

# НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

# НУБІП України

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завдувач кафедри  
електропостачання ім. проф. Е. М. Синькова

Професор, д.т.н. \_\_\_\_\_ **В.В. Козирський**  
(підпис)

\_\_\_\_\_ 2021 р.

# НУБІП України

## ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: “Система електропостачання заводу «Елеватормаш»,  
м. Черкаси з мережевим резервуванням живлення”

# НУБІП України

Спеціальність – Т4Г «Енергетика, електротехніка і електромеханіка»

02.03 - ДП. 2291 "С" 2019.11.19 003 ПЗ

# НУБІП України

Керівник дипломного проекту бакалавра

Професор, д.т.н.  
(науковий ступінь, та вчене звання)

(підпис)

Козирський В.В.  
(ПБ)

# НУБІП України

Виконав

(підпис)

Жулаквський О.С.  
(ПБ студента)

# НУБІП України

КИЇВ – 2021

# НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
електропостачання та проф. В.М.Сніськова  
Професор, д.т.н. В.В. Козирський  
2021 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи магістра-студенту  
Кулаковському Олексію Сергійовичу

Спеціальність (напрямок підготовки) 141 «Енергетика, електротехніка і електромеханіка»

Тема дипломного проекту бакалавра: "Система електропостачання заводу «Елеватормаш», м. Черкаси з мережовим резервуванням живлення"

затверджена наказом ректора НУБІП України від "19" (12019р. № 2291 С

Термін подання завершеного проекту на кафедру "30" травня 2020 р.

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра: Перелік споживачів, план приміщення, вимоги до проекту.

Перелік питань, які потрібно розробити: Характеристика підприємства, Розрахунок електричних навантажень споживачів, Вибір обладнання енерго розподілу, Пристрій АВР в виконистаннєм EASY-E4, Експномічне обгрунтування, Охорона праці та життєдіяльності

Перелік графічних документів: Аркуш 1. Силове електрообладнання цеху, Аркуш 2. Освітлювальне обладнання цеху, Аркуш 3. Схема АВР, Аркуш 4. Однолиній на схема електропостачання, Аркуш 5. Логіка роботи АВР

Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

Керівник дипломного проекту бакалавра

Професор, д.т.н.

(підпис) (підпис)

Козирський В.В.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

Кулаковський О.С.

(підпис)

АНСТАЦІЯ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальна характеристика підприємства.

1.2 Характеристика електричної системи підприємства.

1.3 Схема електропостачання підприємства.

1.4 Вимоги до електропостачання об'єкта проектування

РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вихідні дані до проектування системи електропостачання.

2.2 Розрахунок електричних навантажень силових мереж

2.3. Розрахунок електричних навантажень освітлювальних мереж.

2.4. Розрахунок струмів короткого замикання

2.5. Вибір обладнання системи електропостачання.

2.6. Компенсація реактивної потужності.

2.7/ Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ).

РОЗДІЛ 3. ДЕТАЛЬНА РОЗРОБКА

СИСТЕМА МЕРЕЖЕВОГО РЕЗЕРВУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

З ВИКОРИСТАННЯМ EASY-E4

3.1. Схеми резервування електропостачання струмоприймачів на напрузі 0,4 кВ.

3.2. Джерела електроживлення в схемах резервування електропостачання струмоприймачів на напрузі 0,4 кВ.

3.3. Сімейство EASY.

3.4. Технічний опис EASY-E4.

3.5 Програмування контролерів.

3.6. Пристрій АВР на базі EASY-E4.

02.03 - ДП 2291 "С" 2019 11.19 003 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Питис	Дата	Лист	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кудаківський О.С.					
Перевір.		Козирський В.В.				3	74
Реценз.					Система електропостачання заводу «Елеватормаш», м. Черкаси з мережевим резервуванням живлення ЕЕЕ-20004м		
Н. Коитр.		Гай О.В.					
Затверд.		Кашун В.В.					

Перелік основних нормативних документів

5.1. Розробка комплексу заходів щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих чинників

5.1.1. Організаційні і технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих чинників

5.1.2. Вибір індивідуальних засобів захисту

5.2. Розрахунок заземлювального пристрою повторного заземлення захисного проводу на ввіді до виробничого об'єкту

5.3. Розрахунок блискавкозахисту виробничого об'єкту

5.4. Заходи з пожежної безпеки

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

## АНОТАЦІЯ

У дипломному проєкті розраховано та вибрано модель електропостачання виробничого цеху та обладнання його системою автоматичного увімкнення резерву. В пояснювальній записці наведений розрахунок навантажень силових і освітлювальних мереж; розраховано струми коротких замикань на стороні 0,4 кВ трансформатора; вибір трансформаторів; вибір засобів компенсації реактивної потужності та засобів безперебійного живлення споживачів особливої групи I категорії. Наведено рекомендації що до впровадження АСКОВЕ. Розроблено програмне забезпечення для виконання системи АВР на базі програмованого реле easyE4. Проведений вибір електрообладнання, проводів і кабелів ліній живлення струмоприймачів; розраховані системи заземлення та блискавкозахисту цеху.

## ВСТУП

Системи електропостачання є одним з найважливіших складових частин життєзабезпечення виробництва. На даний момент ці системи перетворились в окрему галузь електроенергетики і питання ефективного функціонування систем електропостачання мають важливе значення в структурі споживання та розподілі електроенергії.

Системою електропостачання називають об'єднання електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електроенергією. Ця система є складовою електроенергетичної системи, яка забезпечує єдиний процес виробництва, передачі, перетворення та споживання електроенергії.

Цілісність, і в той же час роздробненість, системи електропостачання обумовлена характером виробництва та його технічними процесами. У будь-якій системі електропостачання споживачем електричної енергії є струмоприймачі (апарати, агрегати, механізми, тощо) або група струмоприймачів, об'єднаних технологічним процесом і розміщених на виділеній території. Такі струмоприймачі розділяють на три категорії [11].

Розподільчі мережі систем електропостачання за структурою побудови можуть бути радіальними, магістральними та комбінованими. Магістральні схеми, на практиці, є відносно дешевими, але мало надійними, а радіальні схеми, в свою чергу, мають набагато більшу надійність, але коштують дорожче. Саме по цій причині системи електропостачання, зазвичай, в своїй структурі мають як магістральні, так і радіальні елементи, тобто є змішаними, а складність схеми визначається як категорією струмоприймачів, так і сумарними електричними навантаженнями даної мережі.

Особливістю систем електропостачання промислових підприємств є компактність розміщення струмоприймачів, значна потужність окремих із них і, в зв'язку з цим, підвід напруги 110-220 кВ; велика кількість струмоприймачів I-ї категорії, використання потужних трансформаторів,

кабельних ліній великих перерізів та різноманітних струмопроводів.

Дипломний проект присвячений проектуванню системи електропостачання виробничого підприємства з мережним резервуванням на стороні 0,4 кВ. На сьогодні питання підвищення надійності електропостачання на підприємствах з безперервним технологічним процесом є одним з найважливіших напрямків розвитку сучасної енергетики, оскільки навіть короточасні порушення в системі і зовнішнього електропостачання можуть призвести до розладу складного технологічного процесу і матеріальних збитків. Одним із способів підвищення надійності живлення таких підприємств є застосування пристроїв автоматичного введення резерву (АВР). Оскільки наявність синхронних і асинхронних двигунів в системі електропостачання висуває низку особливих вимог до пристроїв АВР, то виникає необхідність розробки нових алгоритмів роботи таких пристроїв, що забезпечують стійку роботу вузлів з двигунним навантаженням. Застосування мікропроцесорної елементної бази дозволяє створювати різні алгоритми роботи пристроїв ШАВР практично будь-якої складності і функціональності.

## РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

# НУБІП України

### 1.1 Загальна характеристика підприємства.

Машинобудівне підприємство "ЧеркасиЕлеваторМаш" виробляє зернопереробне і екструзійне обладнання та співпрацює з підприємствами

30 країн світу. Екструзійне обладнання використовується в сільськогосподарській галузі - для виробництва високоякісних комбикормів, а також у харчовій, енергетичній та інших галузях промисловості.

Завод виготовляє елеваторне обладнання різного типу: норії, гвинтові елеватори, стрічкові елеватори, котушкові елеватори, ланцюгові елеватори, зернометалелі.

Екструдери, елеватори, конвеєри, норії, олійні преси та інше зернопереробне обладнання - спеціалізація підприємства протягом більше 40 років.

ЧеркасиЕлеваторМаш виробляє, реалізує і обслуговує екструзійне обладнання, елеваторне обладнання, конвеєрне, зернотранспортне, сушильне, самопливне і аспіраційне обладнання.

Екструзійні системи дозволяють виробляти корми для сільськогосподарських і домашніх тварин, корми для риби, кішок і собак; віджимати рослинне масло і виробляти різні види твердого біопалива.

Підприємством освоєно випуск широкого модельного ряду екструдерів BRONTO. Це екструдери моделі E-150, E-250, E-500, E-500W, E-1000 і E-1500, що широко застосовуються в комбикормовій і харчовій промисловості. Також пропонуються екструзійні лінії для виробництва комбикормів 250, 500 і 1000 кг / год, екструзійні лінії переробки сої продуктивністю від 1000 кг / год. Спеціальна пропозиція - завод з виробництва комбикорму продуктивністю 1 т / год.

Інші сфери застосування екструдерів - це енергетика (виробництво паливних брикетів, особливо актуальне в умовах зростаючих цін на газ,

# НУБІП України



нафту і вугілля), будівництво і металургія і багато інших. Як правило, екструзійна обробка дозволяє істотно збільшити ціну продукту в порівнянні з цінною сировиною.

Компанія ділиться знаннями в сфері передових екструзійних технологій з усім світом. Дилери є в таких країнах світу: Аргентині, Єгипті, Індії, Сербії, Південній Африці, Румунії, Таїланді, Угорщині, Польщі, Греції, Бразилії, Молдові, Італії, Словаччині, Білорусії, Великобританії, Іспанії, Узбекистані, Німеччині, Ірландії та Ірані.

### 1.2 Характеристика електричної системи підприємства.

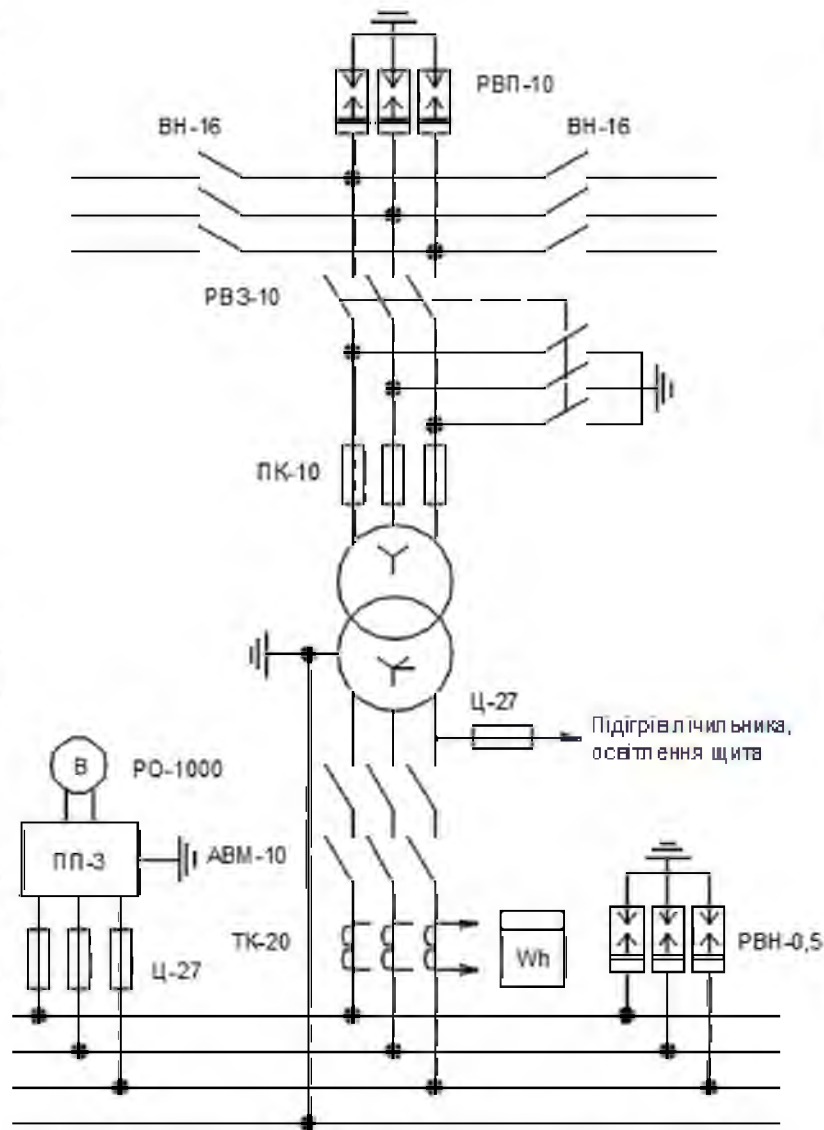
Підприємство живиться від мережі 10 кВ, переріз кабелю електроживлення складає 35 мм<sup>2</sup> (ААБл 3х35). У своїй основі підприємство має трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ потужністю 630 кВА, яка живиться від двох незалежних ліній 10 кВ. Від підстанції живляться основний виробничий цех, офісні приміщення підприємства.

Трансформаторна підстанція знаходиться в окремому приміщенні прибудованому до цеху. Від розподільчого пункту (РП) ТП кабельна лінія до ввідного розподільчого пункту (ВРП) цеху виконана кабелем АВВГ-4х70мм<sup>2</sup>. Живлення споживачів цеху відбувається від ВРП.

Підстанція має досить застаріле обладнання розраховане на навантаження до переобладнання виробничого цеху, також не забезпечується необхідний рівень надійності електропостачання якщо враховувати вимоги після переобладнання.

### 1.3 Схема електропостачання підприємства.

Існуюча схема електропостачання по мережі 10/0,4 кВ наведена на рисунку 1.



### До споживачів електричної енергії

Рис. 1.1. Існуюча схема електропостачання підприємства.

Струмоприймачами на об'єкті проектування є: освітлення, технологічне обладнання, обладнання систем вентиляції та кондиціонування, офісні приміщення та інше.

### 1.4 Вимоги до електропостачання об'єкта проектування.

Різноманіття споживачів електроенергії Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) умовно підрозділяють на три основні категорії по бездеребійності живлення:

«I – електроприймачі, порушення електропостачання яких спричиняє небезпеку для життя людей, значний збиток народному господарству, ушкодження устаткування, масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу, порушення особливо важливих елементів народного господарства;

II – електроприймачі, перерва в електропостачанні яких зв'язана з масовою недовідпущкою продукції, простоем робітників, механізмів і промислового транспорту, порушенням нормальної діяльності значної кількості міських жителів;

III – всі інші електроприймачі, які не підходять під визначення I і II категорій, що допускають перерви в електропостачанні без істотного збитку для споживачів протягом часу, необхідного для ремонту чи заміни електроустаткування, що вийшло з ладу.» [8]

Електроприймачі I категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення (наприклад, від різних секцій збірних шин підстанції, що нормально працюють роздільно).

Перерва в живленні може бути припущена лише на час автоматичного введення резервного живлення (кілька секунд), або повинно бути не менш двох агрегатів однакового призначення, що одержують живлення від незалежних джерел. Незалежними джерелами є

- а) дві електростанції;
- б) дві підстанції енергосистеми;
- в) дві секції збірних шин електростанції або підстанції енергосистеми за умови, що кожна із секцій у свою чергу одержує живлення від незалежного джерела і секції не зв'язані між собою чи мають зв'язок, що

відключається автоматично при порушенні нормальної роботи однієї секції

«Для живлення електроприймачів особливої групи крім двох основних джерел живлення електроприймачів I категорії повинно передбачатися третє незалежне джерело, достатнє для безаварійної зупинки виробництва. В якості таких джерел можуть бути використані дизельні електростанції, акумуляторні батареї, тощо, які включаються автоматично при зникненні напруги на обох основних джерелах живлення.

При виході з роботи одного з двох основних джерел живлення незалежне джерело живлення переводиться в режим гарячого резерву. Потужність третього незалежного джерела повинна бути мінімальною, що забезпечує живлення тільки електроприймачів особливої групи, необхідної для безаварійної зупинки виробництва.» [8]

Для електроприймачів II категорії припустима перерва електропостачання на час, необхідний для включення резервного живлення черговим персоналом чи виізною оперативною бригадою.

Припускається живлення приймачів II категорії одним трансформатором. Для запобігання перервам технологічного процесу та простоям електрообладнання на підприємстві передбачається система автоматичного включення резерву (АВР), яка забезпечує переключення живлення на резервний ввід.

Силові мережі передбачається виконати кабелями з мідними жилами розрахункового перерізу. Всі кабельні лінії повинні мати захист від струмів короткого замикання та перевантаження за допомогою автоматичних вимикачів.

Проектом передбачається система заземлення та система вирівнювання потенціалів відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016 і ПУЕ[11].

Тип заземлення системи - TN-C-S.

## РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вихідні дані до проектування системи електропостачання.

Перелік споживачів, які живляться від ВРП наведений в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Перелік споживачів.

№ п/п	Назва споживача	Номинальна потужність, кВт	Кількість споживачів, шт.
1	Металорізальні верстати дрібносерійного виробництва (380В)	9,8	4
2	Металорізальні верстати багатосерійного виробництва (380В)	15,2	2
3	Пресс штампувальний (380В)	14	4
4	Електропривід молоту (380В)	3,1	2
5	Волочильний станок (380В)	8,6	2
6	Щит кондиціонування (380В)	-	1
6.1	Руфтоп (380В)	175	2
6.2	Система управління (220В)	0,5	1
7	Щит аварійного освітлення (380В)	-	-
8	Щит серверної (380В)	-	1
8.1	Кондиціонер (220В)	2,0	1
8.2	Розеточна група (220В)	1,5	1
8.3	Серверна стійка (220В)	2,0	2
8.4	Термінал (220В)	0,2	4
8.5	Аварійне освітлення (220В)	0,01	1
8.6	Робоче освітлення (220В)	0,15	1
9	Щит аварійного освітлення офісу (380В)	1,1	1
10	Насосна станція (380В)	14,3	1
11	Транспортер (380В)	6,4	4
12	Тельфер (380В)	3,5	3
13	Зварювальні трансформатори (380В)	4,6	4
14	Стикові зварювальні машини (380В)	6,3	4
15	Піч опору (380В)	25,6	2
16	Сушильна шафа (380В)	14,7	2
17	Верстат шліфувальний (380В)	3,5	4
18	Верстат свердлильний (380В)	2,2	4
19	Верстат розточний (380В)	3,2	6
20	Верстат фрезерний (380В)	5,8	6
21	Верстат гвинторізальний (380В)	4,5	6
22	Верстат токарний (380В)	5,6	6
23	Верстат точильний (380В)	1,7	4
24	Вертикально-свердлильний верстат (380В)	1,5	6

Продовження таблиці 2.1

№ н/п	Назва споживача	Номінальна потужність, кВт	Кількість споживачів, шт.
25	Прес (380В)	7,5	2
26	Піч закалювання (380В)	8,5	3
27	Щит офісу (380В)	30	1
28	Щит освітлення (380В)	-	-
29	Круглошліфувальний верстат (380В)	7,6	2
30	Кран мостовий (380В)	125	1

## 2.2 Розрахунок електричних навантажень силових мереж.

Навантаження щита серверної, створюване однофазними споживачами на напрузі 220 В.

Розрахунок ведеться методом коефіцієнта використання [16].

На фазну напругу підключені:

- кондиціонер:  $K_B = 0,9$ ;  $\cos \varphi = 0,90$ ;  $tg \varphi = 0,48$ ;

$n = 1$ ;  $P_H = 2,0$  кВт;

розеточна група:  $K_B = 0,6$ ;  $\cos \varphi = 0,92$ ;  $tg \varphi = 0,43$ ;

$n = 1$ ;  $P_H = 1,5$  кВт;

- серверна стійка:  $K_B = 1$ ;  $\cos \varphi = 0,92$ ;  $tg \varphi = 0,43$ ;

$n = 2$ ;  $P_H = 2,0$  кВт;

- термінал:  $K_B = 1$ ;  $\cos \varphi = 0,92$ ;  $tg \varphi = 0,43$ ;  $n = 4$ ;

$P_H = 0,2$  кВт;

- аварійне освітлення:  $K_B = 1$ ;  $\cos \varphi = 0,95$ ;  $tg \varphi = 0,33$ ;

$n = 1$ ;  $P_H = 0,01$  кВт;

- робоче освітлення:  $K_B = 1$ ;  $\cos \varphi = 0,95$ ;  $tg \varphi = 0,33$ ;

$n = 1$ ;  $P_H = 0,15$  кВт;

Електричні навантаження однофазного струму мають бути рівномірно розподілені по фазах. Однофазні струмоприймачі, ввімкнені на фазну та лінійну напругу, мають бути розподілені по фазам з нерівномірністю не більше 15% по відношенню до загальної потужності трифазних та

однофазних струмоприймачів в групі. Якщо нерівномірність навантаження перевищує 15% то розрахункове навантаження приймається рівним потрєбній величині найбільш навантаженої фази [16].

Розподіл навантаження по фазам: фаза А - встановимо розеточну групу та кондиціонер; фазу В – 3 термінали та серверну стійку; фазу С – аварійне та робоче освітлення, термінал, другу серверну стійку, тоді розподіл навантаження по фазам буде мати вигляд:

$$X = \sum P_{Pi} \cdot K_B \cdot n \quad (2.1)$$

$$\text{Фаза А: } P_{P.A} = 2,0 \cdot 0,9 + 1,5 \cdot 0,6 = 2,7 \text{ кВт};$$

$$\text{Фаза В: } P_{P.B} = 2,0 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1 \cdot 2 = 2,4 \text{ кВт};$$

$$\text{Фаза С: } P_{P.C} = 2,0 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1 \cdot 2 + 0,01 \cdot 1 + 0,15 \cdot 1 = 2,56 \text{ кВт};$$

Визначаємо розрахункове реактивне навантаження мережі:

$$\text{Фаза А: } Q_{P.A} = P_{P.A} \cdot \text{tg}\varphi = 2,7 \cdot 0,46 = 1,24 \text{ кВАр};$$

$$\text{Фаза В: } Q_{P.B} = P_{P.B} \cdot \text{tg}\varphi = 2,4 \cdot 0,43 = 1,03 \text{ кВАр};$$

$$\text{Фаза С: } Q_{P.C} = P_{P.C} \cdot \text{tg}\varphi = 2,56 \cdot 0,41 = 1,05 \text{ кВАр};$$

Для подальшого розрахунку розраховуємо потрєбне навантаження найбільш завантаженої фази (А):

$$P_P = K_p \cdot 3 \cdot P_{P.A} \quad (2.2)$$

де,  $K_p$  – коефіцієнт активної потужності, прийmemo рівним 1.

$$P_P = 1 \cdot 3 \cdot 2,7 = 8,1 \text{ кВт}$$

Знаходимо розрахункове реактивне навантаження:

$$Q_P = 1,1 \cdot 3 \cdot Q_{P.A} \quad (2.3)$$

$$Q_P = 1,1 \cdot 3 \cdot 1,24 = 4,09 \text{ кВАр};$$

Знаходимо повну розрахункову потужність:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} \quad (2.4)$$

$$S_P = \sqrt{8,1^2 + 4,09^2} = 9,07 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.5)$$

$$I_p = \frac{9,07}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 13,09 \text{ А}$$

Для інших однофазних споживачів розрахунок ведеться аналогічним чином.

Розраховуємо навантаження створюване трифазними споживачами.

Розрахунок ведемо методом ефективного числа електроприймачів (методом упорядкованих діаграм) [16]. Розрахунок проведемо для свердильних верстатів, які живляться від ШС-18, який, в свою чергу, живиться окремою лінією від ВРП.

Свердильний верстат:  $K_B = 0,7; \cos\varphi = 0,85; \operatorname{tg}\varphi = 0,62;$

$$n = 3; P_H = 2,2 \text{ кВт};$$

Розраховуємо сумарну потужність струмоприймачів за формулою:

$$\sum P_H = \sum n_i \cdot P_{Hi} \quad (2.6)$$

де  $n_i$  – кількість струмоприймачів;

$P_{Hi}$  – номінальна потужність струмоприймачів.

$$\sum P_H = 3 \cdot 2,2 = 6,6 \text{ кВт};$$

Розраховуємо навантаження:

$$P_{СП} = K_B \cdot P_H \cdot n \quad (2.7)$$

$$Q_{СП} = P_{СП} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (2.8)$$

Для свердильного верстату:

$$P_{СП} = 0,7 \cdot 2,2 \cdot 3 = 4,62 \text{ кВт}$$

$$Q_{СП} = 4,62 \cdot 0,62 = 2,86 \text{ кВАр}$$

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_r = \frac{\sum P_{СП}}{\sum P_H} \quad (2.9)$$



НУБІП України

$$K_r = \frac{4,62}{6,6} = 0,7$$

Знаходимо ефективну кількість струмоприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum_1^n P_H)^2}{\sum_1^n n \cdot P_H^2} \quad (2.10)$$

НУБІП України

$$\sum_1^n n \cdot P_H^2 = 3 \cdot 2,2^2 = 14,52 \text{ кВт},$$

$$n_e = \frac{6,6^2}{14,52} = 3,0$$

Приймаємо менше ціле число  $n_e = 3$

НУБІП України

Коефіцієнт розрахункового навантаження ( $K_p$ ), в залежності від

$K_r = 0,7$  та  $n_e = 3$  складає  $K_p = 1,14$  [15].

Знаходимо активне розрахункове навантаження:

$$P_p = K_p \cdot P_{сп} \quad (2.11)$$

НУБІП України

$$P_p = 1,14 \cdot 4,62 = 5,27 \text{ кВт}$$

Знаходимо реактивне розрахункове навантаження:

$$Q_p = 1,1 \cdot K_r \cdot P_H \cdot \text{tg} \varphi \quad (2.12)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 0,7 \cdot 5,27 \cdot 0,62 = 2,51 \text{ кВАр};$$

НУБІП України

Знаходимо розрахункову повну потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{5,27^2 + 2,51^2} = 5,84 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5,84}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 8,43 \text{ А}$$

НУБІП України

Для інших споживачів розрахунок ведеться аналогічним чином.

Розрахунок електричних навантажень цеху ведеться аналогічно

розрахунку трифазних навантажень, струмоприймачі групуються за характером навантаження.

НУБІП України

Результати розрахунку електричних навантажень цеху наведені в таблиці А1 (додаток А).

План розміщення силового обладнання наведено на аркуші І графічної частини дипломного проекту.

### 2.3. Розрахунок електричних навантажень освітлювальних мереж.

Розраховуємо установку освітлення приміщення А

Розміри приміщення:  $A=54\text{м}$ ,  $B=24,4\text{м}$ ,  $H=5\text{м}$ . Освітлення виконується світлодіодними світильниками підвісного типу. Коефіцієнти відбиття мають такі значення:  $\rho_{\text{стелі}} = 0,5$ ;  $\rho_{\text{стін}} = 0,3$ ;  $\rho_{\text{р}} = 0,1$ .

Мінімальна освітленість  $E_{\text{min}} = 150\text{ Лк}$ . [6]

Для робочого освітлення приміщення приймаємо 21 світильники типу IndustryLED. В ціє кількість входять світильники робочого та аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення працюють постійно та мають окрему лінію живлення від незалежного джерела живлення.

Приймаємо питому потужність  $W = 0,68\text{ Вт/м}^2$ .

При  $S = A \cdot B = 54 \cdot 24,4 = 1317,6\text{ м}^2$  і кількості світильників  $N = 21$  потужність кожного світильника розраховуємо за формулою:

$$P = \frac{S \cdot W}{N} \quad (2.13)$$
$$P = \frac{1317,6 \cdot 0,68}{21} = 42,66\text{ Вт}$$

До встановлення приймаємо найближчий стандартний світильник потужністю 50 Вт

Визначимо розрахуноксве активне навантаження освітлювальної установки за формулою:

$$P_{\text{P,LED}} = k_{\text{в}} \cdot P_{\text{р}} \cdot n \quad (2.14)$$

де  $k_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання;

$n$  – кількість ламп;

$P_p$  – потужність освітлювальної установки.

Для робочого освітлення:

$$P_{P.LED(p)} = 1 \cdot 0,05 \cdot 14 = 0,7 \text{ кВт}$$

Для аварійного освітлення:

$$P_{P.LED(a)} = 1 \cdot 0,05 \cdot 7 = 0,35 \text{ кВт}$$

Розраховуємо реактивне навантаження

$$Q_{P.LED} = P_{P.LED} \cdot \tan \varphi_{LED} \quad (2.15)$$

Для робочого освітлення:

$$Q_{P.LED(p)} = 0,7 \cdot 0,33 = 0,23 \text{ кВАр}$$

Для аварійного освітлення:

$$Q_{P.LED(a)} = 0,35 \cdot 0,33 = 0,12 \text{ кВАр}$$

Визначаємо загальне активне навантаження освітлювальної мережі

всього цеху:

$$P_{осв(p)} = \sum P_{P.LED(p)} = 5,5 \text{ кВт}$$

$$P_{осв(a)} = \sum P_{P.LED(a)} = 3,0 \text{ кВт}$$

Визначаємо загальне реактивне навантаження освітлювальної мережі:

$$Q_{осв(p)} = \sum Q_{P.LED(p)} = 1,82 \text{ кВАр}$$

$$Q_{осв(a)} = \sum Q_{P.LED(a)} = 1,01 \text{ кВАр}$$

Повна розрахункова потужність освітлювальних установок:

$$S_{осв} = \sqrt{P_{осв}^2 + Q_{осв}^2} \quad (2.16)$$

$$S_{осв(p)} = \sqrt{5,5^2 + 1,82^2} = 5,79 \text{ кВА}$$

$$S_{осв(a)} = \sqrt{3,0^2 + 1,01^2} = 3,11 \text{ кВА}$$

План розміщення освітлювального обладнання наведено на аркуші 2

графічної частини дипломного проекту.

## 2.4 Розрахунок струмів короткого замикання.

У електричних установках можуть виникати різні види коротких замикань, що супроводжуються різким збільшенням струму. Тому електроустановки, що встановлюються в системах електропостачання, має бути стійким до струмів короткого замикання і вибиратися з урахуванням величин цих струмів.

«Розрізняють наступні види коротких замикань:

- трифазне, або симетричне - три фази з'єднуються між собою;
- двофазне - дві фази з'єднуються між собою без з'єднання із землею;
- однофазне - одна фаза з'єднується з нейтраллю джерела через землю;
- подвійне замикання на землю - дві фази з'єднуються між собою і із землею.» [14]

Головними причинами виникнення таких коротких замикань в мережі можуть бути: ушкодження ізоляції окремих частин електроустановки; неправильні дії обслуговуючого персоналу; перекриття струмоведущих частин установки.

«Коротке замикання в мережі може супроводжуватися: припиненням живлення споживачів, приєднаних до точок, в яких сталося коротке замикання; порушенням нормальної роботи інших споживачів, підключених до неушкоджених ділянок мережі, внаслідок пониження напруги на цих ділянках; порушенням нормального режиму роботи енергетичної системи.» [14]

«Для запобігання коротких замикань і зменшення їх наслідків необхідно: усунути причини, що викликають короткі замикання; зменшити час дії захисту, що діє при коротких замиканнях; застосувати швидкодіючі вимикачі; застосувати АРН для швидкого відновлення напруги генераторів; правильно вичислити величини струмів короткого замикання і по них вибрати необхідну апаратуру, захист і засоби для обмеження струмів короткого замикання.» [14]

Для умов дипломного проекту струми КЗ визначаються тільки для одного ступеня напруги 0,4 кВ (внутрішньощехове електропостачання). Розрахунок струмів КЗ в електричних мережах до 1 кВ здійснюється в іменованих одиницях. Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу дротів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів.

Для вибору апаратури і захисту, перевірки селективності їх дій визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, в цьому випадку перехідні Опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захисту знаходять мінімальний струм КЗ.

При розрахунках струмів КЗ в установках змінного струму напругою до 1 кВ допускається:

1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;

2) максимально спрощувати і використовувати еквівалент усієї зовнішньої мережу до місця КЗ, індивідуально враховувати тільки автономні джерела і ЕД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ;

3) не враховувати струми намагнічування трансформаторів;

4) не враховувати насичення магнітних систем електричних машин;

5) прийняти коефіцієнти трансформації трансформаторів, які дорівнюють співвідношенню середньої номінальної напруги (37; 20; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,4; 0,23 кВ) тих східців мережі, які зв'язують трансформатори;

6) не враховувати СД, АД або комплексне навантаження, якщо їх сумарний номінальний струм не перевищує 1,0 % від початкового діючого значення періодичною складеною струму трифазного КЗ без урахування підживлення від ЕД або комплексного навантаження. [14]

Розрахуємо струм трифазного КЗ в початковий момент часу і ударний струм в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1, К1-1, К2, К3 для схеми на рисунку 2.1.

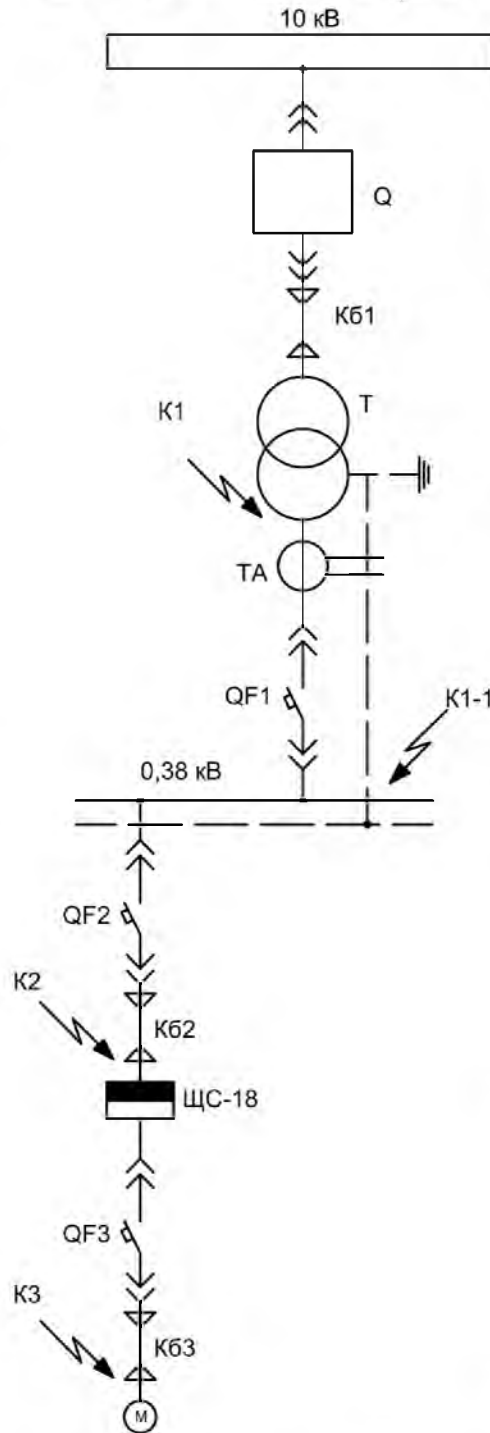


Рисунок. 2.1 - Схема для розрахунку струмів трифазного КЗ.

НУБІП України

Вхідні данні:

Система:  $I_{п(0)c} = 6 \text{ кА}$ ;  $U_{\text{ном.ВН}} = 10 \text{ кВ}$ .

Трансформатор типу ТМГ-1000/10/0,4:  $S_{\text{ном.Т}} = 1000 \text{ кВА}$ ;

$U_{\text{ном.ВН}} = 10 \text{ кВ}$ ;  $U_{\text{ном.НН}} = 0,4 \text{ кВ}$ .

Автоматичні вимикачі: QF1 - E2B 1600 3р  $I_{н.р.} = 1600 \text{ А}$ ; QF2 -

ЕПІАМТ6 3р  $I_{н.р.} = 16 \text{ А}$ ; QF3 - МРЕ25-4 3р  $I_{н.р.} = 4 \text{ А}$ .

Трансформатори струму: ТА1 з коефіцієнтом трансформації 2000/5.

Кабельні лінії:

Кб1: ВВГнг - 4х(4х240);  $L_{\text{кб1}} = 15 \text{ м}$ ;

Кб2: ВВГнг (5х6);  $L_{\text{кб2}} = 95 \text{ м}$ ;

Кб3: ВВГнг (5х2,5);  $L_{\text{кб3}} = 21 \text{ м}$ .

Базисна напруга ступеню в електричній мережі напругою до 1 кВ:

$$U_6 = 1,05 \cdot U_{\text{ном.ТТ}} = 1,05 \cdot 380 = 400 \text{ В}$$

Індуктивний опір системи, який приведений до ступеню НН, визначається за формулою:

$$X_c = \frac{U_{\text{ном.ср.НН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.ВН}} \cdot U_{\text{ном.ср.ВН}}} \quad (2.17)$$

де  $U_{\text{ном.ср.НН}}^2$  - середня номінальна напруга мережі, яка приєднана до обмотки НН трансформатора, В;

$U_{\text{ном.ср.ВН}}$  - середня номінальна напруга мережі, до якої приєднана обмотка ВН трансформатора, В;

$I_{\text{к.ВН}} = I_{п(0)c}$  - діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у виведень обмотки ВН трансформатора, кА.

Тоді:

$$X_c = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10000} = 1,5 \text{ МОм}$$

Для кабельної лінії 10 кВ перерізом 35 мм<sup>2</sup> питомі опори такі:

$$r_{\text{л}} = 0,54 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; \quad x_{\text{л}} = 0,095 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} \quad [15].$$

Активний і індуктивний опір кабельної лінії, які приведені до ступеня НН, визначаємо за формулами:

$$R_{кб1} = r_{п} \cdot L_{кб1} \cdot \frac{U_{ном.ср.НН}}{U_{ном.ср.ВН}} \quad (2.18)$$

$$X_{кб1} = x_{п} \cdot L_{кб1} \cdot \frac{U_{ном.ср.НН}}{U_{ном.ср.ВН}} \quad (2.19)$$

$$R_{кб1} = 0,54 \cdot 0,015 \cdot \frac{400}{10000} = 0,32 \text{ МОМ}$$

$$X_{кб1} = 0,095 \cdot 0,015 \cdot \frac{400}{10000} = 0,057 \text{ МОМ}$$

Активні і індуктивні опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_T = \frac{P_{к.ном} \cdot U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}^2} \cdot 10^6 \quad (2.20)$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left( \frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.Т}} \right)^2 \cdot \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}} \cdot 10^4} \quad (2.21)$$

де  $P_{к.ном}$  — номінальні втрати КЗ в трансформаторі, кВт;

$u_k$  — напруга КЗ;

$U_{ном.НН}$  — номінальна напруга обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{ном.Т}$  — номінальна потужність трансформатора, кВА.

Згідно параметрів вибраного трансформатор  $P_{к.ном} = 10,6$  кВт;

$u_k = 5,5\%$ .

Тоді:

$$R_T = \frac{10,6 \cdot 0,4^2}{1000^2} \cdot 10^6 = 1,7 \text{ МОМ}$$

$$x_T = \sqrt{5,5^2 - \left( \frac{100 \cdot 10,6}{1000} \right)^2 \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^4} = 8,64 \text{ МОМ}$$

Згідно параметрів автоматичного вимикача для QF1:  $R_{a.1} = 0,14$  МОМ;

$X_{a.1} = 0,08$  МОМ



$$R_{a.2} = 7 \text{ мОм}; X_{a.2} = 4,5 \text{ мОм}; R_{a.3} = 7 \text{ мОм}; X_{a.3} = 4,5 \text{ мОм}$$

Для ТТ (ТА1) з коефіцієнтом трансформації 2000/5, класу точності 1,  
 $R_{ТА1} = 0,05 \text{ мОм}; X_{ТА1} = 0,07 \text{ мОм}.$

Для кабельної лінії К62 (перерізом 6 мм<sup>2</sup>):  $r_{п.к62} = 3,06 \text{ Ом/км};$   
 $x_{п.к62} = 0,09 \text{ мОм}.$

Активний і індуктивний опір кабельної лінії К62 визначаються:

$$R_{к62} = L_{к62} \cdot r_{п.к62} = 0,095 \cdot 3,06 = 0,29 \text{ Ом}$$

$$X_{к62} = L_{к62} \cdot x_{п.к62} = 0,095 \cdot 0,09 = 0,0086 \text{ Ом}$$

Для кабельної лінії К63 (перерізом 2,5 мм<sup>2</sup>):  $r_{п.к63} = 7,55 \text{ Ом/км};$   
 $x_{п.к63} = 0,095 \text{ мОм}.$

$$R_{к63} = L_{к63} \cdot r_{п.к63} = 0,021 \cdot 7,55 = 0,16 \text{ Ом}$$

$$X_{к63} = L_{к63} \cdot x_{п.к63} = 0,021 \cdot 0,095 = 0,002 \text{ Ом}$$

Тепер визначимо діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ в початковий момент в різних точках схеми.

Визначення струму трифазного КЗ в точці К1. Сумарні опори відносно точки визначаються так:

$$R_{\Sigma к1} = R_{к61} + R_T = 0,32 + 1,7 = 2,02 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma к1} = X_c + X_{к61} + X_T = 1,5 + 0,057 + 8,64 = 10,2 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma к1} = \sqrt{R_{\Sigma к1}^2 + X_{\Sigma к1}^2} = \sqrt{2,02^2 + 10,2^2} = 10,4 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ в точці К1:

$$I_{к1(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,4} = 22,21 \text{ кА}$$

Сумарні опори відносно точки К1-1:

$$R_{\Sigma к1-1} = R_{\Sigma к1} + R_{a.1} + R_{ТА1} = 2,02 + 0,14 + 0,05 = 2,18 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma к1-1} = X_{\Sigma к1} + X_{a.1} + X_{ТА1} = 10,2 + 0,08 + 0,07 = 10,35 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma K1-1} = \sqrt{R_{\Sigma K1-1}^2 + X_{\Sigma K1-1}^2} = \sqrt{2,18^2 + 10,35^2} = 10,58 \text{ МОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ в точці К1-1:

$$I_{K1-1(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1-1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,58} = 21,83 \text{ кА}$$

Сумарні опори відносно точки К2:

$$R_{\Sigma K2} = R_{\Sigma K1-1} + R_{a.2} + R_{K62} = 2,18 + 7 + 290 = 299,18 \text{ МОм}$$

$$X_{\Sigma K2} = X_{\Sigma K1-1} + X_{a.2} + X_{K62} = 10,35 + 4,5 + 8,6 = 23,45 \text{ МОм}$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2} = \sqrt{299,18^2 + 23,45^2} = 300,1 \text{ МОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ в точці К2:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 300,1} = 0,77 \text{ кА}$$

Сумарні опори відносно точки К3:

$$R_{\Sigma K3} = R_{\Sigma K2} + R_{a.3} + R_{K63} = 299,18 + 7 + 160 = 466,18 \text{ МОм}$$

$$X_{\Sigma K3} = X_{\Sigma K2} + X_{a.3} + X_{K63} = 23,45 + 4,5 + 20 = 47,95 \text{ МОм}$$

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = \sqrt{466,18^2 + 47,95^2} = 468,46 \text{ МОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ в точці К3:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 468,46} = 0,49 \text{ кА}$$

Результати розрахунків струмів трифазного КЗ в початковий момент часу в електричній мережі напругою 1 кВ в точках К1, К1-1, К2 та К3 наведемо в таблиці 2.2.

НУБІП України

Таблиця 2.2

## Результати розрахунку струмів трифазного КЗ

Точка КЗ	Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ в початковий момент часу $I_{K(0)}$ , кА
K1	22,21
K1-Г	21,83
K2	0,77
K3	0,49

**Розрахунок струмів однофазного короткого замикання.**

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності відключення лінії у разі пробією ізоляції і появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес складає мінімально можлива величина струму однофазного КЗ, яка буде у кінці ділянки, яка захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацювання захисту (запобіжника, розчилювача автоматичного вимикача або вимикача або запобіжника в ланцюзі 6 (10) кВ, якщо захист в ланцюзі 0,38 кВ нечутлива). [14]

Якщо потужність живлячої енергосистеми значна, початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевих КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ рекомендується визначати за формулою: [14]

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T^{(1)}}{3}} \quad (2.22)$$

де  $U_\phi$  – фазна напруга мережі, В;

$Z_T^{(1)}$  – повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності і схеми з'єднання трансформаторів, набуває з табличних даних.

З табличних даних для трансформатора з номінальною потужністю 1000 кВА і схемою з'єднання обмоток трансформатора "трикутник - зірка з нейтраллю", повний опір струму однофазного КЗ рівний 26,4 мОм [15].

Тоді струм однофазного металевого КЗ в точці К1-1 буде рівний:

$$I_{K1-1}^{(1)} = \frac{220}{\frac{26,4}{3}} = 25 \text{ кА}$$

Повні питомі опори ланцюга «фаза-нуль» для чотирижильних кабелів з мідними жилами такі: [15]

$$\text{Для кабелю } 6 \text{ мм}^2: Z_{п.к62(1)} = 7,4 \frac{\text{мОм}}{\text{м}};$$

$$\text{Для кабелю } 2,5 \text{ мм}^2: Z_{п.к63(1)} = 17,76 \frac{\text{мОм}}{\text{м}}.$$

Повний опір петлі "фаза - нуль" до точки К2:

$$Z_{п.2} = Z_{п.к62(1)} \cdot L_{к62} = 7,4 \cdot 95 = 703 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ в точці К2:

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{п.2}} \quad (2.23)$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{26,4}{3} + 703} = 0,31 \text{ кА}$$

Повний опір петлі "фаза - нуль" до точки К3:

$$Z_{п.3} = Z_{п.к63(1)} \cdot L_{к63} + Z_{п.2} = 17,76 \cdot 21 + 703 = 1075,96 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ в точці К3:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{п.3}} \quad (2.24)$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{26,4}{3} + 1075,96} = 0,20 \text{ кА}$$

Результати розрахунку струму однофазного КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1-1, К2, К3 наводяться в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Результати розрахунку струмів однофазного КЗ

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
K1-1	25
K2	0,31
K3	0,20

Результати розрахунків струмів КЗ інших ліній наведені в таблиці А.3 додатку А.

### 2.5. Вибір обладнання системи електропостачання.

Для забезпечення електропостачання об'єкту використовуємо двотрансформаторну підстанцію з використанням системи АВР.

Трансформатори живляться від незалежних введів, обидва трансформатори в роботі.

Потужність трансформаторів визначаємо згідно розрахованої повної споживаної потужності навантаження:

$$S_{HT.P} = \frac{S_p}{K_3 \cdot n} \quad (2.25)$$

де  $S_{зп}$  – споживана потужність, згідно розрахунку, наведена в таблиці А1;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження трансформатора, при використанні двох трансформаторів 0,65 [8];

$n$  – кількість трансформаторів, приймаємо 2.

Тоді:

$$S_{HT.P} = \frac{1179,18}{0,65 \cdot 2} = 842,27 \text{ кВА}$$

Потужність трансформатора вибираємо з умови:

$$S_{HT} \geq S_{HT.P}$$

Вибираємо найближчий стандартний трансформатор за потужністю, на 1000 кВА, тоді умова буде мати вигляд:

$$1000 \text{ кВА} \geq 842,27 \text{ кВА}$$

Розраховуємо номінальний струм одного трансформатора:

$$I_{\text{HT}} = \frac{S_{\text{HT}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{HT}}} \quad (2.26)$$
$$I_{\text{HT}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443,38 \text{ А}$$

Коефіцієнт завантаження розраховуємо по формулі:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{HT}}} \quad (2.27)$$
$$K_3 = \frac{1179,18}{2 \cdot 1000} = 0,59$$

Попередньо вибираємо трансформатор ТМГ-1000/10/0,4 в кількості

2-х штук.

Виконуємо перевірку вибору трансформатора.

Розраховуємо споживану потужність за найбільш навантажену зміну:

$$S_{\text{СП}} = \sqrt{P_{\text{СП}}^2 + (Q_{\text{СП}} - Q_{\text{КУ}})^2} \quad (2.28)$$

$$S_{\text{СП}} = \sqrt{748,8^2 + (326,75 - 240)^2} = 758,66 \text{ кВА}$$

де  $Q_{\text{КУ}}$  – потужність конденсаторної установки, з врахування можливої комбінації задіяних ступенів компенсації, розрахована в п.2.5.

Перевіряємо трансформатор на перевантажувальну здатність в випадку аварійної роботи (живлення споживачів від одного трансформатора):

$$K_{\text{ПЕР}} = \frac{S_{\text{СП}}}{S_{\text{HT}} \cdot (n - 1)} \quad (2.29)$$

$$K_{\text{ПЕР}} = \frac{758,66}{1000 \cdot (2 - 1)} = 0,75$$

Умова виконується, трансформатор задовольняє вимоги вибору.

Остаточно приймаємо трансформатор ТМТ-1000/10/0,4:

$$S_{\text{н}} = 1000 \text{ кВА};$$

$$U_{\text{ВН}} = 10 \text{ кВ};$$

$$U_{\text{НН}} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_{\text{х.х.}} = 1,4 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{кз}} = 10,6 \text{ кВт};$$

$$U_{\text{к}} = 5,5\%;$$

$$I_{\text{х.х.}} = 1,2\%;$$

Вакуумний вимикач вибираємо за умовами:

1) за номіальною напругою:

$$U_{\text{н.ВВ}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{н.МЕРЕЖІ}} = 10 \text{ кВ}$$

2) за номіальним струмом:

$$I_{\text{н.ВВ}} \geq I_{\text{р.10кВ}}$$

Розраховуємо струм на стороні 10 кВ трансформатора за формулою:

$$I_{\text{р.10кВ}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}} \quad (2.30)$$

де  $U_{\text{ВН}}$  – номіальна напруга на високій стороні трансформатора.

$$I_{\text{р.10кВ}} = \frac{809,32}{\sqrt{3} \cdot 10} = 46,73 \text{ А}$$

Тоді:

$$630 \text{ А} \geq 46,73 \text{ А}$$

Вибираємо вакуумний вимикач ВВ/TEL 12,5/630, на напругу 10 кВ, номіальним струмом 630 А, струм відімкнення до 12,5 кА, термічна стійкість 12,5 кА, динамічна стійкість 32 кА [24]

**Рубильники** в даній схемі живлення служать лише для видимого розриву кола, навантаження відключається виключно ввідним

автоматичним вимикач ВРП, тому рубильники вибираємо за умовами:

1) за номінальною напругою:  
$$U_H \geq U_{H, \text{МЕРЕЖИ}}$$

2) за номінальним струмом:

$$I_H \geq I_p$$

Виберемо рубильник для лінії живлення від РП ТП 10/0,4 кВ до ВРП:

1)  $U_H = 680 \text{ В} \geq U_{H, \text{МЕРЕЖИ}} = 400 \text{ В}$

2)  $I_H = 1600 \text{ А} \geq I_p = 1443,38 \text{ А}$

Вибираємо рубильник типу РПС-16, з номінальним струмом 1600А.

[25]

**Автоматичні вимикачі введення:**  
Оскільки номінальний струм трансформатора складає 1443,38 А попередньо обираємо автоматичний вимикач Е2В-1600.

1) номінальна напруга:

$$U_{a, \text{ном}} \geq U_{\text{роб. max}}$$

$$U_{a, \text{ном}} = 600 \text{ В} \geq U_{\text{роб. max}} = 400 \text{ В}$$

2) номінальний струм автомата:

$$I_{a, \text{ном}} \geq I_p;$$

$$I_{a, \text{ном}} = 1600 \text{ А} \geq I_p = 1443,38 \text{ А}$$

3) номінальний струм розчіплювача:

$$I_{p, \text{ном}} \geq I_p$$

$$I_{p, \text{ном}} = 1600 \text{ А} \geq I_p = 1443,38 \text{ А}$$

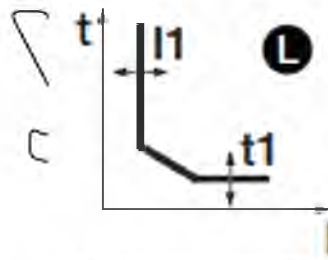
4) номінальний струм спрацювання теплового розчіплювача:

$$I_{p, \text{сп. max}} \geq I_{p, \text{тр}}$$

НУБІП України

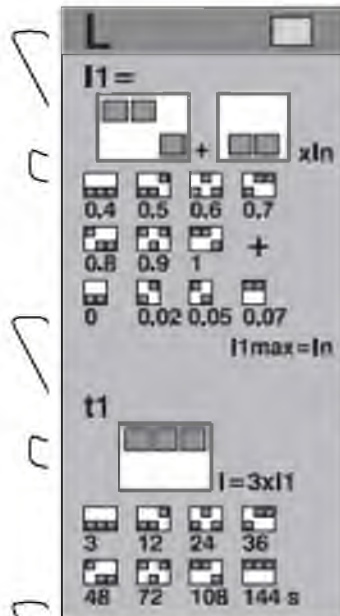


НУБІП



аїни

НУБІП



аїни

НУБІП

аїни

НУБІП

України

Рис. 2.2. Панель EkipDip для налаштування струм перевантаження.

За допомогою EkipDip можна налаштувати кратність струму від номінального для спрацювання теплового розчіплювача. Наприклад при номінальному струмі автоматичного вимикача 1600А та встановлення значення 0,92 на панелі EkipDip струм для визначення перевантаження буде 1472А. Від цього струму захист буде активуватись при досягненні значень  $(1,05 \dots 1,2) \cdot 1472\text{А}$ .

$$I_{p.sp.max} = I_{p.ном} \cdot 1,2 = 1600 \cdot 1,2 = 1920 \text{ А}$$

$$I_{p.тр} = 1,1 \cdot I_p = 1,1 \cdot 1443,38 = 1587,72 \text{ А}$$

$$1920 \text{ А} \geq 1587,72 \text{ А}$$

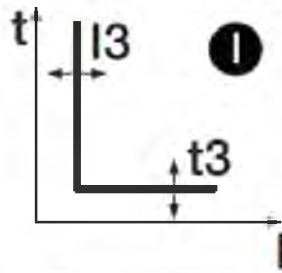
5) за умовою відстроювання від пікових струмів.

$$I_{св.max} \geq I_{p.max}$$

НУБІП

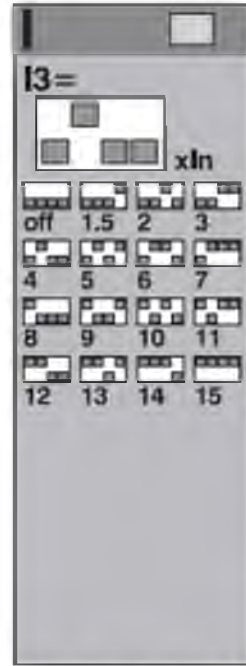
України

НУБІП



заїни

НУБІП



заїни

НУБІП

заїни

НУБІП

заїни

Рис. 2.3. Панель EkipDip для налаштування струму відсічки.

Для автоматичних вимикачів серії E2 струм відсічки регулюється за

допомогою EkipDip, та може приймати значення від 1,5 до 15.

$$I_{св.маж} = 1500 \cdot (1,5 \dots 15) = 1600 \cdot 15 = 24000 \text{ А}$$

$$I_{р.маж} = (6 \dots 10) \cdot I_p = 1443,8 \cdot 10 = 14438 \text{ А}$$

$$24000 \text{ А} \geq 14438 \text{ А}$$

6) за номінальним струмом відключення:

$$I_{cs} \geq I_{k1-t(t)}$$

$$42 \text{ кА} \geq 21,33 \text{ кА}$$

7) за умовою чутливості:

Для чутливості захисту (надійного її спрацювання) мінімальний

струм КЗ (струм однофазного КЗ) повинен перевищувати уставки розчіпювачів

НУБІП

україни

україни

Для струмової відсічки:

$$I_{K1-1}^{(1)} \geq I_{св.мін}$$
$$I_{св.мін} = 1,5 \cdot 1600 = 2,4 \text{ кА}$$
$$25 \text{ кА} \geq 2,4 \text{ кА}$$

Для електромагнітного розчіплювача.

$$I_{K1-1}^{(1)} \geq I_{р.ном}$$
$$25 \text{ кА} \geq 1600 \text{ А}$$

Остаточно обираємо автоматичний вимикач E2B-A 1600 PR121/P-LI

$I_n = 1600 \text{ А}$  Зр в кількості 2 шт. [22]

**Секційний вимикач вибираємо за умовами:**

Секційний вимикач призначений для електричного з'єднання двох

окремих секцій в випадку відключення одного з автоматичних вимикачів,

тому його струм розраховуємо від струму найбільш навантаженої секції.

Оскільки номінальний струм по другій секції складає 592 А, попередньо обираємо автоматичний вимикач Т6N-800.

1) номінальна напруга:

$$U_{a.ном} \geq U_{роб.мах};$$

$$U_{a.ном} = 600 \text{ В} \geq U_{роб.мах} = 400 \text{ В}$$

2) номінальний струм автоматичного вимикача:

$$I_{a.ном} \geq I_p;$$

$$I_{a.ном} = 800 \text{ А} \geq I_p = 592 \text{ А}$$

3) номінальний струм розчіплювача:

$$I_{р.ном} \geq I_p$$

$$I_{р.ном} = 800 \text{ А} \geq I_p = 592 \text{ А}$$

4) номінальний струм спрацювання теплового розчіплювача:

$$I_{р.сп.мах} \geq I_{р.тр}$$

Автоматичні вимикачі Т6 мають аналогічні налаштування уставки теплового розчіплювача як в Е2, межі налаштування  $(0,4 \dots 1) \cdot I_{ном}$  з кроком 0,2. Спрацювання в діапазоні  $1,1 \dots 1,3$ .

$$I_{р.сп.мах} = I_{р.ном} \cdot 1,3 = 800 \cdot 1,3 = 1040 \text{ А}$$

$$I_{р.тр} = 1,1 \cdot I_p = 1,1 \cdot 592 = 651,2 \text{ А}$$

$$1040 \text{ А} \geq 651,2 \text{ А}$$

5) за умовою відстроювання від пікових струмів:

$$I_{св.мах} \geq I_{р.мах}$$

Для автоматичних вимикачів серії Т6 струм відсічки регулюється за допомогою  $E_{кр}D_{tr}$  та може приймати значення від 1,5 до 15.

$$I_{св.мах} = 800 \cdot (1,5 \dots 15) = 800 \cdot 15 = 12000 \text{ А}$$

$$I_{р.мах} = (6 \dots 10) \cdot I_p = 592 \cdot 10 = 5920 \text{ А}$$

$$12000 \text{ А} \geq 5920 \text{ А}$$

8) за номінальним струмом відключення:

$$I_{cs} \geq I_{к1-1(0)}$$

$$36 \text{ кА} \geq 21,83 \text{ кА}$$

9) за умовою чутливості:

Для струмової відсічки:

$$I_{к1-1}^{(1)} \geq I_{св.мін}$$

$$I_{св.мін} = 1,5 \cdot 800 = 1,2 \text{ кА}$$

$$25 \text{ кА} \geq 1,2 \text{ кА}$$

Для електромагнітного розчіплювача.

$$I_{к1-1}^{(1)} \geq I_{р.ном}$$

$$25 \text{ кА} \geq 800 \text{ А}$$

Остаточо обираємо автоматичний вимикач Т6N 800 PR222DS/P

$I_n=800 \text{ А } 3р. [22]$

Виберемо автоматичний вимикач лінії живлення ЩС-18:

1) За номінальною напругою:

$$U_{a,ном} = 400 \text{ В} \geq U_{роб.мах} = 400 \text{ В}$$

2) За номінальним струмом:

$$I_{a,ном} = 16 \text{ А} \geq I_p = 8,43 \text{ А}$$

3) За струмом теплового розчіплювача:

$$I_{тепл.розч} = 16 \text{ А} \geq 1,25 \cdot I_p = 1,25 \cdot 8,43 = 10,54 \text{ А}$$

4) За струмом електромагнітного розчіплювача:

$$I_{ел.маг.розч.} \geq 1,25 \cdot I_{мах}$$

$$I_{ел.маг.розч.} = (10 \dots 20) \cdot I_{a,ном} = 320 \text{ А}$$

$$I_{мах} = K_o \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{пуск} = 0,7 \cdot 11,22 + 3,74 \cdot 6 = 23,56 \text{ А}$$

де  $K_o$  – коефіцієнт одночасності

$\sum I_{p(n-1)}$  – сума тривалих робочих струмів інших споживачів, без врахування електродвигуна з найбільшим пусковим струмом

$I_{пуск}$  – струм двигуна з найбільшим пуском струмом.

$k_{п}$  – кратність пускового струму двигуна.

$$320 \text{ А} \geq 1,25 \cdot 23,56 = 29,45 \text{ А}$$

5) За відключаючою здатністю:

$$I_{відкл} \geq I_{к2(0)}$$
$$6 \text{ кА} \geq 0,77 \text{ кА}$$

6) За умовою чутливості захисту:

$$I_{к2}^{(1)} \geq I_{ел.маг.розч. min}$$
$$0,31 \text{ кА} \geq 0,16 \text{ кА}$$

До встановлення приймаємо автоматичний вимикач типу ЕТІМАТ6

D16 3P 16A тип D 6 кА. [23]

Для інших ліній та споживачів автоматичні вимикачі вибираємо аналогічно.

Результати вибору автоматичних вимикачів наведені в таблиці А2 додатку А.

Виберемо кабель для лінії живлення МС-18 від ВРП:

Умова вибору кабелю наступна:

$$I_{\text{доп.пров}} \geq 1,25 \cdot I_p$$

де  $I_p$  – розрахунковий струм в лінії.

$$49 \text{ А} \geq 1,25 \cdot 8,43 = 10,54 \text{ А}$$

Попередньо вибираємо провід ВВГнг-4х6.

Попередньо вибраний провід перевіряємо на відповідність його

перерізу апарату захисту за умовою:

$$I_{\text{доп.пров}} \geq K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}}$$

де  $K_{\text{зах}}$  – кратність допустимого тривалого струму провідника по відношенню до номінального струму або струму спрацювання захисного апарату. (для автоматичних вимикачів з тепловим розчіплювачем рівний 1, а для автоматичних вимикачів лише з електромагнітним розчіплювачем рівний 0,22; [14])

$I_{\text{зах}}$  – сила номінального струму або струму спрацювання захисного апарату.

Тоді:

$$49 \text{ А} \geq 1 \cdot 16 = 16 \text{ А}$$

Провід перевіряємо на втрату напруги за умовою:

$$U_{\text{доп}\%} \geq \Delta U(\%)$$

де  $U_{\text{доп}\%}$  – допустимі втрати напруги в мережах, приймаємо рівним 5%.

$$\Delta U(\%) = \frac{P_p \cdot r_0 \cdot l + Q_p \cdot x_0}{U_n^2} \cdot 100 \quad (2.31)$$

де,  $P$  – максимальна активна потужність, Вт;

$Q$  – максимальна реактивна потужність, ВАр;

$r_0$  – питомий активний опір провідника, Ом/км;

$x_0$  – питомий індуктивний опір провідника, Ом/км;

$l$  – довжина кабельної лінії, м;

$U_n$  – лінійна напруга, В.

Так, для ЩС-18:

$$\Delta U (\%) = \frac{5270 \cdot 3,06 \cdot 95 + 2510 \cdot 0,32 \cdot 0,095}{400^2} \cdot 100 = 0,97\%$$

Тоді:

$$5\% \geq 0,97\%$$

До встановлення приймаємо кабель ВВГнг 4х6мм<sup>2</sup> з допустимим довготривалим струмом 49 А. [26]

Для інших споживачів проводи вибираємо аналогічно.

Результати вибору проводу та кабелю наведені в таблиці А2 додатку

А.

Шинний міст від ввідних вимикачів для підключення автоматичних вимикачів споживачів в секціях вибираємо за сумарним струмом навантажень двох секцій:

$$I_{\text{шм.доп}} \geq I_p$$

Для мідної шини перерізом 60х10 мм умова матиме вигляд:

$$1475 \text{ А} \geq 1168,15 \text{ А}$$

Отже, шинний міст для підключення живлення до ввідних вимикачів та для розподілу живлення від ввідних вимикачів приймаємо перерізом 60х10 мм мідної шини.

Шинне з'єднання секційного вимикача з шишами секцій розраховуємо по струму найбільш навантаженої секції:

$$I_{\text{шм.секц.доп}} \geq I_{p,\text{с.тах}}$$

Для мідної шини перерізом 40х5 мм умова матиме вигляд:

$$700 \text{ А} \geq 592,2 \text{ А}$$

Отже, шинне з'єднання секційного вимикача з шишами секцій

виконуємо мідною шиною перерізом 40x5 мм.

Джерелами гарантованого електропостачання споживачів I категорії особливої групи будуть виступати джерела безперебійного живлення (ДБЖ, UPS). До особливої групи споживачів належить аварійне освітлення та схема керування АВР.

Активна потужність особливої групи споживачів складається з аварійного освітлення цеху (3,0 кВт), аварійного освітлення офісу (0,77 кВт) і схеми керування АВР (0,2 кВт).

Потужність ДБЖ вибираємо виходячи з умови:

$$P_{UPS} \geq K_3 \cdot P_H \quad (2.32)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу, приймаємо рівним 1,2;

$P_H$  – активна потужність навантаження на ДБЖ.

Тоді:

$$K_3 \cdot P_H = 1,2 \cdot 3,97 = 4,76 \text{ кВт}$$

До встановлення приймаємо найближче стандартне ДБЖ типу DPA UPScale RI 11, одномодульного виконання, з потужністю 10 кВт. [27]

$$10 \text{ кВт} \geq 4,76 \text{ кВт}$$

Умова вибору виконується.

## 2.6. Компенсація реактивної потужності.

Повна потужність складається з двох «частин» – активної, яка, безпосередньо, виконує роботу, та реактивної, необхідної для активації магнітних полів електричних машин. Майже всі споживачі мають коефіцієнт потужності менший одиниці, що свідчить про те, що споживачі відбирають з мережі реактивну потужність, що, в свою чергу, знижує коефіцієнт потужності та ККД електроустановок. Але передавати таку енергію не доцільно. Для примусової генерації реактивної енергії на низькій напрузі (0,4 кВ) використовують конденсаторні установки, які забезпечують необхідний і достатній коефіцієнт потужності електроустановок.



Максимальна реактивна потужність, яка може бути переданою в мережу без збільшення кількості трансформаторів, знаходиться за формулою:

$$Q_{max.T} = \sqrt{(1,1 \cdot n \cdot S_{ном.т.})^2 - P_p^2} \quad (2.33)$$

де  $n$  – кількість трансформаторів,  
 $S_{ном.т.}$  – номінальна потужність трансформатора,  
 $P_p$  – розрахункова активна потужність навантаження.

$$Q_{max.T} = \sqrt{(1,1 \cdot 2 \cdot 1000)^2 - 741,8^2} = 2071,17 \text{ кВАр}$$

Необхідність використання конденсаторної установки (КУ) визначаємо за такими умовами:

а) розраховуємо пропускну спроможність:

$$Q_{п} = Q_p - Q_{max.T} \quad (2.34)$$

де  $Q_p$  – розрахункова реактивна потужність навантаження цеху;

Якщо  $Q_{п} > 0$  це буде означати що трансформатор не здатний забезпечити необхідну пропускну спроможність без встановлення конденсаторної установки.

Тоді:

$$Q_{п} = 323,69 - 2071,17 = -1747,48 \text{ кВАр}$$

Так як  $Q_{п} < 0$ , встановлювати КУ не потрібно, приймаємо  $Q_{п} = 0$  для подальшого розрахунку.

б) визначаємо додаткову потужність КУ з цілю оптимального зниження втрат в трансформаторах і в мережі напругою 6-10 кВ:

$$Q_{д} = Q_p - Q_{п} - \gamma \cdot n_T \cdot S_T \quad (2.35)$$

де  $\gamma$  – розрахунковий коефіцієнт, який залежить від схеми живлення цеху, приймаємо рівним 1.[14]

Тоді:

$$Q_{д} = 323,69 - 0 - 1 \cdot 2 \cdot 1000 = -1676,31 \text{ кВАр}$$

Оскільки  $Q_d \leq 0$ , встановлювати КУ не потрібно.

Отже, виходячи з розрахунку встановлення конденсаторної установки не є обов'язковим.

Проте, для зменшення економічних витрат (оплати за реактивну потужність), зменшення повної споживаної потужності за рахунок збільшення коефіцієнта потужності, отже і зменшення струмів, та зменшення втрат в кабельних лініях встановимо конденсаторну установку на стороні 0,4 кВ трансформатора з метою збільшення коефіцієнта потужності до значення 0,97.

Для визначення потужності КУ використовуємо формулу

$$Q_{КУ} = P_p \cdot (tg \varphi_1 - tg \varphi_2) \quad (2.36)$$

де  $tg \varphi_1$  – існуючий на даний момент коефіцієнт реактивної потужності;

$tg \varphi_2$  – бажаний коефіцієнт реактивної потужності.

Для секції 1:

$$Q_{КУ(1)} = 371,5 \cdot (0,48 - 0,20) = 104,02 \text{ кВАр}$$

Для секції 2:

$$Q_{КУ(2)} = 370,3 \cdot (0,62 - 0,20) = 155,53 \text{ кВАр}$$

Вибираємо найближчу стандартну КУ типу УКРМ-0,4-160/4-10 в кількості 2 шт. потужністю 160 кВАр, зі ступенями регулювання 20+20+20+30+30+40 кВАр. [21]

## 2.7. Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ).

АСКОЕ на підприємстві передбачає виконання комерційного обліку по вводах в секції ВРП та реалізацію технічного обліку основних споживачів шляхом встановлення в їх лініях живлення лічильників, що дає змогу контролювати всю споживану електричну енергію та дає відповідь на питання коли, куди і скільки електричної енергії було спожито.

Топологія мережі передбачає встановлення лічильників типу GAMA300 по вводам в секції, з'єднання лічильників по протоколу RS485 та підключення інформаційного проводу до приладу збору і передачі інформації типу RTU-235. Надалі за протоколом GPRS або ETHERNET інформація про споживання енергії передається як в постачальну енергокомпанію, так і може бути переглянута споживачем в особистому кабінеті.

Топологія мережі технічного обліку нічим не відрізняється від комерційного обліку, окрім того що передача даних до енергокомпанії не є обов'язковою.

Згідно розрахованих струмів в лініях виберемо трансформатори струму за умовою:

$$I_{тс} \geq I_p$$

Для лінії живлення секції 1 умова буде мати вигляд:

$$1500 \text{ A} \geq 1164,83 \text{ A}$$

Отже, обираємо вимірювальний трансформатор струму типу ТШ-0,66 1500/5А з класом точності 0,5s.

Для відходящих ліній живлення споживачів трансформатори струму вибираємо аналогічно. Для споживачів з струмом навантаження менше 80А використовуються лічильники прямого включення.

В даному розділі були розраховані потужності електроспоживачів цеху (дані наведені в таблиці А1 додатку А), вибрані апарати захисту споживачів та ліній їх живлення (таблиця А2 додатку А), розраховані струми КЗ (таблиця А3 додатку А), вибрані проводи та кабелі для живлення струмоприймачів (таблиці А2 додатку А).

Для електропостачання об'єкту було вирішено встановити двотрансформаторну комплектну трансформаторну підстанцію (КТП) на два незалежні вводи ліній 10 кВ. Трансформатори типу ТМГ -1000/10/0,4.

У випадку аварії або відсутності живлення на одному з вводів живлення електроспоживачів, за допомогою системи АВР, перемикається на трансформатор в роботі, який повністю забезпечує живлення споживачів обох секцій.

Для живлення струмоприймачів особливої групи I категорії надійності, до якої відноситься частина обладнання прес-установок, передбачені ДБЖ типу DPA UPScale ST потужністю 10 кВт.

Для компенсації реактивної потужності обрано до встановлення конденсаторні установки типу УКРМ-0,4-160/4-10 потужністю 160 кВАр для кожної секції.

Розроблено АСКУЕ для комерційного обліку з використанням лічильників серії GAMA300 та приладу збору і передачі інформації типу RTU-235; для технічного обліку з лічильниками Siemens серії 7KT1685 та 7KT1665, для збору інформації - RTU-235.

## РОЗДІЛ 3. ДЕТАЛЬНА РОЗРОБКА

### «СИСТЕМА МЕРЕЖЕВОГО РЕЗЕРВУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ EASY-E4»

Однією з проблем яка вирішується є максимальне скорочення часу вводу резерву. Важливість цієї проблеми наведена в дослідженні «СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ДВИГУННИМ НАВАНТАЖЕННЯМ» [20]. В роботі наведені наступні результати досліджень:

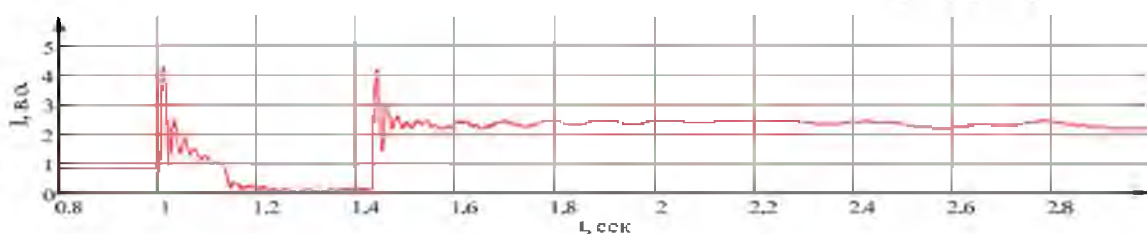


Рис. 3.1. Узагальнений вектор струму статора асинхронного двигуна до скорочення часу включення.

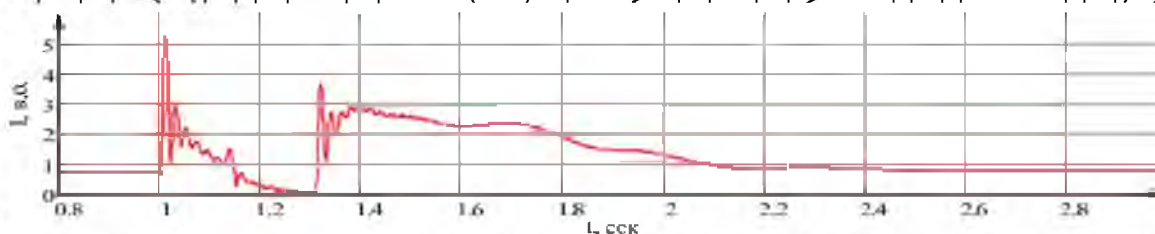


Рис. 3.2. Узагальнений вектор струму статора асинхронного двигуна після скорочення часу включення

Проаналізувавши наведені графіки можна зробити висновок що скорочення часу включення резерву знижує рівень струмів двигуна в режимі самозапуску та створюються сприятливі умови для забезпечення стійкої роботи двигунного навантаження за короткочасних порушень в системі електропостачання.

Виконання схеми АВР на базі easyE4 дає змогу гнучко налаштовувати уставки часу спрацювання тих чи інших логічних органів, їх логіку

роботи. Це дає змогу максимально скоротити час вводу резерву та гнучко підлаштувати уставки під конкретне обладнання враховуючи час включення автоматичних вимикачів або інших механізмів.

### **3.1. Схеми резервування електропостачання струмоприймачів на напрузі 0,4 кВ.**

Пристрої АВР широко використовуються на електростанціях, а також мережевих підстанціях, які отримують живлення від двох або більше ліній чи трансформаторів. На електростанціях АВР використовують для увімкнення резервних трансформаторів і ліній власних потреб. В

загальному випадку АВР складається з двох частин. До першої відносять пристрої захисту мінімальної напруги, які доповнюють пристрої захисту робочого джерела живлення. До другої частини відносять автоматику увімкнення, яка забезпечує перемикання на резервне живлення.

АВР – це автоматизована система, основною метою якої є забезпечення надійності функціонування мережі електропостачання.

Основне його призначення – відновлення електропостачання споживачів шляхом увімкнення аварійного ДЖ.

«Пристрої АВР повинні відповідати таким основним вимогам:

1) Схема АВР повинна приходити в дію в разі зникнення напруги на шинах споживачів з будь-якої причини, в тому числі при аварійному, помилковому або мимовільному відключенні вимикачів робочого джерела живлення, а також при зникненні напруги на шинах, від яких здійснюється харчування робочого джерела. Включення резервного джерела живлення допускається також при КЗ на шинах споживача.

2) Для того щоб зменшити тривалість перерви живлення споживачів, включення резервного джерела живлення повинна проводитися, можливо, швидше, відразу ж після відключення робочого джерела.

3) Дія АВР повинна бути одноразовим, щоб не допускати декількох включень резервного джерела на не усунути КЗ.

4) Схема АВР не ввійде в дію до відключення вимикача робочого джерела, щоб уникнути включення резервного джерела на КЗ в не відключить робочому джерелі. Виконання цієї вимоги виключає також в окремих випадках несинхронно включення двох джерел живлення.

5) Для того щоб схема АВР діяла при зникненні напруги на шинах, що живлять робочий джерело, коли його вимикач залишається включеним, схема АВР повинна доповнюватися спеціальним пусковим органом мінімальної напруги.

6) Для прискорення відключення резервного джерела при його включенні на не усунути КЗ має передбачатися прискорення захисту резервного джерела після АВР. Це особливо важливо в тих випадках, коли споживачі, які втратили харчування, підключаються до іншого джерела, який несе навантаження.» [16]

Розрізняють такі види АВР:

- односторонньої дії (з пріоритетом першого вводу). Схема складається з однієї робочої та однієї резервної секції. При відсутності або недостатній напрузі для експлуатації основної секції, АВР перемикається на резервну. При відновленні працездатності основного вводу обладнання поновлює живлення електроспоживачів від основного вводу;

- двосторонньої дії (з рівноцінними вводами). Схема складається з двох ліній, кожна з яких може бути як резервною, так і робочою;  
- без відновлення. Після перемикання на резервну секцію, перемикання живлення на основну секцію відбувається в ручному режимі.;

- незалежний. В даному випадку кожен ввід є незалежним. При відсутності живлення на одній з секцій живлення перемикається на робочу.

Приклади резервування електропостачання на напрузі 0,4 кВ:

1) Резервування трансформатора (рис.3.1, а).

Нормальна робота підстанції передбачена з одним увімкненим трансформатором Т1, другий трансформатор Т2 є резервним, що є доцільним як для зниження струмів к.з., так і для зменшення сумарних втрат електроенергії в трансформаторах. У випадку відімкнення першого трансформатора, АВР вмикає другий трансформатор.

2) Резервування з використанням секційного вимикача(рис.3.1, б).

В цьому випадку живлення кожної секції шин низької напруги відбувається від свого трансформатора. При вимкненні одного з трансформаторів відбувається автоматичне увімкнення секційного вимикача, через який подається живлення на секцію, яка залишилась без напруги.

При цьому схема живлення має бути розрахована на довготермінове протікання сумарних струмів навантаження I та II секцій.

В іншому випадку, коли потужності одного трансформатора не достатньо для живлення споживачів обох секцій, використання АВР

такого типу допустиме лише за умови часткового розвантаження

трансформатора неговим персоналом або автоматично шляхом вимкнення менш відповідальних споживачів. При цьому навантаження не повинно перевищувати допустимі рівні перевантаження трансформатора, який залишився в роботі

3) Резервування лінії (рис.3.1, в).

У цьому випадку в нормальному режимі, вимикач Q5 вимкнений, а вимикач Q6 – увімкнений. При пошкодженні однієї з робочих ліній вимикач Q5 вмикається, тим самим відновлює живлення споживачів.

Зазвичай такі схеми встановлюються в місці розподілу мережі, яке організовується для обмеження струмів к.з., спрощення проектування релейного захисту тощо.



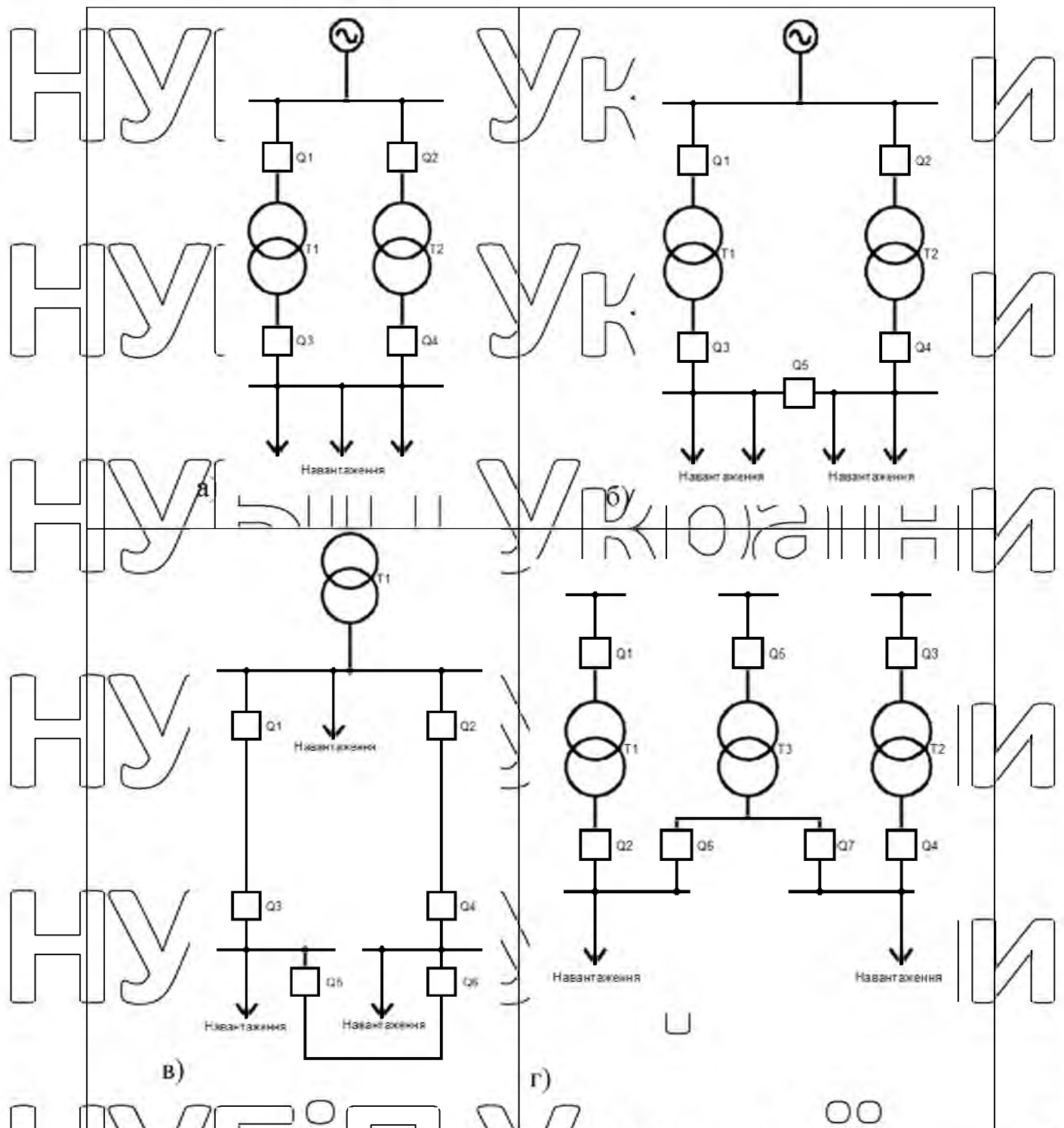


Рис 3.1. Схеми резервування електропостачання на напрузі 0,4 кВ

4. Резервування трансформатора власних потреб

електростанції(рис.3.1, г).

Така схема, зазвичай, використовується для живлення приладів власних потреб електростанції.

Нормально кожна секція шин живиться від трансформаторів T1 і T2; при вимкненні робочого трансформатора АВР вмикає резервний трансформатор T3.

### 3.2. Джерела електроживлення в схемах резервування електропостачання струмоприймачів на напрузі 0,4 кВ.

Розрізняють такі види автоматичного резервування.

1) повне мережеве резервування. В цьому випадку резервне живлення подається споживачам у разі зникнення напруги на джерелі живлення (ДЖ). Таке резервування дозволяє забезпечити електроенергією всіх споживачів, приєднаних до даної лінії.

2) часткове мережеве резервування. В цьому випадку повинен бути встановлений секційний вимикач (СВ). Споживачі, які живляться від ділянок, розташованих до СВ, при пошкодженні лінії будуть знеструмлені на час ремонту пошкодженої ділянки (магістрали).

3) місцеве резервування. При такому резервуванні ТПП обладнується автоматичним комутаційним апаратом (КА). В ТПП встановлюється апарат з пристроєм АВР. При зникненні напруги від основного ДЖ вмикається КА і використовується живлення від резервного ДЖ.

Резервні джерела нормально можуть бути вимкнені, можуть знаходитись тільки під напругою або під навантаженням. В останньому випадку джерела можуть резервувати одне інше.

Резервними джерелами можуть бути трансформатори, лінії живлення, а також суміжні секції шин, які отримують живлення від різних джерел.

Для не довготривалого (2-5 годин) використання в якості резервного джерела можуть бути використані ДЕС відповідної потужності.

Для короткострокового (10-20 хв.) резервування окремих, відносно малопотужних споживачів для коректного завершення їх роботи можуть використовуватись джерела безперебійного живлення (ДБЖ).

Щодо кіл керування. Однією з вимог до улаштування АВР є виконання його таким чином, щоб була забезпечена можливість роботи при зникненні напруги на шинах споживачів з будь-яких причин. Це досягається використанням джерел оперативного струму в колах керування.

Джерела оперативного струму мають забезпечувати високу надійність роботи і гарантувати живлення пристроїв під час аварійних режимів. Такі джерела повинні мати стабільну напругу і потужність, щоб їх було достатньо для роботи захисту, автоматики та інших пристроїв підстанції, які мають живитися від джерел оперативного струму.

Оперативний струм може бути постійним або змінним.

Постійний оперативний струм має стандартні величини напруги (24, 48, 110 та 220 В). Акумуляторні батареї на напругу 110 та 220 В є основними джерелами для обладнання, працюючого на постійному струмі.

Для підвищення надійності живлення, мережу можуть розділяти на декілька секцій, ізольованих між собою через секційні вимикачі з автоматичним введенням резерву. Тобто, коли зникає живлення на одній із секцій, живлення на схему керування береться з іншої секції, або через секційний вимикач подається на ту ж секцію.

Але найбільш надійними та ефективними можна вважати акумуляторні батареї (для випадку управління на постійному струмі) та ДБЖ (для схем на змінному струмі). Ці пристрої гарантовано забезпечують заданий рівень напруги в схемі, навіть при відсутності напруги в силовій мережі.

В якості джерел змінного оперативного струму можуть використовуватись трансформатори власних потреб.

Також в якості оперативного струму може виступати випрямлений, за допомогою випрямних силових пристроїв, струм від блоків живлення.

В якості додаткових джерел імпульсного живлення можуть бути використані заздалегідь заряджені конденсатори.

### 3.3. Сімейство EASY.

#### Програмовані реле easyRelay

Керуючі програмовані реле easy500/700 і easy800 мають повний набір технічних можливостей для вирішення задач автоматизації в промисловості та побуті, машинобудуванні та інших областях. Різні модифікації пристроїв з різноманітним набором функцій, типів напруги живлення, можливостями розширення (входів/виходів) і з'єднання кількох пристроїв дозволяють використовувати індивідуальний підхід для вирішення будь-якого завдання автоматизації.

*Easy500* - для задач малої автоматизації з числом входів/виходів до 12:

- Введення схем з'єднання в електронному форматі 1:1;
- Можливе введення схем з'єднання безпосередньо з пристроєм;
- 128 ланок, що складаються з 3 контактів та 1 послідовно підключеної котушки;
- Багатофункціональні реле часу, імпульсні реле, лічильники, компаратори аналогових величин, тижневі та річні таймери, введення значень, відображення значень;
- Можливе підключення до Ethernet (реалізація дистанційного програмування та функції OPC).

*Easy700* - для вирішення завдань керування середнього масштабу з числом входів/виходів до 40:

- Повний функціональний діапазон пристрою easy500;
- 128 ланок, що складаються з 3 контактів та 1 послідовно підключеної котушки;
- Місцеве та дистанційне розширення;

• Можливе підключення до стандартних польових шин (Profibus, CANopen, DeviceNet, As-i) та до Ethernet (програмування та функції OPC).

*Easy800* - ідеальне рішення для завдань управління у великих відкритих та закритих системах з числом входів/виходів до 328:

• Повний функціональний діапазон пристрою *easy700*;

• Ряд додаткових функцій, наприклад, ПІД-регулятор, математичні функції, широтно-імпульсна модуляція;

• 256 ланок, що складаються з 4 контактів та 1 послідовно підключеної котушки;

• Можливість цифрового та аналогового розширення;

• Вбудований зв'язок через *easyNet*;

• Можливе підключення до стандартних польових шин (Profibus, CANopen, DeviceNet, As-i) та до Ethernet (програмування та функції OPC).

*Easy800-SWD* - поєднує функції пристрою *easy800* з прямим підключенням до SmartWire-DT (SW-DT):

• Обмін даними, а також електроживлення для пристроїв мережі SmartWire-DT здійснюється через одну шину;

• Можна підключати до 99 пристроїв SmartWire-DT із загальним числом входів/виходів до 166;

• Система *easyNet*, а також 4 додаткові швидкі введення, 2 з яких можна також використовувати як швидкі виводи;

• Послідовний інтерфейс для програмування або підключення віддаленого текстового дисплея або сенсорної панелі.

*Багатофункціональний дисплей MFD-Titan*

У сукупності з функціями керування та налаштуваннями реле управління *easy800* багатофункціональний дисплей MFD-Titan реалізує функцію візуалізації. Простота розробки шаблону, а також наявність

готових елементів візуалізації максимально полегшує представлення гістограм, растрових зображень, тексту та значень.

Поєднує функції пристрою easy800 із зручною візуалізацією для більших систем із числом входів/виходів до 320:

- 256 ланок, що складаються з 4 контактів та 1 послідовно підключеної котушки

- Швидка та проста установка у стандартні монтажні отвори 22,5 мм

- Модулі входу/виходу для прямого вимірювання температури (Pt100/Ni 1000)

- Індивідуальне лазерне гравіювання пристроїв, наприклад, з назвою або логотипом компанії

- Можливість цифрового та аналогового розширення

- Можливий зв'язок через систему easyNet

- Можливе підключення до стандартних польових шин (PROFIBUS-DP, CANopen, DeviceNet, As-i) та до Ethernet (програмування та функції OPC)

- Ступінь захисту IP65

- Дистанційний текстовий дисплей

Для всіх easy 500/700/800, easyControl та easySafety - відображення тексту та введення значень на відстані до 5 м від базового пристрою.

**Програмоване реле easyE4** - незалежно від застосування, реле управління easyE4 дозволяє створювати ефективні, гнучкі та прості у

використанні системи управління. Нова серія easyE4 значно компактніша, ніж попередні серії easy500, easy700 та easy800.

Завдяки гнучкому розширенню до 11 модулів максимум до 188 входів/виходів, а також великому діапазону напруг easyE4 ідеально

підходить для промислових та будівельних застосувань. Для додаткової гнучкості інтуїтивно зрозуміле програмне забезпечення easySoft має чотири

мови програмування, включаючи функціональну блок-схему (FBD) та структурований текст (ST). Нові корисні функціональні блоки, такі як автоматичне повідомлення електронною поштою, а також можливість створення власних функціональних блоків полегшують програмування для кожного користувача. Завдяки вбудованому веб-серверу для візуалізації можна використовувати як мобільні пристрої, так і HMI.

При використанні разом з іншими продуктами з портфеля Eaton easyE4 також може бути інтегрований в системну архітектуру IIoT (Industrial Internet of Things) через вбудований інтерфейс Ethernet. У поєднанні з функцією переривання потужний процесор забезпечує більш швидку обробку та час відгуку під час роботи.

#### **3.4. Технічний опис EASY-E4.**

- Максимальна гнучкість до 11 локальних модулів розширення на базовий блок;
- 188 доступних входів/виходів в одній системі easyE4 забезпечують широкий спектр застосування;
- Компактний продукт з великим діапазоном напруги живлення (постійної, змінної та UC);
- Базові блоки з різними типами напруги можна комбінувати за потреби за допомогою доступних модулів розширення, що робить роботу з пристроями easyE4 надзвичайно простою;
- Інтегрований інтерфейс Ethernet забезпечує широкий спектр можливостей зв'язку;
- Різні варіанти відображення та візуалізації, наприклад, на мобільних пристроях, можливі завдяки вбудованому дисплею, веб-серверу та опціям Ethernet;
- Можливість інтеграції картки Micro SD полегшує реєстрацію даних та індивідуальні стартові програми.

- Дисплей із трьома кольорами фону (червоний, зелений, білий) для візуалізації різних станів пристрою;
- Аналіз радіосигналу DCF77, а також послуги Ethernet забезпечують високоточну індикацію дати та часу;

- Функція переривання забезпечує швидке розпізнавання подій та швидкий час відгуку.

З'єднання ethernet використовується для:

- Програмування з EasySoft 7;
- Інтернет-з'єднання дозволяє використовувати нові параметри візуалізації, такі як панель або веб-сервер, а також візуалізацію на сторінках HTML5
- Net-мережа пристроїв easys
- ModBus TCP для зв'язку з іншими пристроями

- Глобальний стандарт ethernet можна використовувати з усіма стандартними продуктами ethernet

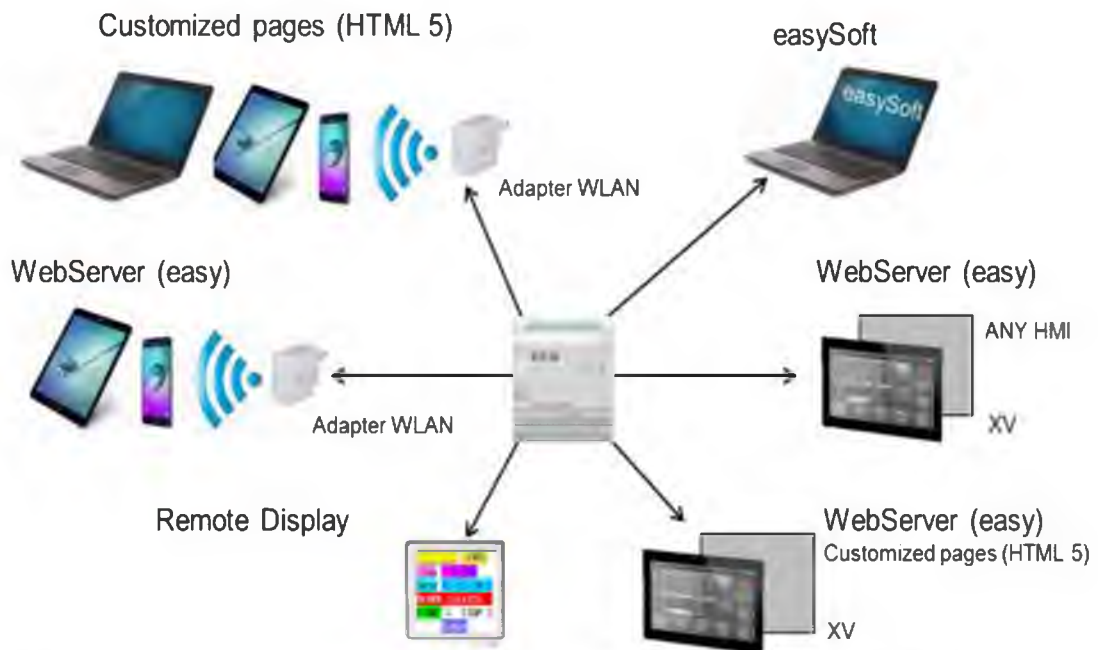


Рис. 5.2. Візуалізація для easyE4.



EasyE4 можна підключати через Ethernet до всіх стандартних маршрутизаторів Wlan, повторювачів або Dlan

Інформація про параметри може відображатися двома способами через Інтернет:

- налаштована веб-сторінка HTML5;
- Веб-сервер easy.



Рис. 3.3. Візуалізація для easyE4.

Всі види дисплеїв можуть бути підключені безпосередньо через Ethernet як локальна мережа. Дисплеї відображають або easy Webserver, або використовують значення змінних для відображення інформації на своїх панелях із HTML 5.

Для віддаленого дисплея користувач може створити графічний інтерфейс в easySoft 7 і відобразити різні типи графіків та аварійні повідомлення.

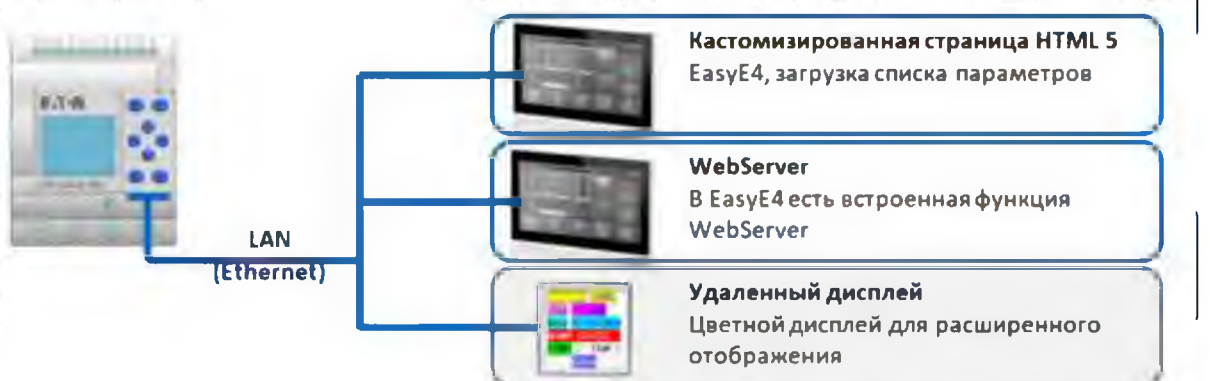


Рис. 3.4. Візуалізація для easyE4.

### 3.5 Програмування контролерів.

Програмування пристрою може бути виконано на чотирьох мовах програмування: схема функціональних блоків (FDB), схема контактів (LD), структурований текст (ST), програмування приладів easy (EDP).

Найбільш популярними серед користувачів є мови ST та EDP. ST являє собою програмування за допомогою стандартних операторів.

```
// Rem: KV1=T; QF1_st=F; QF3_st=F; QF1_hse=T
// Rem: KV1=T; QF1_st=F; QF3_st=T; QF1_hse=T; W3=F;

IF (I02=TRUE AND I04=FALSE AND I08=FALSE AND I05=TRUE)
OR (I02=TRUE AND I04=FALSE AND I08=TRUE AND I05=TRUE AND I03=FALSE)
THEN T01 (EN := TRUE, I1 := T#5000ms); T01RE := FALSE; T01ST := FALSE;
  IF T01Q1=TRUE
  THEN IF M10=FALSE THEN M01:=TRUE; END_IF;
  END_IF;
ELSE T01EN := FALSE; T01RE := TRUE; T01ST := TRUE;
END_IF;

IF I04=TRUE
THEN M01:=FALSE;
END_IF;
```

Рис. 3.5. Приклад програми на мові ST.

Найбільш зручною та звичною для інженерних професій без напрямку програмування є мова EDP, розроблена спеціально для контролерів easyE4.

Вона являє собою, грубо кажучи, принципову електричну схему з контактами та котушками.



Рис. 3.6. Приклад програми на мові EDP.

У схемі easyE4 контакти та котушки реле з'єднують зліва направо, від контакту до котушки.

Принципова схема створюється на прихованій монтажній сітці, що містить поля контактів, поля котушок та ланки. Після цього між ними встановлюються з'єднання.

Поле котушки може використовуватися для входу в котушку реле, яка приводиться в дію разом із ідентифікатором котушки і функцією котушки. Ідентифікатор котушки складається з імені котушки, номера котушки та, у разі функціональних блоків, ідентифікатора функції. Функція котушки визначає спосіб її роботи.

Принципова схема - це послідовність команд, які пристрій easyE4 циклічно обробляє в робочому режимі RUN.

Реле – це перемикаючі пристрої, які емулюються у пристрої easyE4 в електронному вигляді та активують свої контакти відповідно до призначеної функції. Реле складається як мінімум з однієї котушки та контакту.

Контакти використовуються зміни потоку потужності всередині принципової схеми easyE4. Контакти, такі як контакти NO (нормально відкриті), встановлюються на 1, коли вони замкнуті, і 0, коли вони розімкнуті. У принциповій схемі easyE4 контакти можна підключати як замикаючі або розмикаючі. Контакти NC (нормально закриті) позначені горизонтальною лінією над відповідним операндом.

Котушки є виконавчими механізмами реле. Результати підключення передаються на котушки, коли пристрій працює у режимі RUN. Вони перемикаються у стан увімкнено: On (1) або вимкнено: Off (0) відповідно до цих результатів. Варіанти налаштування вихідних та маркерних реле перераховані з описом функції кожної котушки.

Приклади функцій котушок: контактор, імпульсне реле, контактор із негативним результатом.

Функції установки (Set)S та скидання (Reset)R, зазвичай використовуються попарно. Реле спрацьовує, коли котушка встановлена, і залишається в цьому стані, доки воно не буде скинуто функцією котушки.

Якщо обидві котушки запускаються одночасно, пріоритет віддається котушці, розташованій далі у принциповій схемі.

Термін маркер використовується для позначення маркерних бітів (M). Маркерні біти (M) використовують для зберігання логічних станів 0 або 1. Маркерний біт також називається допоміжним реле.

### 3.6. Пристрій АВР на базі EASY-E4.

Спрощений пріоритет роботи схеми такий:

- 1) Робота від основних вводів,
- 2) Відключення одного з вводів та включення секційного вимикача для живлення сусідньої секції.

**Нормальний режим роботи:** живлення подається через силові трансформатори, РНПП аналізує параметри живлення лінії, якщо вони задовольняють вимогам – реле замикає свої контакти KV1.1 для першого вводу та KV2.2 для другого вводу, за допомогою цього easyE4 «бачить» стан вводів.

При цьому, так як ввідні автоматичні вимикачі викатного виконання, в колі схеми керування через контакти положення в корзині (S75E) відбувається блокування за цим параметром. Тобто якщо один з ввідних автоматичних вимикачів викочено – схема в автоматичному режимі працювати не буде.

Далі, згідно програми, подається короткочасний (імпульсний) сигнал на включення першого та другого ввідних вимикачів.

**Аварійний режим роботи (аварія на Т1):** живлення схеми керування відбувається через ДБЖ(UPS), отже навіть за відсутності напруги від першого або другого трансформатора схема буде житись оперативною напругою від UPS.

Коли зникає живлення першого вводу, KV1 розмикає свій контакт KV1.1, так контролер «бачить» незадовільні параметри мережі по першому вводу, в наслідок чого, згідно програми, відключає ввідний автоматичний вимикач першого вводу та вмикає секційний вимикач.

При нормалізації режиму роботи першого трансформатора KV1, замкне свій контакт KV1.1, внаслідок чого, відключається QF3 та вмикається QF1. Схема працює в нормальному режимі.

Для другого вводу схема працює дзеркально.

Окремо слід відмітити аварійні контакти автоматичних вимикачів (SY). За допомогою них контролер визначає по якій причині автоматичний вимикач було вимкнено: за допомогою автоматики чи в ручному режимі (Q/T розімкнено) або через аварію (SY та Q/T розімкнено). При розмиканні контакту SY його повторне включення можливе лише після механічного взведення пружини автоматичного вимикача, для чого має бути приступний персонал. Тобто цим блокування досягається неможливість автоматичного включення живлення на пошкоджену ділянку.

**В схемі передбачене ручне керування.** Для активації потрібно перемикач SA1 встановити в положення «Ручне». При цьому розмикається сигнал автоматичної роботи до контролера, що блокую всі автоматичні функції його роботи. Керування автоматичними вимикачами відбувається за рахунок SA2-SA4. При цьому залишається схема електричного блокування включення автоматичних вимикачів для запобігання помилкових дій персоналу.

**Принципова схема роботи наведена на аркуші х графічної частини.**

**Загальний вигляд щита АВР наведено на аркуші х графічної частини.**

**Повний алгоритм роботи наведено на аркуші х графічної частини.**

В даному розділі було наведено та розглянуто найбільш розповсюджені схеми резервування на напрузі 0,4 кВ, дано роз'яснення що таке АВР, для яких цілей і яким чином його використовують. Наведені основні джерела резервного живлення для споживачів на напрузі 0,4 кВ та джерела оперативного живлення які використовуються в схемах керування.

Наведено загальний список та опис реле сімейства easy, з яких була вибрана модель, що використовуються для задоволення потреб поставлених задач проектування. Наведено детальний опис роботи АВР на програмованому реле easyE4, який використаний в схемі резервування об'єкту проектування.

Розроблена та детально описана схема керування з використанням відносно новітнього обладнання, яка задовольняє вимогам електропостачання споживачів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У таблиці 4.1 наведена специфікація електрообладнання за проектом для виконання схеми АВР.

Таблиця 4.1

Специфікація на матеріали і обладнання АВР

Назва обладнання конструкції	Тип, марка	Одиниці виміру	Кількість	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Трансформатор	ТМГ-1000/10/0,4	шт.	2	256000	512000
Ввідні автоматичні вимикачі	E2B-A 1600 PR121/P-LI	шт.	2	10000	20000
Секційний вимикач	T6N 800 PR2X2DS/P	шт.	1	50000	50000
Програмоване реле easyE4	EASY-E4-AC-12RC1	шт.	1	5600	5600
Додатковий модуль	EASY-E4-AC-8RE1	шт.	1	2500	2500
Додаткове обладнання	Перемикачі, освітлювальна арматура та інше	шт.	1	1000	1000
	<b>Разом, грн</b>				<b>591100</b>

При визначенні кошторисної вартості (таблиця 4.2) враховуються витрати на обладнання, на монтаж, заробітну плату та допоміжні матеріали.

Таблиця 4.2

Визначення кошторисної вартості проекту

Назва роботи	Одиниці виміру	Кількість	Вартість, грн.			
			Обладнання	Монтаж	Зар. плата	ЕМ
Проект	Комплект	1	<b>591100</b>	70932	32511	8867
Нарахування на обладнання			94576			
Планові нарахування				17733		
Накладні витрати					41337	
<b>Разом</b>			685676	70932	32511	8867
<b>Всього по кошторису – 797986 грн.</b>						

При проектуванні нової електричної мережі необхідно забезпечити найбільшу економічну ефективність роботи установки і найменшу вартість

передачі електроенергії споживачам.

Щорічні витрати виробництва, що складають себою суму всіх відрахувань і затрат пов'язаних з експлуатацією даної електроустановки, визначаємо за формулою:

$$B_p = B_a + B_o + B_v \quad (4.1)$$

де  $B_a$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_o$  – витрати на експлуатацію (ГО, ПР), грн.;

$B_v$  – вартість втраченої електроенергії, грн.

Амортизаційні відрахування:

$$B_a = \frac{P_a}{100} \cdot K \quad (4.2)$$

де  $P_a$  – норма амортизаційних відрахувань, 6,4 %;

$K$  – розмір капітальних вкладень, грн.

$$B_a = \frac{6,4}{100} \cdot 797986 = 51071,11 \text{ грн}$$

Витрати на обслуговування при кількості умовних одиниць становитимуть:

$$П_{y.o.} = П_{тр} + П_{присд,10} + П_{присд,0,4} \quad (4.3)$$

де  $П_{тр}$  – умовні одиниці силового трансформатора;

$П_{присд,10}$  – умовні одиниці присідання 10 кВ;

$П_{присд,0,4}$  – умовні одиниці присідання 0,4 кВ;

$$П_{y.o.} = 2 \cdot 19,3 + 2 \cdot 16,3 + 2 \cdot 8,1 = 87,4 \text{ y. o.}$$

$$B_o = \gamma_o \cdot П_{y.o.} \quad (4.4)$$

де  $\gamma_o$  – річні витрати на обслуговування одиниці умовної одиниці;

$$B_o = 105 \cdot 87,4 = 9177 \text{ грн.}$$

Вартість витраченої електроенергії

$$Ц = 1,68 + \frac{4500}{h} \quad (4.5)$$

де  $h$  – показник режиму втрат електроенергії.



Для споживних підстанцій 10/0,4кВ міських районів, середня тривалість втрат електроенергії  $\tau = 500$  год / рік.

Прийнявши коефіцієнт участі максимуму втрат в максимумі енергосистеми  $K_{м.в.} = 0,8$ , визначаємо показник режиму втрат:

$$h = \frac{\tau}{K_{м.в.}} = \frac{500}{0,8} = 625 \quad (4.6)$$

Тоді вартість втраченої електроенергії становитиме:

$$\text{Ц} = 1,68 + \frac{1000}{625} = 3,28 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$$

Щорічні витрати на покриття втрат електроенергії на трансформаторній підстанції визначаємо за формулою:

$$B_{в} = \left[ \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{м} \cdot \left( \frac{S_{max}}{S_{н.т.р.}} \right)^2 \cdot \tau + \Delta P_{с} \cdot t \right] \cdot \text{Ц} \quad (4.7)$$

де  $\Delta P_{м}, \Delta P_{с}$  – втрати потужності в міді і сталі трансформатора при номінальному навантаженні, кВт;

$S_{max}$  – максимальна потужність споживачів, кВА;

$S_{н.т.р.}$  – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$\tau$  – час максимальних втрат, год;

$t$  – кількість годин роботи трансформатора за рік  $t = 8760$  год;

$n$  – кількість паралельно працюючих трансформаторів.

$$B_{в} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 2,35 \cdot \left( \frac{810}{2000} \right)^2 \cdot 500 + 0,51 \cdot 8760 \right] \cdot 3,28 = 14970 \text{ грн.}$$

Щорічні витрати на виробництво:

$$B = 51071,11 + 9177 + 14970 = 75218,11 \text{ грн.}$$

Приведені річні виграти

$$Z = p \cdot K + B \quad (4.8)$$

де  $p$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $p = 0,12$ ).

$$Z = 0,12 \cdot 797986 + 75218,11 = 170976,43 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість невідпущеної/зіпсованої продукції в наслідок зупинки технологічного процесу, в випадку не встановлення системи резервування:

$$C_{\text{п}} = V_{\text{п}} \cdot C_{\text{од.}} \cdot \tau \quad (4.9)$$

де  $V_{\text{п}}$  – середня кількість виробленої продукції на годину, одиниць;

$C_{\text{од.}}$  – середня ціна одиниці виробленої продукції, грн.

$$C_{\text{п}} = 0,05 \cdot 12000 \cdot 500 = 300000 \text{ грн/рік}$$

Визначаємо економічний ефект впровадження проекту:

$$E_{\text{р}} = C_{\text{п}} - 3 \quad (4.10)$$

$$E_{\text{р}} = 300000 - 170976,43 = 129023,57 \text{ грн/рік}$$

Визначаємо термін окупності капіталовкладень:

$$T_0 = \frac{K}{E_{\text{р}}} \quad (4.11)$$

$$T_0 = \frac{797986}{129023,57} = 6,18 \text{ року}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт ефективності капіталовкладень:

$$E_{\text{ф}} = \frac{1}{T_0} \quad (4.12)$$

$$E_{\text{ф}} = \frac{1}{6,18} = 0,16$$

Таблиця 4.3

## Основні показники економічної ефективності

№ п/п	Показники	Значення
1	Кошторисна вартість реалізації проекту, грн.	797986
2	Приведені річні витрати, грн.	170976,43
3	Річний економічний ефект, грн.	129023,57
4	Термін окупності, роки	6,18
5	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	0,16

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Перелік основних нормативних документів: [18]

1. Закон України «Про охорону праці»;
2. Типове положення про службу охорони праці;
3. Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві (Постанова КМУ № 1112 від 25 серпня 2004 року);

4. Типове положення про навчання з питань охорони праці;
5. Положення про розробку інструкцій з охорони праці;
6. Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
7. Перелік робіт, де необхідний професійний відбір;
8. Граничні норми підняття і переміщення важких речей жінками;
9. Граничні норми підняття і переміщення важких речей

неповнолітніми;

10. Положення про медичний огляд працівників окремих категорій;
11. Перелік посад посадових осіб, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;

12. Порядок розробки і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, чинних на підприємстві;

13. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53);

14. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Постанова Кабінету Міністрів України N 442 від 01.09.1992 року);

15. Типове положення про комісію з питань охорони праці;
16. Типове положення «Про кабінет охорони праці».

# НУБІП України

## 5.1. Розробка комплексу заходів щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих чинників

### 5.1.1. Організаційні і технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих чинників

До заходів та засобів захисту від впливу електромагнітних полів відносять.

1) Зменшення випромінювання від самого джерела. Для цього використовують еквівалентні антени.

2) Зменшення інтенсивності у робочій зоні. Реалізується за рахунок екранування джерел випромінювання і/або робочого місця, використання поглинаючих покриттів поверхонь.

Захист від шуму, ультразвуку та вібрацій. Шум, вібрації, ультра- та інфразвук відносяться до шкідливих виробничих факторів, вони, в тому чи іншому вигляді, присутні майже на всіх виробничих підприємствах.

Ефективні вирішення проблем захисту від цих чинників полягає в запровадженні комплексу заходів, що послаблюють інтенсивність шкідливих виробничих факторів у їх джерелах та на шляху їх поширення.

Основним джерелом шуму в промислових комплексах є шум від різноманітних двигунів. Ця проблема вирішується створенням або використанням малошумних двигунів; модифікацією існуючих (установка шумопоглинаючих сопел і т.п.). [18]

До методів зниження шуму силових установок можна віднести застосування стаціонарних і пересувних глушників шуму.

Також зниження шуму досягається за рахунок усунення невідновженості ротора, регулювання підшипникових вузлів і щіткових контактів; акустичною оптимізацією вентиляторів; усуненням асиметрії у магнітопроводах і обмотках.

Зниження рівня вібрації на шляху її поширення досягається застосуванням віброізолюючих конструкцій і вібродемпфуючих матеріалів

і покриттів, а також віброгасильників. Для забезпечення віброізоляції влаштовують розриви між елементами конструкції або укладають тверді зв'язки між ними.

Для вібропоглинання на віброуючі елементи машини можуть наноситися в'язкі або пружні матеріали (антивібрит, агат, сендвічні конструкції).

### **5.1.2. Вибір індивідуальних засобів захисту.**

Індивідуальний захист від електромагнітних полів полягає в використанні спеціального одягу – комбінезонів, халатів, каптури.

Матеріал виготовлення – бавовняна тканина з тонкими металевими нитками, що утворюють сітку. Для захисту очей використовують окуляри, скло яких покрито тонкою прозорою плівкою двоокису олова.

Індивідуальний захист від шуму – навушники і вкладиші. При великих рівнях шуму можуть використовуватися протишумні костюми та шоломи.

Індивідуальний захист від вібрацій – черевики, рукавиці, виготовлені з віброзахисних матеріалів.

### **5.2. Розрахунок заземлювального пристрою повторного заземлення захисного проводу на ввіді до виробничого об'єкту.**

«Заземлення застосовується для захисту людини від ураження електричним струмом. При нормальній роботі електроприладу його корпус надійно ізолюваний від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою. При поломці приладу ці частини можуть торкнутися корпусу і тоді він опиниться під напругою.» [18]

Автоматичний вимикач в даному випадку не допоможе, оскільки струму, що протікає через людину, буде явно недостатньо для його спрацьовування.

Для виключення подібних ситуацій корпуси всіх електричних пристроїв, до яких може доторкнутися людина, повинні бути заземлені,

тобто електрично з'єднані з землею через провідники. У цьому випадку струм з корпусу пристрою, а разом з ним і небезпечна напруга, будуть йти в землю, тому що опір заземлення менший опору людини, не завдаючи шкоди.

Згідно ПУЕ опір заземлювальних приладів в установках напругою до 1000 В не повинен перевищувати 4 Ом. [8]

Для улаштування заземлення на вводі в будівлю, в якості вертикальних заземлювачів, приймаються сталі стержні діаметром 30 мм і довжиною 2 метра, які заглиблюють в ґрунт методом забиття. Верхні кінці електродів влаштовують на глибині 0,7 м від поверхні землі і з'єднують методом зварювання з горизонтальним заземлювачем стержнєвого типу з аналогічного матеріалу.

Оскільки природні заземлювачі відсутні, опір штучного заземлювача приймається рівним допустимому опору:  $R_{ш} = R_з = 4 \text{ Ом}$ .

Розраховуємо розрахунковий опір ґрунту для горизонтальних і вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{р.г} = \rho_{\text{макс.г}} \cdot K_{п.г} \quad (5.1)$$

$$\rho_{р.в} = \rho_{\text{макс.г}} \cdot K_{п.в} \quad (5.2)$$

де  $\rho_{\text{макс.г}}$  — максимальний опір ґрунту (для кам'янистої глини приймаємо рівним 100 Ом·м).

$K_{п.г}$ ,  $K_{п.в}$  — підвищуючі коефіцієнти.

Тоді:

$$\rho_{р.г} = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_{р.в} = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Визначимо опір розтікання одного вертикального електрода:

$$R_{в.е.} = \frac{\rho_{р.в}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \quad (5.3)$$

де  $l$  — довжина стержня, м;

$d$  — діаметр стержня, м;

$t$  – глибина закладання заземлювача, м.

Глибину закладання визначаємо за формулою:

$$t = h + \frac{l}{2} = 0,7 + \frac{2}{2} = 1,7 \text{ м}$$

Тоді:

$$R_{в.е.} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 57,916 \text{ Ом}$$

Визначаємо приблизну кількість вертикальних заземлювачів, при попередньому коефіцієнті використання або екранування  $K_{в.в.} = 0,58$ .

$$n = \frac{R_{в.е.}}{K_{в.в.} \cdot R_{ш}} \quad (5.4)$$

$$n = \frac{57,916}{0,58 \cdot 4} = 24,96 = 25 \text{ шт}$$

Попередньо приймаємо кількість заземлювачів 25 шт.

Визначаємо опір розтіканню одного горизонтального електрода:

$$R_{г.е.} = \frac{\rho_{г.г.}}{2 \cdot \pi \cdot l_{г.}} \cdot \ln \frac{l_{г.}^2}{b \cdot t} \quad (5.5)$$

де  $b$  – ширина полоси, якщо заземлювач круглий, то  $b = 2d$ .

$l_{г.}$  – довжина горизонтального заземлювача, визначається за

формулою:

$$l_{г.} = 1,05 \cdot a \cdot n \quad (5.6)$$

де  $a$  – відстань між вертикальними електродами, приймаємо 5 м.

Тоді:

$$l_{г.} = 1,05 \cdot 5 \cdot 25 = 131,25 \text{ м}$$

З врахування коефіцієнта використання  $K_{в.} = 0,4$  отримаємо.

$$R_{г.е.} = \frac{\rho_{г.г.}}{K_{в.} \cdot 2 \cdot \pi \cdot l_{г.}} \cdot \ln \frac{l_{г.}^2}{d \cdot t} \quad (5.7)$$

Тоді:

$$R_{г.е.} = \frac{200}{0,4 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 131,25} \cdot \ln \frac{131,25^2}{0,03 \cdot 1,7} = 7,72 \text{ Ом}$$



Уточнюємо опір вертикальних електродів:

$$R_{в.е2} = \frac{R_{г.е} \cdot R_{ш}}{R_{г.е} + R_{ш}} \quad (5.8)$$
$$R_{в.е2} = \frac{7,72 \cdot 4}{7,72 + 4} = 2,64 \text{ Ом}$$

Уточнюємо кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_{в.е.}}{K_{в.в.} \cdot R_{в.е2}} \quad (5.9)$$
$$n = \frac{57,916}{0,58 \cdot 2,64} = 37,82 = 38 \text{ шт}$$

До встановлення приймається 38 електродів, кожен довжиною 2 метри, відстань між електродами – 5 метрів. З'єднуються електроди горизонтальним заземлювачем довжиною 199,5 метрів.

### 5.3. Блискавкозахист виробничого об'єкту

Блискавкозахист може бути активний та пасивний.

«Головна відмінність активної системи захисту від пасивної – це відстеження активним блискавкоприймачем наближення блискавки до об'єкта та спрацьовування в момент, коли удар блискавки неминучий в захищуваному радіусі, тим самим блискавці надається підготовлений

(безпечний для людини і її майна) канал для проведення її в землю.» [18]

«Пасивний вид захисту передбачає захист від ударів блискавки шляхом використання металевих струмопровідних елементів, що дозволяють взяти на себе електричний заряд блискавки та, безпечно для людини і її майна, відвести його в землю.» [18]

Згідно з ПУЕ виробничий цех відноситься до III категорії з улаштування блискавкозахисту.

Блискавкозахист виконується блискавкоприймаючою сіткою, яка накладається на неметалеву покрівлю під шар утеплювача або гідроізоляції, сітка має бути заземлена в двох місцях. Струмопроводи прокладаються по колонах цеху по периметру через 24 метри.

#### 5.4. Заходи з пожежної безпеки

Системи пожежної безпеки - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004 -91 пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно-технічних заходів.

«Системи пожежної безпеки мають запобігти виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні.

Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених

систем, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, не повинен бути меншим за 0,999999 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної небезпеки для людей не може перевищувати 10<sup>-6</sup> впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину.» [18]

«Система запобігання пожежі являє собою комплекс організаційних заходів та технічних засобів, що направлені на виключення можливості виникнення пожежі. Вона повинна розроблятися на кожному конкретному

об'єкті з розрахунку, що нормативна ймовірність виникнення пожежі

приймається рівною не більше 0,000001 в рік з розрахунку на окремий пожежонебезпечний елемент даного об'єкта.» [18]

«Система протипожежного захисту - комплекс організаційних заходів та технічних засобів, що направлені на запобігання впливу на

людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріального збитку

від неї. Система протипожежного захисту повинна розроблятися на кожному конкретному об'єкті з розрахунку, що нормативна ймовірність впливу небезпечних факторів на людей приймається рівною не більше

0,000001 в рік з розрахунку на окрему людину. Пожежна безпека об'єкта

повинна бути забезпечена як в робочому стані, так і у випадках виникнення аварійної ситуації.» [18]

«Система організаційно-технічних заходів передбачає комплекс впроваджуваних заходів, які направлені на навчання персоналу діям в аварійних ситуаціях та створення необхідних технічних умов для запобігання пожежі, а в випадку її виникнення – її ліквідування, за можливості.» [18]

До організаційних заходів належать:

- розробка правил, інструкцій, інструктажів з протипожежної безпеки;

- організація інструктування і навчання працівників;

- здійснення контролю за дотриманням встановленого протипожежного режиму всіма працівниками;

- організація добровільних пожежних дружин та пожежотехнічних комісій;

- щоденна перевірка протипожежного стану приміщень після закінчення роботи;

- розробка і затвердження плану евакуації й порядку оповіщення людей на випадок виникнення пожежі;

- дотримання належного протипожежного нагляду за об'єктами;

- організація перевірки належного стану пожежної техніки та інвентарю.

До технічних заходів належать:

- дотримання пожежних норм, вимог та правил при влаштуванні будівель, споруд, складів;

- підтримання у справному стані систем опалення, вентиляції, електрообладнання;

улаштування автоматичної пожежної сигналізації, систем автоматичного гасіння пожеж та пожежного водопостачання, заборона використання обладнання, пристроїв, приміщень та інструментів, що не відповідають вимогам протипожежної безпеки;

правильна організація праці на робочих місцях з використанням пожежонебезпечних інструментів, приладів, технологічних установок

В даному розділі було розраховано схему заземлення цеху, яка передбачає встановлення 38 електродів, кожен довжиною 2 метри, відстань між електродами – 5 метрів, електроди з'єднуються між собою горизонтальним заземлювачем.

Було розглянуто основні засоби блискавкозахисту, пожежної безпеки та захисту від шкідливих виробничих чинників.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

При вирішенні поставленого завдання на базі виробничого цеху було розраховано його електричні навантаження, за його результатами вибраний трансформатор ТМГ-1000/10/0,4 для задоволення потреб всіх груп та категорій струмоприймачів.

Було прийнято рішення про встановлення двотрансформаторної КТП на напругу 10 кВ, обидва трансформатори в роботі.

Для компенсації реактивної потужності прийнято рішення встановити КУ типу УКРМ-0,4-160/4-10 потужністю 160 кВАр для кожної секції шин, що дасть змогу зменшити економічні витрати, скоротити повну споживану з мережі потужність, збільшити коефіцієнт потужності електроустановки, а відповідно і зменшити струми в лініях, що призводить до скорочення втрат в кабельних лініях.

Для електропостачання ОП були розраховані струми коротких замикань на стороні 0,4 кВ трансформатора, вибрана основна пуско-захисна апаратура, кабелі та проводи для живлення споживачів.

Нааявні споживачі особливої групи I категорії надійності, живлення яких передбачено від джерел безперебійного живлення (UPS) типу DPA UPScale/ST потужністю 10 кВт.

Було розглянуто спосіб реалізації АСКУЕ на об'єкті для комерційного та технічного обліку електричної енергії.

При проектуванні були розглянуті основні схеми резервування електропостачання струмоприймачів на напрузі 0,38 кВ.

Для вирішення завдання резервування було розроблену схему АВР на базі програмованого реле easyE4, який здійснює керування подаванням живлення споживачам за рахунок керування моторприводами автоматичних вимикачів, секційного вимикача.

В схемі автоматичного керування пускозахисними приладами АВР передбачене оперативне живлення, на випадки, коли easyE4 не отримує живлення від жодного з вводів. Передбачена світлова сигналізація роботи пристрою та можливість ручного керування.

Також у дипломному проекті були розглянуті техніко-економічні показники проекту, розрахована схема заземлення та блискавкозахисту, розглянуті заходи пожежної безпеки, засоби та заходи що до усунення шкідливих виробничих чинників.

Таким чином, завдання з проектування системи електропостачання об'єкту на базі easyE4 вирішені в повному обсязі, мета проекту забезпечення споживачів живленням відповідно до вимог електропостачання цих споживачів досягнута. В ході проектування доведена можливість використання програмованих реле easyE4 для різних цілей проектування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.2. -1 - 2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд

2. ДБН А.2.2. -3 - 2012 Склад та зміст проектної документації

3. ДБН В.2.5. - 23 - 2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. - К.: 2004. - 128 с.

4. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд

5. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту

6. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення

7. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах.

Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом

8. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х.:Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.

9. ДНАОП 0.00. - 1.32 - 01. Правила будови електроустановок.

Електрообладнання спеціальних електроустановок. - К.: ЦП «Фірма Гранма», 2001. - 117 с.

10. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012) Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 березня 2012 р. за № 350/20663.

11. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 № 4.

Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533.

12. Кодекс комерційного обліку електроенергії. ЗАТВЕРДЖЕНО .

Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 311

13. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проектів автоматизації. Структурні, функціональні та принципові схеми/ Укладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006.- 48 с.

14. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г.Б., Козирський В.В., Лут М.Т., Радько І.П., Синявський О.Ю.. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. – 526 с.

15. Карапетян И. Г., Шапиро И. М., Файбисович Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей. Издательство: НЦ ЭНАС, 2012. – 376 с.

16. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч./ Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К.: Аграрна освіта, 2011.- 448 с.

17. Лут М.Т., Радько І.П., Волошин С.М. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання й засобів автоматизації / М.Т.Лут, І.П.Радько, С.М.Волошин.-К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012 – 878 с.

18. Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. Безпека праці в сільських електроустановках: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів/ М.Т.Лут, І.П.Радько, В.Г.Тракай, А.І.Чміль.-К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012 – 430 с.

19. Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П. Діагностування енергетичного обладнання: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014.- 590 с.



20. В. Ф. Сивокобиленко і С. В. Деркачов «СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ДВИГУНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ», Вісник ВПІ, вип. 2, с. 84–88, Трав 2016.

21. ЭЛЕКТРОКОНТРОЛЬ – комплекти конденсаторні установки.  
Режим доступу - <https://electrocontrol.com.ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04>

22. VOLTLINE – каталоги продукції АВВ. Режим доступу - <https://voltage.ua/katalogi/>

23. ETI – загальний каталог продукції. Режим доступу - <https://www.eti.ua/katalogy-ua/zahalnyy-katalog>

24. ТАВРИДА ЕЛЕКТРИК – вакуумні вимикачі, серії ВВ/TEL.  
Режим доступу - <http://tavrida-ua.com/products/vacuumswitch.html>

25. Каталог трьохполюсних розривник рубильників з запобіжником. Режим доступу - <https://www.avtomats.com.ua/2371-knife-switch-rps-rb.html>

26. Каталог проводів та кабелів. Режим доступу - <https://www.avtomats.com.ua/2405-cable-wire-cord.html>

27. АВВ – каталог ДБЖ. Режим доступу - [https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=04-2782\\_PO\\_EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch](https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=04-2782_PO_EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А1

Результати розрахунку електричних навантажень цеху

	Назва споживача	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
<b>ВРП 1.1</b>					
1	Металорізальні верстати дрібносерійного виробництва (380В)	27,44	13,09	30,40	43,88
2	Металорізальні верстати багатосерійного виробництва (380В)	21,28	10,15	23,58	34,03
3	Прес штампувальний (380В)	39,20	18,71	43,43	62,69
4	Електропривід молоту (380В)	4,34	2,07	4,81	6,94
5	Волочителний станок (380В)	12,04	5,25	13,14	18,96
6	Щит кондиціонування (380В)				
6.1	Руфтоп (380В)	245,00	80,36	257,84	372,17
6.2	Система управління (220В)	0,35	0,11	0,37	0,53
7	Щит аварійного освітлення (380В)	-	-	-	-
7.1	Приміщення А (380В)	0,35	0,12	0,37	0,53
7.2	Приміщення Б (380В)	0,15	0,05	0,16	0,23
7.3	Приміщення В (380В)	0,40	0,13	0,42	0,61
7.4	Приміщення Д (380В)	0,20	0,07	0,21	0,30
7.5	Приміщення Є (220В)	0,05	0,02	0,05	0,24
7.6	Приміщення Ж (380В)	0,45	0,15	0,47	0,68
7.7	Приміщення З (380В)	0,75	0,25	0,79	1,14
7.8	Приміщення К (380В)	0,55	0,18	0,58	0,84
7.9	Приміщення О (220В)	0,05	0,02	0,05	0,24
8	Щит серверної (380В)	8,10	4,09	9,07	13,09
9	Щит аварійного освітлення офісу (380В)	0,77	0,19	0,79	1,15
10	Насосна станція (380В)	10,01	4,78	11,09	16,01
Всього по ВРП 1.1		371,5	138,54	396,47	572,26
<b>ВРП 1.2</b>					
11	Транспортер (380В)	17,92	8,55	19,86	28,66
12	Тельфер (380В)	7,35	3,51	8,14	11,75
13	Зварювальні трансформатори (380В)	12,88	4,80	13,75	19,84
14	Стикові зварювальні машини (380В)	17,64	6,58	18,83	27,17
15	Ліч опору (380В)	35,84	6,92	36,50	52,69
16	Сушильна шафа (380В)	20,58	4,62	21,09	30,44
17	Верстат шліфувальний (380В)	9,80	4,68	10,86	15,67
18	Верстат свердлильний (380В)	5,27	2,51	5,84	8,43
19	Верстат розточний (380В)	13,44	6,41	14,89	21,49
20	Верстат фрезерний (380В)	23,10	11,02	25,60	36,94
21	Верстат гвинторізальний (380В)	18,90	9,02	20,94	30,23

## Продовження таблиці А1

	Назва споживача	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
22	Верстат токарний (380В)	23,52	11,22	26,06	37,62
23	Верстат точильний (380В)	4,76	2,27	5,27	7,61
24	Вертикально-свердильний верстат (380В)	6,30	3,01	6,98	10,08
25	Прес (380В)	10,50	5,01	11,63	16,79
26	Гіч закалювання (380В)	17,85	4,01	18,29	26,41
27	Щит офісу (380В)	27,00	4,05	21,39	30,87
28	Щит освітлення (380В)	-	-	-	-
28.1	Приміщення А (380В)	0,70	0,23	0,74	1,06
28.2	Приміщення Б (380В)	0,20	0,07	0,21	0,30
28.3	Приміщення В (380В)	0,80	0,26	0,84	1,22
28.4	Приміщення Д (380В)	0,20	0,07	0,21	0,30
28.5	Приміщення Є (220В)	0,05	0,02	0,05	0,24
28.6	Приміщення Ж (380В)	0,85	0,28	0,89	1,29
28.7	Приміщення З (380В)	1,45	0,48	1,53	2,20
28.8	Приміщення К (380В)	1,20	0,39	1,26	1,82
28.9	Приміщення О (220В)	0,05	0,02	0,05	0,24
29	Круглошліфувальний верстат (380В)	10,64	5,08	11,79	17,02
30	Кран мостовий (380В)	87,50	41,76	96,95	139,94
Всього по ВРП 1.2		370,3	176,70	410,29	592,20
Всього по цеху		741,8	323,69	809,32	1168,15

Таблиця А2.

Результати вибору автоматичних вимикачів, кабелів та розрахунку втрат напруги.

Назва споживача	Струм в лінії, А	Автоматичний вимикач	Марка та переріз кабелю	Втрати напруги в лінії, %
ВРП 1)1	572,26	E2B 1600A	ВВГнг-4х(4х240)	0,35
1 Металорізальні верстати дрібносерійного виробництва (380В)	43,88	ETIMAT6 D63	ВВГнг-5х16	3,59
1.1	16,64	MPE25-20	ВВГнг-5х2,5	3,87
1.2	16,64	MPE25-20	ВВГнг-5х2,5	4,06
1.3	16,64	MPE25-20	ВВГнг-5х2,5	3,83
1.4	16,64	MPE25-20	ВВГнг-5х2,5	4,01
2 Металорізальні верстати багатосерійного виробництва (380В)	34,03	ETIMAT6 D50	ВВГнг-5х10	4,11
2.1	25,81	MPE25-32	ВВГнг-5х4	4,43
2.2	25,81	MPE25-32	ВВГнг-5х4	4,56
3 Пресс штампувальний (380В)	62,69	ETIMAT10 D80	ВВГнг-5х16	3,92
3.1	23,77	MPE25-25	ВВГнг-5х4	4,25
3.2	23,77	MPE25-25	ВВГнг-5х4	4,25
3.3	23,77	MPE25-25	ВВГнг-5х4	4,54
3.4	23,77	MPE25-25	ВВГнг-5х4	4,54
4 Електропривід молоту (380В)	6,94	ETIMAT6 D10	ВВГнг-5х4	1,66
4.1	5,26	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	1,73
4.2	5,26	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	1,73
5 Волочильний станок (380В)	18,96	ETIMAT6 D25	ВВГнг-5х4	3,18
5.1	14,27	MPE25-16	ВВГнг-5х2,5	3,38
5.2	14,27	MPE25-16	ВВГнг-5х2,5	3,71
6 Щит кондиціонування (380В)	372,7	ETIBREAK EB2 400/3S	ВВГнг-2х(5х70)	2,07
Рифтоп (380В)	215,6	EB2 250/3S	ВВГнг-5х70	2,68
Рифтоп (380В)	215,6	EB2 250/3S	ВВГнг-5х70	2,93
7 Щит аварійного освітлення (380В)	-	-	-	-
Приміщення А (380В)	0,53	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,08
Приміщення Б (380В)	0,23	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,10
Приміщення В (380В)	0,61	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,12
Приміщення Д (380В)	0,30	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,56

## Продовження таблиці А2.

Назва споживача	Струм в лінії А	Автоматичний вимикач	Марка та переріз кабелю	Втрати напруги в лінії, %
Приміщення Є (220В)	0,24	ETIMAT6 C1P	ВВГнг-5х1,5	1,20
Приміщення Ж (380В)	0,68	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,28
Приміщення З (380В)	1,14	ETIMAT6 C2	ВВГнг-5х1,5	0,12
Приміщення К (380В)	0,84	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,23
Приміщення О (220В)	0,24	ETIMAT6 C1P	ВВГнг-5х1,5	0,08
8 Щит серверної (380В)	13,09	ETIMAT6 C16	ВВГнг-5х4	0,13
9 Щит аварійного освітлення офісу (380В)	1,15	ETIMAT6 C2	ВВГнг-5х2,5	0,16
10 Насосна станція (380В)	16,01	ETIMAT6 D25	ВВГнг-5х4	0,14
ВРП 1.2	592,20	E2B 1600A	ВВГнг-4х(4х240)	0,37
11 Транспортер (380В)	28,66	ETIMAT6 D40	ВВГнг-5х6	2,05
11.1	10,87	MPE25-40	ВВГнг-5х2,5	2,29
11.2	10,87	MPE25-40	ВВГнг-5х2,5	3,12
11.3	10,87	MPE25-40	ВВГнг-5х2,5	3,94
11.4	10,87	MPE25-40	ВВГнг-5х2,5	4,76
12 Тельфер (380В)	-	-	-	-
12.1	5,94	ETIMAT6 D10	ВВГнг-5х4	1,44
	-	MPE25-6,3	КПГ1У-5х2,5	2,36
12.2	5,94	ETIMAT6 D10	ВВГнг-5х4	0,74
	-	MPE25-6,3	КПГ1У-5х2,5	1,71
12.3	5,94	ETIMAT6 D10	ВВГнг-5х4	0,53
	-	MPE25-6,3	КПГ1У-5х2,5	1,69
13 Зварювальні трансформатори (380В)	19,84	ETIMAT6 C32	ВВГнг-5х4	3,81
13.1	7,38	ETIMAT6 C10	ВВГнг-5х2,5	3,96
13.2	7,38	ETIMAT6 C10	ВВГнг-5х2,5	4,03
13.3	7,38	ETIMAT6 C10	ВВГнг-5х2,5	4,09
13.4	7,38	ETIMAT6 C10	ВВГнг-5х2,5	4,16
14 Стикові зварювальні машини (380В)	27,17	ETIMAT6 C40	ВВГнг-5х10	2,43
14.1	10,10	ETIMAT6 C13	ВВГнг-5х2,5	2,67
14.2	10,10	ETIMAT6 C13	ВВГнг-5х2,5	2,76
14.3	10,10	ETIMAT6 C13	ВВГнг-5х2,5	2,85
14.4	10,10	ETIMAT6 C13	ВВГнг-5х2,5	2,94
15 Піч опору (380В)	52,69	ETIMAT10 C80	ВВГнг-5х16	3,40
15.1	38,09	ETIMAT6 C40	ВВГнг-5х6	3,64
15.2	38,09	ETIMAT6 C40	ВВГнг-5х6	4,33
16 Сушильна шафа (380В)	30,44	ETIMAT6 C40	ВВГнг-5х6	1,98
16.1	22,10	ETIMAT6 C25	ВВГнг-5х4	2,41

## Продовження таблиці А2.

Назва споживача	Струм в лінії, А	Автоматичний вимикач	Марка та переріз кабелю	Втрати напруги в лінії, %
16.2	22,10	ETIMAT6 C25	ВВГнг-5х4	2,84
17 Верстат шліфувальний (380В)	15,67	ETIMAT6 D25	ВВГнг-5х6	3,50
17.1	5,94	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	3,85
17.2	5,94	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	3,70
17.3	5,94	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	3,66
17.4	5,94	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	3,68
18 Верстат свердлильний (380В)	8,43	ETIMAT6 D16	ВВГнг-5х6	0,97
18.1	3,74	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,19
18.2	3,74	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,22
18.3	3,74	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,25
18.4	3,74	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,28
19 Верстат розточний (380В)	21,49	ETIMAT6 D32	ВВГнг-5х6	2,29
19.1	5,43	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	2,39
19.2	5,43	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	2,45
19.3	5,43	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	2,51
19.4	5,43	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	2,55
19.5	5,43	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	2,61
19.6	5,43	MPE25-6,3	ВВГнг-5х2,5	2,67
20 Верстат фрезерний (380В)	36,94	ETIMAT6 D50	ВВГнг-5х16	2,28
20.1	9,34	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,41
20.2	9,34	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,51
20.3	9,34	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,62
20.4	9,34	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,75
20.5	9,34	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,83
20.6	9,34	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,96
21 Верстат гвинторізальний	30,23	ETIMAT6 D40	ВВГнг-5х10	1,73
21.1	7,64	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	1,86
21.2	7,64	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	1,94
21.3	7,64	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,03
21.4	7,64	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,09
21.5	7,64	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,18
22 Верстат токарний (380В)	37,62	ETIMAT6 D50	ВВГнг-5х16	2,26
22.1	9,51	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,48
22.2	9,51	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,61
22.3	9,51	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,72
22.4	9,51	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,83
22.5	9,51	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	2,96

## Продовження таблиці А2.

Назва споживача	Струм в лінії, А	Автоматичний вимикач	Марка та переріз кабелю	Втрати напруги в лінії, %
22.6	9,51	MPE25-10	ВВГнг-5х2,5	3,17
23 Верстат точильний (380В)	7,61	ETIMAT6 D13	ВВГнг-5х4	1,56
23.1	2,89	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,73
23.2	2,89	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,76
23.3	2,89	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,78
23.4	2,89	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	1,81
24 Вертикально-свердильний верстат (380В)	10,08	ETIMAT6 D16	ВВГнг-5х4	3,51
24.1	2,55	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	3,56
24.2	2,55	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	3,59
24.3	2,55	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	3,62
24.4	2,55	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	3,65
24.5	2,55	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	3,68
24.6	2,55	MPE25-4	ВВГнг-5х2,5	3,71
25 Прес (380В)	16,79	ETIMAT6 D25	ВВГнг-5х4	3,48
25.1	12,74	MPE25-16	ВВГнг-5х2,5	3,73
25.2	12,74	MPE25-16	ВВГнг-5х2,5	3,98
26 Пуч закалювання (380В)	26,41	ETIMAT6 C40	ВВГнг-5х6	3,09
26.1	12,78	ETIMAT6 C16	ВВГнг-5х2,5	3,25
26.2	12,78	ETIMAT6 C16	ВВГнг-5х2,5	3,41
26.3	12,78	ETIMAT6 C16	ВВГнг-5х2,5	3,58
27 Щит офісу (380В)	30,87	ETIMAT6 C40	ВВГнг-5х6	1,27
28 Щит освітлення (380В)	-	-	○ ○	-
Приміщення А (380В)	1,06	ETIMAT6 C2	ВВГнг-5х1,5	0,80
Приміщення Б (380В)	0,30	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,20
Приміщення В (380В)	1,22	ETIMAT6 C2	ВВГнг-5х1,5	0,62
Приміщення Д (380В)	0,30	ETIMAT6 C1	ВВГнг-5х1,5	0,03
Приміщення Є (220В)	0,24	ETIMAT6 C1 1P	ВВГнг-5х1,5	0,004
Приміщення Ж (380В)	1,29	ETIMAT6 C2	ВВГнг-5х1,5	0,29
Приміщення З (380В)	2,20	ETIMAT6 C3	ВВГнг-5х1,5	1,15
Приміщення К (380В)	1,82	ETIMAT6 C3	ВВГнг-5х1,5	0,50
Приміщення О (220В)	0,24	ETIMAT6 C1 1P	ВВГнг-5х1,5	0,06
29 Круглошліфувальний верстат (380В)	17,02	ETIMAT6 D25	ВВГнг-5х2,5	3,20
29.1	12,91	MPE25-16	ВВГнг-5х2,5	3,38
29.2	12,91	MPE25-16	ВВГнг-5х2,5	3,38
30 Кран мостовий (380В)	139,94	EB2 250/3S	ВВГнг-5х70	0,42
	-	EB2 250/3S	КСПУ 5х70	2,91

Таблиця А3.

Результати розрахунку струмів короткого замикання.

Назва споживача	Довжина кабелю, м	Переріз кабелю, мм <sup>2</sup>	$I_{к2}^{(3)}$ , кА	$I_{к2}^{(1)}$ , кА	$I_{к3}^{(3)}$ , кА	$I_{к3}^{(1)}$ , кА
ВРП 1.1	15	4x240	21,83	25,0	-	-
1 Металорізальні верстати дрібносерійного виробництва (380В)	170	16	1,1	0,5	-	-
1.1	6	2,5	-	-	0,88	0,38
1.2	10	2,5	-	-	0,79	0,34
1.3	5	2,5	-	-	0,90	0,39
1.4	9	2,5	-	-	0,81	0,35
2 Металорізальні верстати багатосерійного виробництва (380В)	165	10	0,74	0,30	-	-
2.1	7	4	-	-	0,65	0,27
2.2	10	4	-	-	0,63	0,26
3 Пресс штампувальний (380В)	130	16	1,42	0,60	-	-
3.1	8	4	-	-	1,11	0,49
3.2	8	4	-	-	1,11	0,49
3.3	15	4	-	-	0,96	0,42
3.4	15	4	-	-	0,96	0,42
4 Електропривід молоту (380В)	130	4	0,38	0,15	-	-
4.1	5	2,5	-	-	0,35	0,14
4.2	5	2,5	-	-	0,35	0,14
5 Вологопрітний станок (380В)	90	4	0,54	0,22	-	-
5.1	5	2,5	-	-	0,49	0,20
5.2	13	2,5	-	-	0,43	0,18
6 Щит кондиціонування (380В)	45	2x70	11,63	5,95	-	-
Руфтоп (380В)	25	70	-	-	9,31	0,46
Руфтоп (380В)	35	70	-	-	8,62	0,34
7 Щит аварійного освітлення	-	-	-	-	-	-
Приміщення А (380В)	150	1,5	0,13	0,08	-	-
Приміщення Б (380В)	131	1,5	0,14	0,10	-	-
Приміщення В (380В)	102	1,5	0,18	0,12	-	-
Приміщення Д (380В)	22	1,5	0,83	0,56	-	-
Приміщення Є (220В)	10	1,5	-	1,20	-	-
Приміщення Ж (380В)	45	1,5	0,41	0,28	-	-
Приміщення З (380В)	104	1,5	0,18	0,12	-	-
Приміщення К (380В)	55	1,5	0,34	0,23	-	-
Приміщення О (220В)	160	1,5	-	0,08	-	-



## Продовження таблиці А3

Назва споживача	Довжина кабелю, м	Переріз кабелю, мм <sup>2</sup>	I <sub>к2</sub> , КА	I <sub>к2</sub> , КА	I <sub>к3</sub> , КА	I <sub>к3</sub> , КА
8 Щит серверної (380В)	156	4	0,31	0,13	-	-
9 Щит аварійного освітлення офісу (380В)	80	2,5	0,38	0,16	-	-
10 Насосна станція (380В)	141	4	0,35	0,14	-	-
ВРП 1.2	15	4x240	21,8	25	-	-
11 Транспортёр (380В)	59	6	1,21	0,50	-	-
11.1	8	2,5	-	-	0,89	0,38
11.2	35	2,5	-	-	0,50	0,21
11.3	62	2,5	-	-	0,35	0,14
11.4	89	2,5	-	-	0,27	0,11
12 Тельфер (380В)	-	-	-	-	-	-
12.1	140	4	0,35	0,14	-	-
12.2	55	2,5	-	-	0,21	0,09
	72	4	0,67	0,28	-	-
	58	2,5	-	-	0,29	0,12
12.3	51	4	0,93	0,39	-	-
	70	2,5	-	-	0,30	0,12
13 Зварювальні трансформатори (380В)	101	4	0,48	0,20	-	-
13.1	7	2,5	-	-	0,43	0,18
13.2	10	2,5	-	-	0,41	0,17
13.3	13	2,5	-	-	0,39	0,16
13.4	16	2,5	-	-	0,38	0,16
14 Стикові зварювальні машини (380В)	118	10	1,02	0,42	-	-
14.1	8	2,5	-	-	0,78	0,33
14.2	11	2,5	-	-	0,73	0,31
14.3	14	2,5	-	-	0,68	0,29
14.4	17	2,5	-	-	0,64	0,27
15 Піч опору (380В)	125	16	1,47	0,63	-	-
15.1	5	6	-	-	1,28	0,57
15.2	19	6	-	-	1,04	0,45
16 Сушильна шафа (380В)	50	6	1,41	0,59	-	-
16.1	10	4	-	-	1,06	0,46
16.2	20	4	-	-	0,88	0,37

НУБІП України

## Продовження таблиці А3

Назва споживача	Довжина кабелю, м	Переріз кабелю, мм <sup>2</sup>	I <sup>(3)</sup> <sub>кз</sub> , кА	I <sup>(1)</sup> <sub>кз</sub> , кА	I <sup>(3)</sup> <sub>кз</sub> , кА	I <sup>(1)</sup> <sub>кз</sub> , кА
17 Верстат шліфувальний (380В)	184	6	0,40	0,16	-	-
17.1	21	2,5	-	-	0,31	0,13
17.2	12	2,5	-	-	0,34	0,14
17.3	10	2,5	-	-	0,35	0,14
17.4	11	2,5	-	-	0,35	0,14
18 Верстат свердлильний (380В)	95	6	0,77	0,31	-	-
18.1	21	2,5	-	-	0,50	0,21
18.2	24	2,5	-	-	0,47	0,20
18.3	27	2,5	-	-	0,45	0,19
18.4	30	2,5	-	-	0,43	0,18
19 Верстат розточний (380В)	88	6	0,83	0,34	-	-
19.1	6	2,5	-	-	0,70	0,29
19.2	10	2,5	-	-	0,64	0,27
19.3	14	2,5	-	-	0,59	0,25
19.4	17	2,5	-	-	0,56	0,23
19.5	21	2,5	-	-	0,52	0,22
19.6	25	2,5	-	-	0,49	0,20
20 Верстат фрезерний (380В)	128	16	1,44	0,61	-	-
20.1	5	2,5	-	-	1,12	0,49
20.2	9	2,5	-	-	0,98	0,43
20.3	13	2,5	-	-	0,87	0,38
20.4	18	2,5	-	-	0,76	0,33
20.5	22	2,5	-	-	0,69	0,30
20.6	26	2,5	-	-	0,64	0,27
21 Верстат гвинторізальний (380В)	78	10	1,50	0,63	-	-
21.1	6	2,5	-	-	1,12	0,49
21.2	10	2,5	-	-	0,98	0,42
21.3	14	2,5	-	-	0,87	0,37
21.4	17	2,5	-	-	0,80	0,34
21.5	21	2,5	-	-	0,72	0,31
21.6	25	2,5	-	-	0,66	0,28
22 Верстат токарний (380В)	137	16	1,95	0,57	-	-
22.1	5	2,5	-	-	1,07	0,47
22.2	9	2,5	-	-	0,94	0,41
22.3	13	2,5	-	-	0,83	0,36
22.4	18	2,5	-	-	0,73	0,31
22.5	22	2,5	-	-	0,67	0,29

## Продовження таблиці А3

Назва споживача	Довжина кабелю, м	Переріз кабелю, мм <sup>2</sup>	$I_{к2}^{(2)}$ , кА	$I_{к2}^{(1)}$ , кА	$I_{к3}^{(3)}$ , кА	$I_{к3}^{(1)}$ , кА
22.6	26	2,5	-	-	0,62	0,26
23 Верстат точильний (380В)	112	4	0,44	0,18	-	-
23.1	21	2,5	-	-	0,33	0,14
23.2	24	2,5	-	-	0,32	0,13
23.3	27	2,5	-	-	0,31	0,13
23.4	30	2,5	-	-	0,30	0,13
24 Вертикально-свердильний верстат (380В)	190	4	0,26	0,11	-	-
24.1	7	2,5	-	-	0,24	0,10
24.2	11	2,5	-	-	0,23	0,10
24.3	15	2,5	-	-	0,23	0,09
24.4	19	2,5	-	-	0,22	0,09
24.5	26	2,5	-	-	0,22	0,09
24.6	27	2,5	-	-	0,21	0,09
25 Прес (380В)	113	4	0,43	0,18	-	-
25.1	7	2,5	-	-	0,39	0,16
25.2	14	2,5	-	-	0,36	0,15
26 Піч закалювання (380В)	90	6	0,81	0,33	-	-
26.1	4	2,5	-	-	0,72	0,30
26.2	8	2,5	-	-	0,65	0,27
26.3	12	2,5	-	-	0,60	0,25
27 Щит офісу (380В)	80	16	2,24	0,96	-	-
28 Щит освітлення (380В)	-	-	-	-	-	-
Приміщення А (380В)	150	1,5	0,13	0,08	-	-
Приміщення Б (380В)	131	1,5	0,14	0,10	-	-
Приміщення В (380В)	102	1,5	0,18	0,12	-	-
Приміщення Д (380В)	22	1,5	0,83	0,56	-	-
Приміщення Є (220В)	10	1,5	-	1,20	-	-
Приміщення Ж (380В)	45	1,5	0,41	0,28	-	-
Приміщення З (380В)	104	1,5	0,18	0,12	-	-
Приміщення К (380В)	55	1,5	0,34	0,23	-	-
Приміщення О (220В)	160	1,5	-	0,08	-	-
29 Круглошліфувальний верстат (380В)	155	6	0,48	0,19	-	-
29.1	5	2,5	-	-	0,44	0,18
29.2	5	2,5	-	-	0,44	0,18
30 Кран мостовий (380В)	25	70	14,35	9,00	-	-
	100	70	-	-	5,28	2,53