очей;

Небезпечними і шкідливими виробничими факторами є:

- напруга в електричній мережі;
- підвищене фізичне навантаження;
- підвищена (знижена) температура навколишнього повітря;
- падіння з висоти;
- падіння предметів з висоти;
- підвищений рівень шуму;
- газоподібне виділення застосовуваних у виробництві речовин в повітрі

робочої зони.

Відповідно до норм видачі спецодягу та інших засобів індивідуального захисту електрика видаються:

- костюм х / б - на 12 місяців;
- черевки шкіряні - на 12 місяців;
- рукавиці комбіновані - на 1 місяць;
- калоші діелектричні - чергові;
- рукавички діелектричні - чергові;
- каска - чергова;
- окуляри захисні - чергові.

Роботодавець зобов'язаний замінити або відремонтувати спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту, що прийшли в непридатність до закінчення встановленого терміну носіння по причинах, не залежних від працівника.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- мати справний спецодяг, перевірити всі предмети індивідуального захисту;
- перевірити наявність: ключів від електрощитів, пультів управління, оперативної документації;

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- перевірити справність інструментів, пристосувань, засобів колективного та індивідуального захисту;

- для перенесення інструменту використовується спеціальна сумка;

- переконатися в достатньому освітленні робочого місця, відсутність електричної напруги на відремонтованому обладнанні;

- виконання робіт підвищеної небезпеки проводиться за нарядом-допуском після проходження цільового інструктажу;

- видалити із зони проведення робіт сторонніх осіб і звільнити робоче місце від сторонніх матеріалів та інших предметів, обгородити робочу зону і встановити знаки безпеки;

- при виявленні несправності обладнання, інструменту, пристосувань, засобів індивідуального або колективного захисту, робочого місця, як перед початком роботи, так і під час роботи, повідомити керівника і до усунення неполадок до роботи не приступати. Користуватися несправними, з вичерпаним терміном випробування інструментами, пристосуваннями, засобами індивідуального або колективного захисту забороняється.

- для виконання спільної роботи декількома особами повинен призначатися старший працівник, який забезпечує узгодженість дій і дотримання вимог безпеки.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

- при аварії або виникненні аварійної ситуації вжити заходів, що попереджають і усувають небезпеку;

- електрик повинен пам'ятати, що при раптовому відключенні напруги, воно може бути подана знову без попередження. При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії струму, дотримуючись вимог електробезпеки, надати долікарську допомогу і викликати працівника медичної служби.

- при виникненні пожежі необхідно повідомити керівника (адміністрації), в пожежну охорону і приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

- у всіх випадках при проведенні аварійних робіт слід виконувати всі технічні заходи, що забезпечують безпеку робіт.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

- відключити (від'єднати) електрообладнання, електроінструмент, вантажопідйомні машини від мережі.

- прибрати інструменти, пристосування, засоби захисту у відведений для цього місце.

- привести в порядок майстерню, робоче місце. Інструмент і захисні засоби прибрати в шафу для зберігання. Зняти попереджувальні плакати та огорожі з відповідним записом в оперативному журналі. Сміття, обривки проводів, бронешлангов і т.п. прибрати в контейнери для сміття.

- привести в порядок спецодяг, очистити від пилу і бруду, прийняти душ.

- про всі зауваження, дефектах, виявлених протягом робочого дня, повідомити свого керівника або керівника підприємства.

3.3 Ураження електричним струмом

Електричний опік є найпоширенішим видом електричної травми. Електричний опік є результатом впливу на людину електричної дуги (дугового опік) або проходження через його тіло електричного струму (струмовий опік). Струмовий опік є, як правило, опіком шкіри в місці контакту тіла людини з струмоведучих частиною внаслідок перетворення електричної енергії в теплову. Так як шкіра людини має у багато разів більшим опором, ніж інші тканини людини, в ній виділяється велика частина тепла. [11] Струмові опіки виникають, як правило, в установках до 1000 В. Електрична дуга, що викликає дугового опік, виникає при розряді через тіло людини і супроводжується проходженням струму через тіло людини. Також дугового опік може статися при коротких замиканнях в електроустановках, в цьому випадку струм через тіло людини не протікає. Електрична дуга має високою температурою, що може викликати великі опіки тіла і привести до смертельних випадків. В ЕУ до 6 кВ

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

опік найчастіше є наслідком випадкових коротких замикань. В установках більш високої напруги опік виникає:

- при випадковому наближенню людини до струмоведучих частин (вони повинні знаходитись під напругою);
- при пошкодженні ізолюючих захисних засобів;
- при помилкових діях з комутаційними апаратами;

Електричні опіки діляться на 4 ступені:

- опіки першого ступеня – легке почервоніння шкіри;
- опіки другого ступеня – появлення на шкірі значних опіків;
- опіки третього ступеня – омертвіння шкіри;
- опіки третього ступеня - обуглювання шкіри, тканин, кісток.

Перша допомога при ураженні електричним струмом:

- перше, що потрібно зробити – це знеструмити потерпілого;
- виключити електрику та джерело струму, якщо є можливість не залишитись в темряві;
- якщо електричні дроти затиснуті в руці потерпілого, їх перерізають ножем або ножицями з струмонепровідними ручками, але обов'язково окремо один від одного і обов'язково на різних рівнях;
- у разі виникнення пожежі, не гасити полум'я водою. Для цього потрібно використовувати пісок, чи щільну тканину;
- постраждалого дозволяється відтягувати від джерела струму в тому випадку, якщо є можливість це зробити однією рукою за сухий одяг не торкаючись шкіри потерпілого;
- стан потерпілого оцінюється після вилучення його з електричного кола;
- перевірити дихальні шляхи потерпілого;
- перевірити наявність пульсу на сонній артерії; в разі його відсутності протягом 7 секунд, як можна швидше нанести прекардіальний удар і приступити до виконання комплексу СЛМР за правилами АВС,

періодично (через кожні 2 хвилини) перевіряючи появу пульсу на сонних артеріях;

- визвати медичну допомогу та контролювати стан потерпілого;
- у всіх випадках електротравми з порушенням серцевої діяльності, необхідна обов'язкова термінова госпіталізація.

3.4 Технічна документація [12]

В кожній організації повинна зберігатись технічна документація якою електроустановки підприємства або організації допускається до експлуатації. [12]

Склад технічної документації:

1. Акти приймання прихованих робіт;
2. Генеральний план ділянки;
3. Затверджена проектна документація (креслення, пояснювальні записки
4. Акти випробувань і налагодження електрообладнання.
5. Акти приймання електроустановок в експлуатацію.
6. Виконавчі робочі схеми первинних і вторинних електричних з'єднань.
7. Технічні паспорти основного електрообладнання.
8. Інструкції з обслуговування електроустановок, а також посадові інструкції щодо кожного робочого місця.

По кожній самостійній ділянці необхідно мати:

1. Паспортні карти чи журнали з описом електрообладнання та засобів захисту із зазначенням їх технічних даних і присвоєних їм інвентарних

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

номерів (до паспортних карт чи журналів додаються протоколи і акти випробування, ремонту та ревізії обладнання).

2. Креслення електрообладнання, електроустановок і споруд, комплекти креслень запасних частин, виконавчі креслення повітряних і кабельних трас і кабельні журнали.
3. Креслення підземних кабельних трас і заземлюючих пристроїв з прив'язкою до будівель і постійних споруд, а також із зазначенням місць установлення з'єднувальних муфт і перехрещень з іншими комунікаціями.
4. Загальні схеми електропостачання, складені по підприємству в цілому і по окремих цехах і дільницях.
5. Комплект експлуатаційних інструкцій з обслуговування електроустановок цеху, дільниці і комплект посадових інструкцій щодо кожного робочого місця та інструкцій з охорони праці.

Перелік цих інструкцій затверджує головний інженер підприємства (організації).

На підстанціях, РУ чи в приміщеннях, відведених для обслуговуючого електроустановки персоналу (чи на робочому місці особи, відповідальної за електрогосподарство), повинна знаходитись оперативна документація:

1. Оперативна схема;
2. Оперативний журнал;
3. Бланки нарядів-допусків для робіт в електроустановках;
4. Бланки перемикачів;
5. Журнал чи картотека дефектів і неполадок на електрообладнанні;

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

6. Відомості показань контрольно-вимірювальних приладів і електролічильників.
7. Журнал перевірки знань персоналу.
8. Журнал обліку виробничого інструктажу.
9. Журнал обліку протиаварійних тренувань.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Характеристика системи освітлення навчального корпусу

Люмінесцентна лампа є газорозрядним джерелом світла. У них електричний заряд, взаємодіючи з парами ртуті, утворює ультрафіолетове випромінювання, яке при контакті з люмінофором перетворюється на світло, видиме для ока. На рисунку 4.1 зображено принцип дії люмінесцентної лампи.

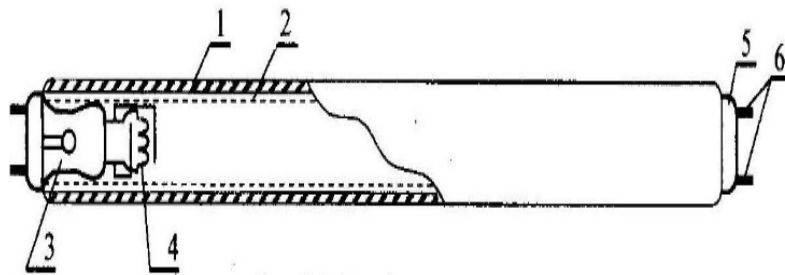


Рис. 8.1. Люмінесцентна лампа.

1 - трубка-колба; 2 - люмінофор; 3 - ніжка; 4 - електрод; 5 - цоколь; 6 - штирьки.

Рисунок 4.1 – Люмінесцентна лампа

Переваги люмінесцентного освітлення:

- 1) Невелика кількість споживаної енергії;
- 2) Великий термін служби;
- 3) Менша температура в роботі;
- 4) Має декілька відтінків;
- 5) Стабільне освітлення приміщення

					MP.3.8.141.204 ПЗ			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Маренок В.М..				Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових	Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.	Маценко О.М..						57	68
Реценз.						СумДУ кафедра Електроенергетики		
Н. Контр.	Никифоров М.А.							
Затверд.	Лебединський І. Л.							

- 6) Гарантія на кожену лампу від виробника;
- 7) Відносно невелика ціна, порівняно з LED лампами.

Недоліки люмінесцентного освітлення:

- 1) Ціна , порівняно з лампами розжарення;
- 2) Енергозберігаючі лампи містять пари ртуті;
- 3) Згодом ККД люмінесцентної лампи падає, в зв'язку з деградацією люмінофора – змінюється колірний спектр, падає світловіддача;

4.2 Розрахунок вартості основного освітлення навчального корпусу

Для розрахунку вартості освітлення навчального корпусу потрібно знати такі параметри: тип лампи, кількість світильників, вартість одного світильника, вартість однієї лампи . В таблиці 4.1 показано характеристику освітлення в навчальному корпусі. В таблиці 4.2 – загальна кількість освітлювальних приладів та їхня ціна.

Таблиця 4.1 – Характеристика освітлення навчального корпусу

Найменування світильника	Типи світильника					
	ЛПО	ЛПО	ЛПО	ЛПО	ЛПО	Прожектор
Тип лампи	ЛПО 1*18	ЛПО 4*18	ЛПО 1*36	ЛПО 4*36	ЛПО 2*36	Прожектор 1*400
Потужність , Вт	18	4*18	36	4*36	2*36	400
Термін служби, год	12000	12000	15000	10000	25000	100000
Номінальна напруга, В	230	230	230	230	220	85-265

Таблиця 4.2 - Загальна кількість світильників у будівлі

Найменування світильника	ЛПО	ЛПО	ЛПО	ЛПО	ЛПО	Прожектор
Тип лампи	ЛПО 1*18	ЛПО 4*18	ЛПО 1*36	ЛПО 4*36	ЛПО 2*36	Прожектор 1*400
Кількість світильників	35	830	10	600	423	20
Загальна потужність	630	59760	360	86400	30456	8000
Вартість світильника	80	430	256	820	190	4500
Вартість лампи	20	25	29	20	29	-

Розрахунок вартості установлених світильників:

$$Ц_{СВ} = (Ц_{С} + Ц_{Л} \times N) \times n \quad (4.1)$$

де $Ц_{С}$ – вартість одного світильника, грн;

$Ц_{Л}$ – вартість однієї лампи;

N – кількість ламп у світильнику;

n – кількість світильників

Розрахунок вартості світильників ЛПО 1*18:

$$Ц_{СВ} = (Ц_{С} + Ц_{Л} \times N) \times n = (80 + 20) \times 35 = 3500 \text{ (грн)}$$

Розрахунок вартості світильників ЛПО 4*18

$$Ц_{СВ} = (Ц_{С} + Ц_{Л} \times N) \times n = (430 + 25 \times 4) \times 830 = 439900 \text{ (грн)}$$

Розрахунок вартості світильників ЛПО 1*36

$$Ц_{СВ} = (Ц_{С} + Ц_{Л} \times N) \times n = (256 + 29) \times 10 = 2850 \text{ (грн)}$$

Розрахунок вартості світильників ЛПО 2*36

$$Ц_{СВ} = (Ц_{С} + Ц_{Л} \times N) \times n = (190 + 29 \times 2) \times 423 = 104904 \text{ (грн)}$$

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Розрахунок вартості світильників ЛПО 4*36

$$C_{\text{СВ}} = (C_{\text{С}} + C_{\text{Л}} \times N) \times n = (820 + 20 \times 4) \times 600 = 540000 \text{ (грн)}$$

Вартість 20 прожекторів дорівнює 90000 (грн)

Тому загальна вартість освітлювальних приладів навчального корпусу складає 1090154 (грн)

4.3 Розрахунок економічного ефекту при використанні двох різних світильників

Для розрахунку економічного ефекту двох різних типів світильників потрібно знати об'єм витрат при провадженні даних заходів [14]. Для проектування взято світильник типу LED 4000K WHITE (M1051230431) (Рис.4.2), та ЛПО 4x18 (Л-світильник люмінесцентний, П-потолочний, О – розрахований на громадські будівлі) (Рис.4.3). Для розрахунку взято стандартну аудиторію університету. У таблиці 4.3 показані характеристики двох типів світильників. Для учбових закладів норма освітлення не менше 400лк. Характеристики ЛПО та LED освітлення представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – характеристики світильників LED та ЛПО 4x18

Найменування світильника	Типи світильника	
	LED	ЛПО
Тип лампи	LED панель 4000К	ЛПО 4*18
Потужність, Вт	30	4*18
Термін служби, год	20000	12000
Світловий потік, лм	3000	2880

Зовнішній вигляд світильників LED та ЛПО представлено на рисунках 4.2 та 4.3.



Рисунок 4.2 – LED панель 30W 4000K WHITE (M1051230431)



Рисунок 4.3 – ЛПО 4*18

[14] Розрахунок вартості установлених світильників:

$$C_{\text{СВ}} = (C_{\text{С}} + C_{\text{Л}} \times N) \times n$$

де $C_{\text{С}}$ – вартість одного світильника, грн;

$C_{\text{Л}}$ – вартість однієї лампи;

N – кількість ламп у світильнику;

n – кількість світильників

Шукаємо вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення аудиторії за допомогою світильника LED. Для нормального освітлення навчальної аудиторії потрібно встановити 17 світильників типу LED (M1051230431) Ціна одного світильника – 760 грн (LED модуль освітлення є в комплекті).

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$C_{CB1} = (C_C + C_L \times N) \times n = 760 \times 17 = 12920 \text{ (грн)}$$

Шукаємо вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення аудиторії за допомогою світильника ЛПО 4x18. Для нормального освітлення навчальної аудиторії потрібно встановити 18 світильників типу ЛПО 1x18. Ціна одного світильника :

$$C_{CB2} = (C_C + C_L \times N) \times n = (430 + 25 \times 4) \times 18 = 9540 \text{ (грн)}$$

Економія установки ЛПО 4x18 , ніж LED світильників – 3380 грн.

Кількість споживаної електричної енергії на рік розраховуємо по формулі

4.2

$$K = k \times N_L \times n \times N \quad (4.2)$$

k – час роботи лампи за рік;

N_L – потужність лампи, кВт;

Для ламп в навчальному корпусі задаємо час роботи 1500 годин за рік

Споживана електроенергія при використанні LED світильників:

$$K_1 = k \times N_L \times n \times N = 1500 \times 0,03 \times 17 = 765 \left(\frac{\text{кВт}}{\text{рік}} \right)$$

Споживана електроенергія при використанні ЛПО світильників:

$$K_2 = k \times N_L \times n \times N = 1500 \times 0,018 \times 18 \times 4 = 1944 \left(\frac{\text{кВт}}{\text{рік}} \right)$$

Вартість споживаної електричної енергії на рік визначаємо за формулою

4.3

$$C_{EL} = K \times C_{ел} \quad (4.3)$$

$C_{ел}$ – 0,9 грн/кВт – ціна на електричну енергію

Вартість споживаної електричної енергії на рік для LED світильників:

$$C_{EL1} = K_1 \times C_{ел} = 680,4 \text{ грн}$$

Вартість споживаної електричної енергії на рік для ЛПО світильників:

$$C_{EL2} = K_2 \times C_{ел} = 1749,6 \text{ грн}$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці LED освітлення :

$$E_L = C_{EL1} - C_{EL2} = 680,4 - 1749,6 = -1069,2 \quad (4.4)$$

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Річних витрат на експлуатацію світильників не передбачено, обидва джерела світла мають велику кількість робочих годин та гарантію від виробника.

Економія при установці освітлювальних приладів:

Ціна монтажу одного світильника LED коштує 100 грн, ціна монтажу ЛПО 4x18 коштує 80 грн. Загальну ціну монтажу світильників розраховуємо по формулі (4.5)

$$E_{\text{екс1}} = C_{\text{уст}} \times n_1 \quad (4.5)$$

$$E_{\text{екс1}} = C_{\text{уст1}} \times n_1 = 100 \times 17 = 1700 \text{ грн}$$

$$E_{\text{екс2}} = C_{\text{уст2}} \times n_1 = 80 \times 18 = 1440 \text{ грн}$$

Економія при установці ЛПО 4x18 складає 260 грн

Загальні витрати при установці світильників визначаємо по формулі 4.6

$$E_{\text{заг1}} = C_{\text{СВ1}} + C_{\text{ЕЛ1}} + E_{\text{екс1}} \quad (4.6)$$

Загальні витрати при установці LED світильників:

$$E_{\text{заг1}} = 12920 + 680,4 + 1700 = 15300,4 \text{ грн}$$

Загальні витрати при установці ЛПО світильників:

$$E_{\text{заг2}} = 9540 + 1749,6 + 1440 = 12729,6 \text{ грн}$$

Загальна економія заходу:

$$E = E_{\text{заг1}} - E_{\text{заг2}} = 15300,4 - 12729,6 = 2570,8$$

ВИСНОВОК

Результатом виконаної магістерської роботи є розроблена система електропостачання навчального корпусу.

У першому розділі наведена характеристика навчального корпусу, його основних електроприймачів. Виконані розрахунки параметрів та вибрані джерела світла та світильники. Основними силовими приймачами є асинхронні двигуни технологічного обладнання навчального процесу. В навчальному корпусі використана система заземлення TN-S.

Знайдена розрахункова потужність, повна потужність, реактивна, потужність, розрахунковий струм електроприймачів. Для розрахунку використовувався метод установленної потужності та коефіцієнта попиту. Також ми вибрали кабелі та розрахували втрати напруги в них. Також розраховано струми КЗ, та обрані електричні апарати - запобіжники, рубильники та автоматичні вимикачі.

В другому розділі було створено модель за допомогою програми Matlab «трансформатор - кабельна лінія – насос». Ця система дозволила дослідити вплив асинхронного двигуна на інших приймачів навчального корпусу, кабелі та трансформатор.

В третьому розділі описана охорона праці, що взята з нормативних документів. Заходи безпеки, види електричних опіків та технічна документація.

В четвертому розділі було розраховано ціну внутрішнього освітлення, а також проаналізовано економічний ефект при використанні двох різних світильників. Було розраховано втрати при використанні різних типів освітлення.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Маренок В.М.</i>			Розрахунок параметрів системи електропостачання навчального корпусу та моделювання його окремих складових	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Василега П.О.</i>					64	68
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ кафедра Електроенергетики</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров М.А.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державні будівельні норми України «ДБН В.2.5-23», 2010, 169 с.
2. Василега П. О. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
3. Шустеренко В.Є. , Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств . Посібник для курсового та дипломного проектування, Київ , 2013. – 424с.
4. Киреева Э. А. Электроснабжение жилых и общественных зданий / Э. А. Киреева, С. А. Цырук. – Москва : НТФ «Энергопрогресс», 2005. – 96 с.
5. Автоматичні вимикачі ВА 51-35. Режим доступу - <http://optivolt.ru/d/33208/d/katalog-va51-35-keaz.pdf>
6. Автоматичні вимикачі ВА АЕ20. Режим доступу - <http://www.intro-t.ru/docs/catalogue.ae20.1.pdf>
7. Кабышев А. В. , Обухов С. Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие.
8. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
9. Шевченко С. Ю. Обмежувачі перенапруг нелінійні: застосування, монтаж та вибір : монографія / С. Ю. Шевченко, П. В. Петров, Г. М. Катренко та ін. ; Нац. техн. ун-т «ХПІ». – Харків : Форт, 2015. – 286 с.
10. Інструкція з охорони праці для електрика.
11. Охорона праці та промислова безпека - ДТЕК Енерго
12. Правила улаштування електроустановок , 2017.
13. Вікіпедія <https://uk.wikipedia.org>
14. Simscape Electrical - Документація MATLAB
15. Маценко О.М., Сотник І.М., Соляник О.М. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломів.

					<i>MP.3.8.141.204 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

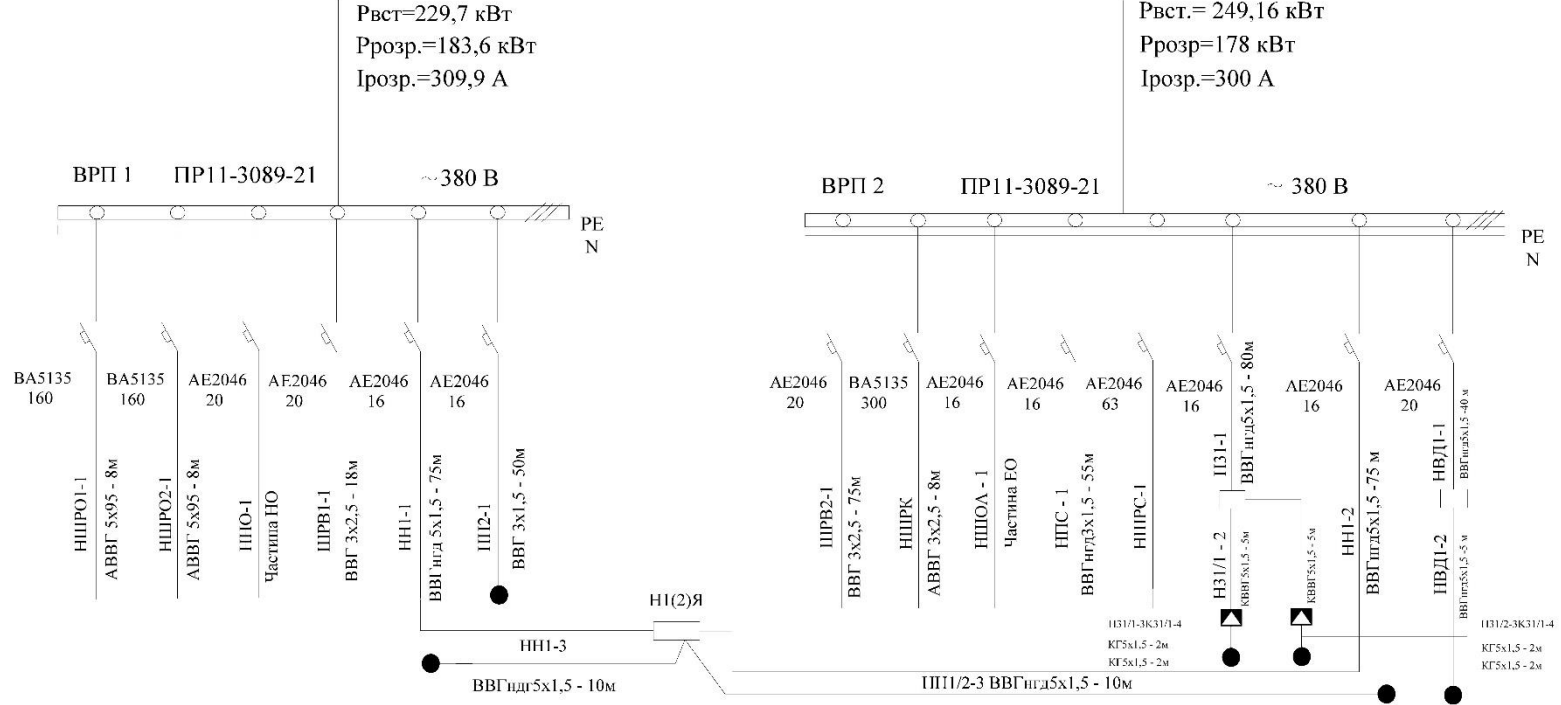
ДОДАТКИ

Джерело живлення

Апарат на вході

Щиток відно-розподільчий

Автомат на лініях, що відходять



Встановлена потужність, кВт	108	105	8	5,7	2,2	0,2
Споживачі електроенергії	Шкаф силовий розподільчий ШРО1	Шкаф силовий розподільчий ШРО2	Зовнішнє освітлення	Шкаф силовий розподільчий ШРВ 1	Насос протипожежний НН1/1	Насос циркуляційний Н2

	6,3	172	6,5	0,5	53	0,1	0,1	2,2	7,5
	Шкаф силовий розподільчий ШРВ 2	Шкаф силовий розподільчий ШРК	Щиток аварійного освітлення	Пристрій аварійної сигналізації	Шкаф розподільчий силовий ШРС, ШРС1	Засувка 3/1/1	Засувка 3/1/2	Насос протипожежний НН1/2	Вентилятор димовідведення ВД1

Стор. №

Лист. №

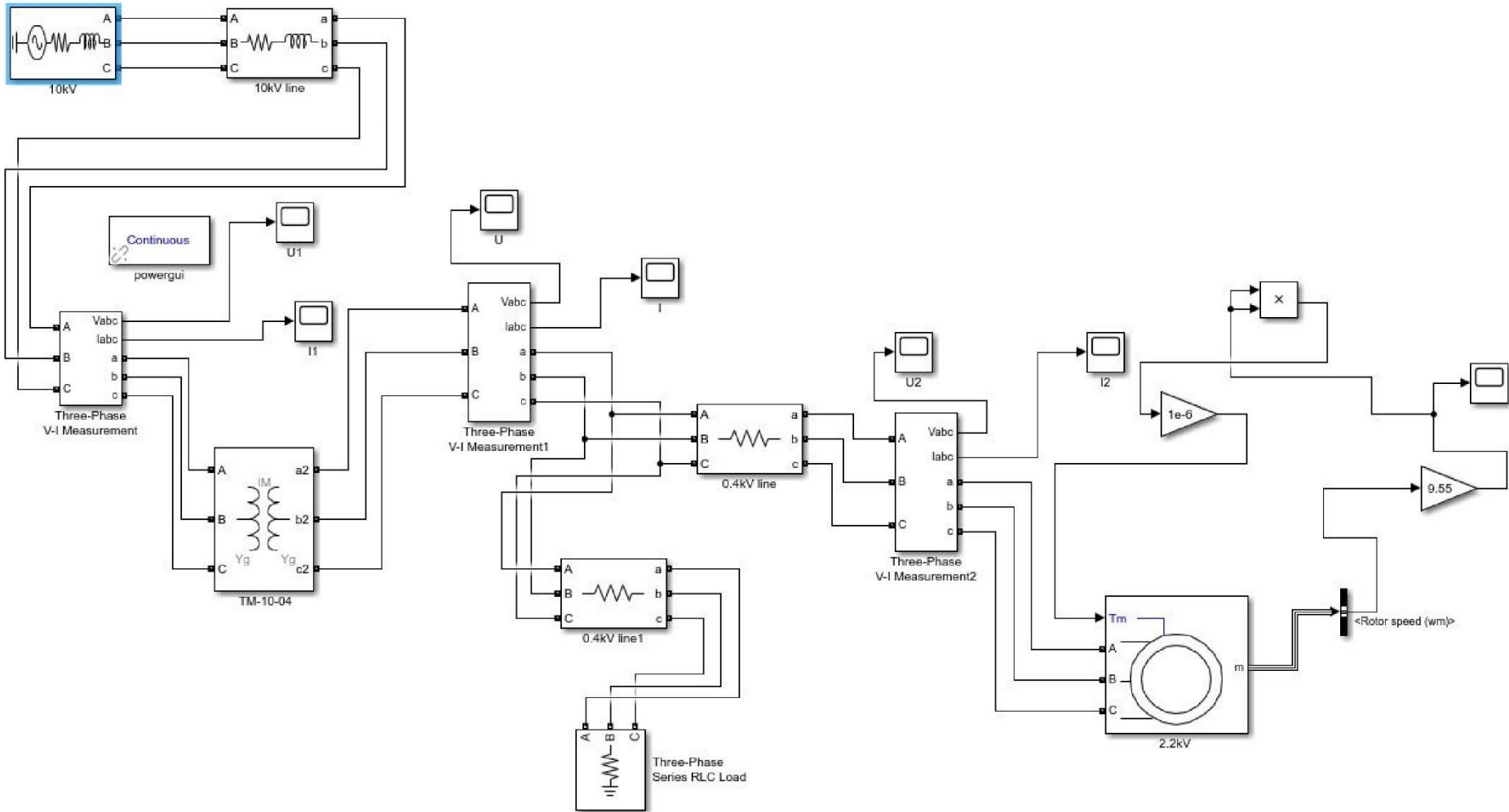
Вказ. №

Лист. №

Вказ. №

Лист. №

MP.3.8.141.204 E1



					MP.3.8.141.204 ГЧ		
					Схема мережі "трансформатор - кабельна лінія електропостачання - насос"		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит	Масса	Масштаб
	Разраб.	Маренко В.М.					
	Провер.	Василюга П.О.					
	Т. контр.						
	Реценз.						
	Н. контр.	Никифоров М.А.					
	Утверд.	Лебедиський І.Л.					
					Лист 2	Листов 4	
					Сумду кафедра електроенергетики		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

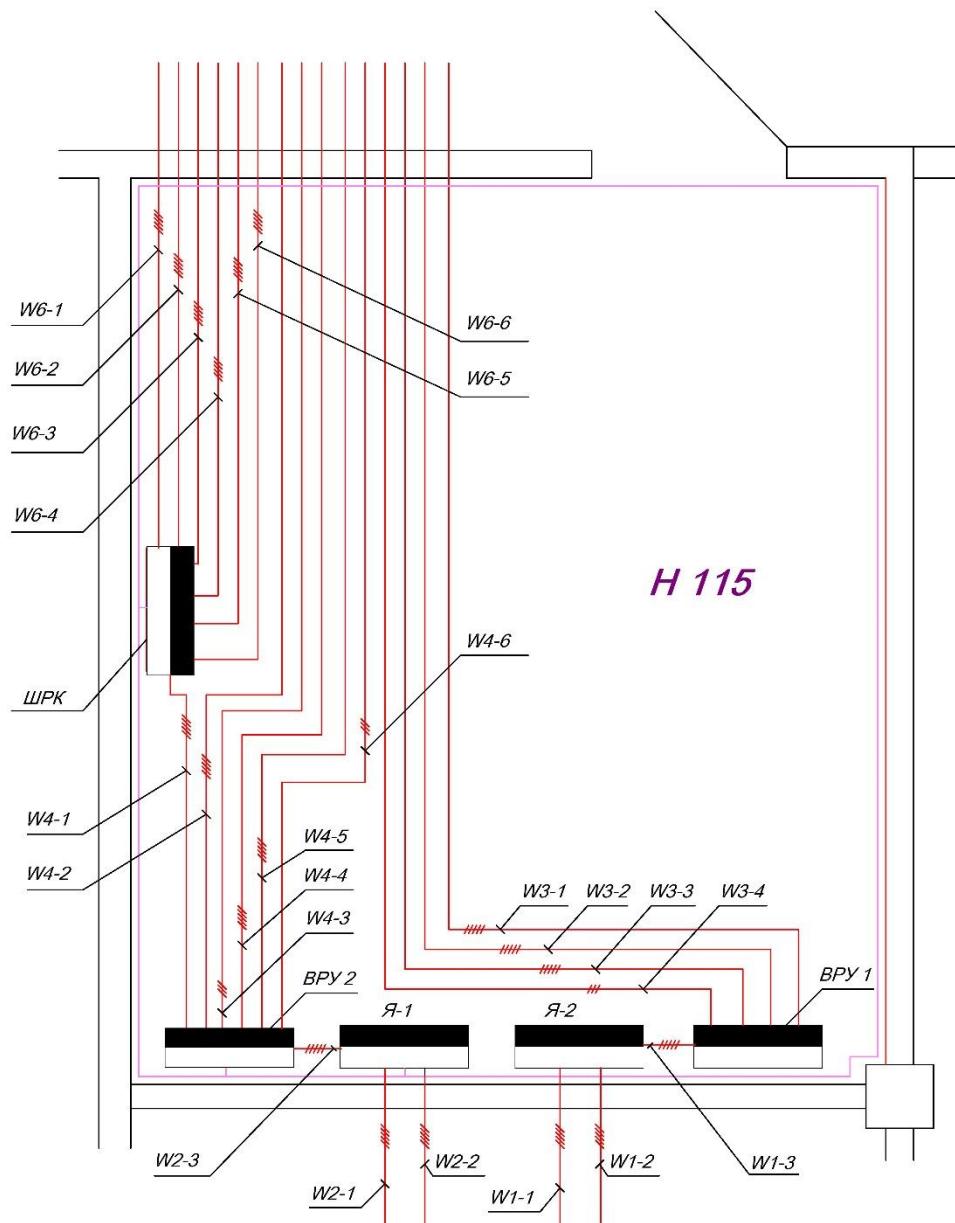
Ине. № дубл.

Взам. ине. №

Подп. и дата

Ине. № подл.

Додаток В

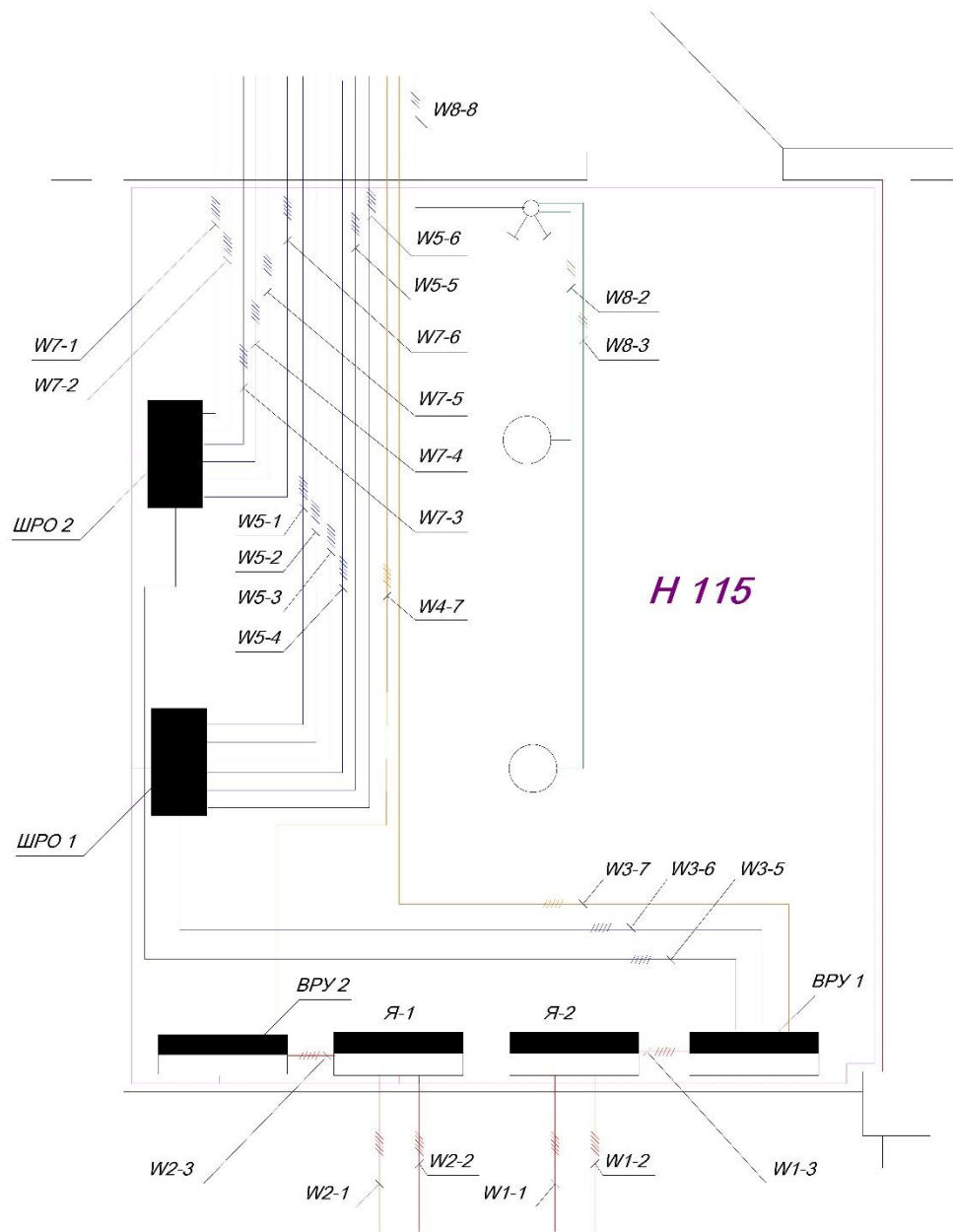


Номер п. л.	Умовне позначення	Кабель		Довжина, м	Примітка
		Марка	Кількість жил та переріз, мм ²		
1	W1-1	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-1 ввід 1
2	W1-2	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-1 ввід 2
3	W1-3	АВВГ	5x185	4	від Я-1 до ВРУ 1
4	W2-1	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-2 ввід 1
5	W2-2	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-2 ввід 2
6	W2-3	АВВГ	5x185	4	від Я-2 до ВРУ 2
7	W3-1	ВВГ	3x2,5	18	від ВРУ-1 до ШРВ-1
8	W3-2	ВВГ	5x1,5	40	від ВРУ-1 до витяжка архіву
9	W3-3	ВВГ	5x1,5	75	від ВРУ-1 до насос протипожежний
10	W3-4	ВВГ	3x1,5	60	від ВРУ-1 до розетки бойлера 1 поверх
11	W4-1	АВВГ	5x120	8	від ВРУ-2 до ШРК
12	W4-2	ВВГ	5x16	90	від ВРУ-2 до ШРС столова
13	W4-3	ВВГ	3x2,5	75	від ВРУ-2 до ШРВ 2
14	W4-4	ВВГнгд	5x1,5	80	від ВРУ-2 до задвижка Н31-1
15	W4-5	ВВГнгд	5x1,5	75	від ВРУ-2 до насос протипожежний Н1/2
16	W4-6	ВВГнгд	3x1,5	40	від ВРУ-2 до пожежна сигналізація
17	W6-1	ВВГ	5x16	20	від ШРК до ШК-5
18	W6-2	ВВГ	5x16	80	від ШРК до ШК-6
19	W6-3	ВВГ	5x16	15	від ШРК до ШК-3
20	W6-4	ВВГ	5x6	75	від ШРК до ШК-4
21	W6-5	ВВГ	5x4	70	від ШРК до ШК-2
22	W6-5	ВВГ	5x2,5	10	від ШРК до ШК-1

Принципова схема силової мережі

МР.3.8.141.204 ГЧ				
Лист	№ докум.	Уточн.	Датум	Формат
1	МР.3.8.141.204			А4
1	1	1	1	1
Принципова схема силової мережі				
Судити				
Копіювати				

Листів усього: _____
 Сторінок: _____
 Підпис: _____
 Ім'я та прізвище: _____
 П.І.О.: _____
 Ініціал: _____
 Підпис: _____
 Ім'я та прізвище: _____
 П.І.О.: _____
 Ініціал: _____



Принципова схема освітлювальної мережі

Номер п. п.	Умовне позначення	Кабель		Довжина, м	Примітка
		Марка	Кількість жил та переріз, мм ²		
1	W1-1	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-1 ввід 1
2	W1-2	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-1 ввід 2
3	W1-3	АВВГ	5x185	4	від Я-1 до ВРУ 1
4	W2-1	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-2 ввід 1
5	W2-2	АВВГ	5x185	60	від ТП-166 до Я-2 ввід 2
6	W2-3	АВВГ	5x185	4	від Я-2 до ВРУ 2
7	W3-5	АВВГ	5x95	8	від ВРУ-1 до ЩРО 1
8	W3-6	АВВГ	5x95	8	від ВРУ-1 до ЩРО 2
9	W3-7	ВВГ	5x6	45	від ВРУ-1 до ННО-1 зовнішнє освітлення
10	W4-7	ВВГнгд	5x6	25	від ВРУ-2 до НЩО-1
11	W5-1	ВВГ	5x16	35	від ЩРО-1 до ЩО-1
12	W5-2	ВВГ	5x16	35	від ЩРО-1 до ЩО-2
13	W5-3	ВВГ	5x16	40	від ЩРО-1 до ЩО-6
14	W5-4	ВВГ	5x16	45	від ЩРО-1 до ЩО-9
15	W5-5	ВВГ	5x16	45	від ЩРО-1 до ЩО-5
16	W5-6	ВВГ	5x16	35	від ЩРО-1 до ЩО-10
17	W7-1	ВВГ	5x25	75	від ЩРО-2 до ЩО-3
18	W7-2	ВВГ	5x35	80	від ЩРО-2 до ЩО-7
19	W7-3	ВВГ	5x25	85	від ЩРО-2 до ЩО-11
20	W7-4	ВВГ	5x35	145	від ЩРО-2 до ЩО-4
21	W7-5	ВВГ	5x35	150	від ЩРО-2 до ЩО-8
22	W7-6	ВВГ	5x2,5	155	від ЩРО-2 до ЩО-12
23	W8-1	ВВГнг	3x1,5	35	від ЩО-2
24	W8-2	ВВГнг	3x1,5	2	до світильника 1
25	W8-3	ВВГнг	3x1,5	4	до світильника 2

МР.3.8.141.204 ГЧ				Лист 4 з 4		
Лист	№ докум.	Уклад.	Дата	Принципова схема освітлювальної мережі		
Розроб.	Миронець В.М.			Лист	Маса	Милитив
Перевір.	Васильова Л.О.			Лист 4 з 4		
Т. номер.				Сума:		
Резиона.				кабелів електромережки		
Н. контр.	Покшарчук І.А.			Формат		
Утверд.	Білобова І.І.			Копіював		