МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Проектування системи електропостачання дитячої їдальні ДОЗ «Універ»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав студент, гр. ЕТ-61 _____ І.В. Масалітін
(підпис)

Керівник к.ф.-м.н., доцент _____ М.В. Петровський
(підпис)

Суми 2020

Реферат

с. 65, рис. 3, табл. 20

Бібліографічний опис: Масалітін І.В. Проєктування електропостачання дитячої їдальні ДОЗ «Універ» [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавр; спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / І.В. Масалітін; керівник М.В. Петровський. – Суми: СумДУ, 2020. – 65 с.

Ключові слова:

Розробка плану дитячої їдальні, характеристика їдальні; розрахунок силових електричних навантажень; вибір силових трансформаторів та пристроїв компенсації реактивної потужності; вибір перерізу провідників; розрахунок струмів короткого замикання; вибір електричних комутаційних апаратів.

Development of the children's dining room plan, characteristics of the dining room; calculation of power electrical loads; selection of power transformers and reactive power compensation devices; selection of conductor cross-sections; calculation of short-circuit currents; selection of electrical switching devices.

Разработка плана детской столовой, характеристик столовой; расчет силовых электрических нагрузок; выбор силовых трансформаторов и устройств компенсации реактивной мощности; выбор сечений проводников, расчет токов короткого замыкания; выбор электрических коммутационных аппаратов.

Короткий огляд.

Виконано аналіз режимів роботи дитячої їдальні, проведений розрахунок силових електричних навантажень, вибір нових провідників, розрахунок струмів кроткого замикання, вибір електричних комутаційних вимикачів.

ПЕРЕЛІК СКОРЕЧЕНЬ

АВ – автоматичний вимикач

ВН – висока напруга

ДЖ – джерело живлення

ДРП – джерело реактивної потужності

ЕА – електричний апарат

ЕП – електроприймач

ККУ – комплектні конденсаторні установки

СКЗ – струм короткого замикання

НН – низька напруга

ПС – підстанція

ПЗ – пристрій заземлення

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПТЕ – правила технічної експлуатації

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

СЕП – система електропостачання

СРШ – силова розподільна шафа

ТП – трансформаторна підстанція

ШР – щит розподільний

ШРО – щит робочого освітлення

Зміст

Реферат 2

Вступ 6

1 Характеристика їдальні 7

1.1 Основні параметри, за якими оцінюється електрична енергія 7

2 Розрахунок силових електричних навантажень 9

2.1 Розрахункові навантаження на різних рівнях СЕП 9

2.2 Розрахунок силового навантаження 11

2.3 Розрахунок силових електричних навантажень на першому рівні електропостачання 17

2.4 Розрахунок силових електричних навантажень на другому рівні електропостачання 19

2.5 Розрахунок силових електричних навантажень на третьому рівні електропостачання 19

2.6 Розрахунок навантажень загального та аварійного освітлення цеху 20

2.7 Розрахунок навантажень шин низької напруги цехової трансформаторної підстанції 21

2.8 Розрахунок пікових струмів 21

3 Вибір силових трансформаторів та пристроїв компенсації реактивної потужності 23

3.1 Вибір кількості та потужності силових трансформаторів 23

3.2 Вибір кількості та потужності пристроїв компенсації реактивної енергії 25

4 Вибір перерізу провідників 28

4.1 Вибір перерізу кабельної лінії понад 1 кВ 28

4.2 Вибір перерізу кабелів 31

4.3 Вибір перерізу провідників розподільної мережі 33

5 Розрахунок струмів короткого замикання 35

5.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричних мережах до 1 кВ 36

5.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання в електричних мережах до 1 кВ 39

6 Вибір електричних апаратів 42

6.1 Вибір автоматичних вимикачів вводу 42

6.2 Вибір лінійних автоматичних вимикачів 43
6.3 Вибір автоматичних вимикачів 44
6.4 Вибір рубильників 45
7 Охорона праці 46
7.1 Законодавство з охорони праці. Загальні положення 46
7.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці 49
7.3 Пожежна профілактика 50
7.4 Електробезпека. Загальні положення 51
7.5 Захист від ураження кроковою напругою 52
7.6 Технічні заходи що створюють безпечні умови виконання робіт 52
Висновки 60
Список використаної літератури 61
Додатки 63
Додаток А 63
Додаток Б 64
Додаток В 65

Вступ

Електричну енергію у сучасному розвиненому суспільстві широко використовують як у виробничій сфері, так і в побуті. Вона за допомогою різного роду пристроїв забезпечує виконання технологічних процесів у виробництві та побуті. Ці пристрої являють собою електроприймачі та споживачі електричної енергії. Основними електроприймачами промислових підприємств є електродвигуни, комплексні електроприводи, електропечі, прилади електричного освітлення, перетворювальні установки тощо.

Головним завданням проектування є розробка електропостачання дитячої їдальні, при яких забезпечується оптимальна надійність постачання споживачів електроенергією в необхідних розмірах, необхідної якості з найменшими витратами. Реалізація данного завдання пов'язана з розглядом низки питань, що виникають на різних етапах проектування. Надійність системи електропостачання в першу чергу визначається схемними і конструктивними побудовами системи, розумним обсягом закладених у неї резервів. Раціональні схеми рішення повинні забезпечувати обмеження струмів короткого замикання.

У ході виконання роботи буде розроблено внутрішнє електропостачання мучної, мясної, моечной,овочной, морозильной ділянки. Для цього будуть розраховані електричні навантаження, обрано число та потужність трансформаторів ТП, номінальна напруга, переріз кабелів. Також буде виконаний вибір та перевірка комутаційно-захисної апаратури.

1 Характеристика їдальні

1.1 Основні параметри, за якими оцінюється електрична енергія

У даній бакалаврській роботі буде розглядатися їдальня дитячого харчування, як спеціалізується на виготовлення їжі для дітей підчас їх перебування у літньому таборі.

Їдальня призначена для приготування їжі. Для цієї мети встановлено основне робоче обладнання: Електричні жаровні з пічью, котли, Електричні плити, водонагрівачі холодильники, посудомійні машини, картопле різка, морозильна шафа.

ЕП розраховані на напругу 0,38 кВ частотою 50 Гц.

Відстань до КТП: 300 м.

Напруга джерела живлення: 10 кВ.

Режим роботи нейтралі в мережі НН: глухозаземлена.

Середовище промислового приміщення: нормальне.

Загальна площа цеху: 110×156 м^2

Відсоток ЕП по категорії надійності електропостачання:

I – 20%;

II – 30%;

III – 50%.

Загальний перелік електрообладнання із вказаними вихідними даними наведено у таблиці 1.1. Схема електропостачання наведена в **додатку А.**

Таблиця 1.1 – Силові електроприймачі їдальні

Найменування груп	Кіл-ть. ЕП, шт.	Номінальна потужність, кВт		Коеф. викор. $К_В$	Коеф. потужності	
		одного ЕП, $р_{ном}$	загальна, $Р_{ном}$		cosφ	tgφ
Електрична жаровня	1	8,3	8,3	0,15	0,7	1,02
Котел	2	5,3	10,6	0,2	0,5	1,73
Електрична плита	4	2	8	0,15	0,8	1,03
Водонагрівач	1	4,3	4,3	0,2	0,5	1,73
Усього по мучній ділянці	**8**					
Електромясорубка	1	1,5	1,5	0,65	0,98	0,2
Холодильник	1	2	2	0,7	0,8	0,75
Усього по мясній ділянці	**2**					
Посудомойка	1	20	20	0,85	0,6	1,33
Усього по посудомийній ділянці	**1**					
Картоплерізка	1	1,5	1,5	0,8	0,5	0,93
Усього по овощній ділянці	**1**					
Морозильний шкаф	1	3	3	0,72	0,8	0,77
Усього по морозильній ділянці	**1**					

2 Розрахунок силових електричних навантажень

2.1 Розрахункові навантаження на різних рівнях СЕП

Знання електричних навантажень необхідне для вибору і перевірки провідників (шин, кабелів і інших) і трансформаторів на пропускну здатність, а також для розрахунку втрат і відхилень напруги, вибору захисту і компенсуючих пристроїв.

Під час проектування зазвичай визначають [1-4]:

а) середнє за максимально завантажену зміну $P_{с.зм}$ і середньорічне $P_{ср}$ навантаження. Величина $P_{с.зм}$ необхідна для визначення розрахункового активного навантаження $P_р$, а величина $P_{ср}$- для визначення річних втрат електроенергії;

б) розрахункове активне $P_р$ і реактивне $Q_р$ навантаження. Ці величини необхідні для розрахунку мереж за умовами допустимого нагріву, вибору потужності трансформаторів і перетворювачів, а також для визначення максимальних втрат потужності, відхилень і втрат напруги;

в) максимальне короткочасне (пусковий або піковий струм) $I_п$; ця величина необхідна для перевірки коливань напруги, визначення струму спрацювання релейного захисту, вибору плавких вставок запобіжників і перевірки електричних мереж за умовами самозапуску двигунів.

В системі електропостачання промислового підприємства існує кілька рівнів визначення розрахункових електричних навантажень (рисунок 1.1):

а) визначення розрахункового навантаження, створюваного одним приймачем напругою до 1000 В (рівень 1) – необхідне для вибору перерізу проводу або кабелю, що підходить до даного приймача, і апарату, за допомогою якого проводиться приєднання приймача до силової розподільчої шафи (ШС) або розподільчої лінії (ШРА);

б) визначення розрахункового навантаження, створюваного групою приймачів, напругою до 1000 В (рівень 2) - необхідне для вибору перерізу радіальної лінії або розподільчої магістралі, що живлять групу приймачів, і апарату, через який приєднано дану групу приймачів до головного силової розподільної шафи або живильної магістралі, перерізу ліній, що відходять від шин 0,4 кВ цехової ТП;

в) визначення розрахункового навантаження на шинах нижчої напруги цехової ТП (рівень 3) – необхідне для вибору трансформаторів цехової ТП, а також відповідних комутаційних апаратів;

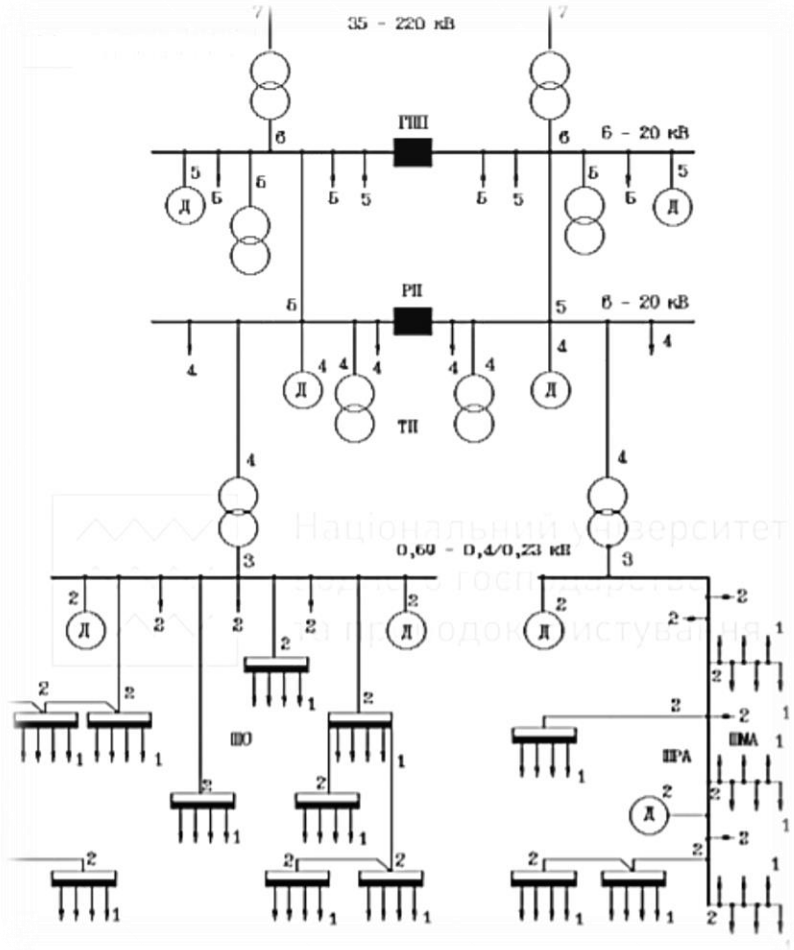

Рисунок 1.1 – Ієрархічна будова СЕП

г) визначення розрахункового навантаження на шинах 10 (10) кВ цехових трансформаторів з урахуванням втрат в трансформаторах (рівень

4) та окремих високовольтних електроприймачів – необхідне для вибору перерізу проводів ліній, що відходять від шин РП і живлять цехові трансформатори і приймачі високої напруги, для вибору відповідних комутаційних апаратів;

д) визначення загального розрахункового навантаження на шинах РП (рівень 5) – необхідне для вибору перерізу і матеріалу шин 10 (6, 20) кВ РП, перерізу ліній, що живлять РП, відповідної комутаційної апаратури. У разі, якщо від шин ГПП безпосередньо живляться цехові трансформатори або приймачі, рівень 5 відповідає рівню 6;

е) визначення загальної розрахункового навантаження на шинах ГПП (рівень 6) – необхідне для вибору числа і потужності знижувальних трансформаторів ГПП, вибору перерізу і матеріалу шин ГПП комутаційних апаратів, що встановлюються на стороні нижчої напруги трансформаторів КТП;

ж) визначення розрахункового навантаження на стороні вищої напруги (35 – 220 кВ) трансформаторів ГПП з урахуванням втрат в трансформаторах (рівень 7) – необхідне для вибору перерізу повітряних ліній, що живлять трансформатори ГПП, комутаційних апаратів.

2.2 Розрахунок силового навантаження

Розрахунок електричних навантажень цеху, будь-якого вузла СЕП (силового розподільного пункту, силової шафи, , секції шин, щитів станцій управління цехової трансформаторної підстанції тощо) згідно [5] та [6] виконують за методом коефіцієнта розрахункової активної потужності K_p (модифікований метод упорядкованих діаграм).

Під час розрахунку електричних навантажень всі ЕП розподіляються на характерні групи з однаковими $K_в$ і $cos\varphi$. При цьому резервні

електроприймачі, ремонтні зварювальні трансформатори і інші ремонтні електроприймачі, а також електроприймачі, що працюють короткочасно (пожежні насоси, засувки, вентилі тощо), не враховуються.

Для багатодвигунових ЕП враховуються всі одночасно працюючі електродвигуни даного приводу. Якщо серед цих електродвигунів є такі, що одночасно вмикаються (з ідентичним режимом роботи), то вони враховуються в розрахунку як один ЕП з номінальною потужністю, яка дорівнює сумі номінальних потужностей одночасно працюючих двигунів. Номінальні потужності електродвигунів з повторно-короткочасним режимом роботи не зводяться до тривалого режиму (ПВ = 100%).

Під час розрахунку електричних навантажень живлячих мереж до 1 кВ вузли живлення групуються по територіальному розміщенню ЕП (по ділянках цеху, відділеннях тощо).

Розрахунок виконують по формі Ф636-92 [6]. Вихідні дані для розрахунку (графи 1-6) заповнюються на підставі отриманих від технологів, сантехніків та інших фахівців таблиць-завдань на проектування електротехнічної частини і відповідно до довідкових матеріалів в яких наведені значення коефіцієнтів використання $K_в$ і коефіцієнтів реактивної потужності $\cos\varphi$ для індивідуальних ЕП. У графах 2 і 4 наводять дані лише робочих ЕП.

Таблиця 1.2 Розрахунок силового навантаження (Форма Ф 636 – 92)

Вихідні дані						Розрахункові величини							
по завданню технологів				Довідникові дані									
Найменування ЕП	Кількість ЕП ***n***, шт.	Встановлена потужність, кВт		Коефіцієнт використання, $K_в$	Коефіцієнт потужності $cos\varphi/tg\varphi$	Середня потужність		Ефективне число ЕП n_e	коефіцієнт розрахункової потужності, K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p, А
		Одного ЕП $p_{ном}$	Загальна $P_{ном} = nxp_{ном}$			Активнеа, кВт $K_в \cdot P_{ном}$	Реактивна, кВАр $K_в = P_{ном} \cdot tg\varphi$			Активна, P_p, кВт	Реактивна Q_p, кВАр	Повна S_p, кВА	
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*

Порядок розрахунку (згідно з [6]):

1. Для кожної характерної групи ЕП визначають середню активну і реактивну потужність. Середня активна потужність:

$$P_{с.м} = K_в \cdot P_{ном} = K_в \cdot n \cdot p_{ном}, \qquad (2.1)$$

де $P_{ном}$ – сумарна номінальна потужність ЕП групи – групова номінальна (встановлена) потужність, кВт;

$p_{ном}$ – номінальна (встановлена) потужність одного ЕП груп потужність, позначена на табличці або в його паспорті. Для агрегатів з багатодвигунним приводом номінальною потужністю є найбільша сума номінальних потужностей одночасно працюючих двигунів;

n – кількість ЕП в групі;

$K_в$ – коефіцієнт використання активної потужності ЕП групи.

Середня реактивна потужність:

$$Q_{с.м} = K_в \cdot P_{ном} \cdot tg\varphi, \qquad (2.2)$$

де $tg\varphi$ - коефіцієнт потужності, що відповідає $\cos\varphi$.

2. Обчислюють груповий (середньозважений) коефіцієнт використання вузла живлення:

$$K_{в.гр} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{ном.і} \cdot K_{в.і}}{\sum_{i=1}^{n} P_{ном.і}}, \qquad (2.3)$$

де $P_{ном.і}$ - номінальна потужність *і*-ої групи ЕП;

n - кількість груп ЕП;

$K_{в.і}$ - коефіцієнт використання активної потужності *і*-ої групи ЕП.

3. Обчислюють ефективну кількість електроприймачів:

Для кожного вузла живлення (розподільний пункт, шафа, збірка, розподільний шинопровід, щит станцій управління) ефективну кількість електроприймачів n_e рекомендується визначати за формулою:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} P_{ном.і}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(p_{ном.і}^2 \cdot n_i\right)}, \qquad (2.4)$$

де n_e - кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яке дає те ж значення розрахункового максимуму $\left(P_p\right)$, що і група з реального числа ЕП $\left(n\right)$ різних за потужністю і режиму роботи; $\sum_{i=1}^{n} P_{ном.і}$ - сумарна встановлена потужність ЕП вузла живлення; $p_{ном.і}$ - номінальна (встановлена) потужність *і*-го ЕП, кВт.

Під час розрахунку електричних навантажень магістрального шинопроводу, на шинах ЦТП, в цілому по цеху, підприємству ефективне число електроприймачів визначають за спрощеною формулою:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{ном.i}}{p_{ном.\max}}, \qquad (2.5)$$

де $p_{ном.\max}$ - номінальна потужність найбільш потужного ЕП цеху.

Обчислене значення n_e округлюється до найближчого меншого цілого числа. Якщо n_e < 4 рекомендується використовувати номограму (рисунок Д.1). Якщо $n_e > n$, або якщо:

$$\frac{p_{ном.\min}}{p_{ном.\max}} = m \le 3, \qquad (2.6)$$

де $p_{ном.\min}$ - номінальна потужність найменш потужного ЕП групи, то слід приймати: $n_e = n$

4. Визначають коефіцієнт розрахункової активної потужності k_p залежно від значення групового коефіцієнта використання ($K_{в.гр.}$), ефективного числа ЕП (n_e) і постійної часу нагріву ($T0$).

Постійну часу нагріву приймають:

- T_0 = 10 хв. - для мереж напругою до 1 кВ, що живлять розподільчі пункти й шинопроводи, щити. Значення K_p для цих мереж залежно від $K_{в.гр.}$ і n_e приймають за табл. Д.3

- $T0$=2,5 год. - для магістральних шинопроводів і цехових трансформаторів. Значення K_p приймають за табл. Д.2

5. Обчислюють розрахункову активну та реактивну потужність вузла живлення.

Розрахункова активна потужність вузла живлення:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(P_{ном.i} \cdot K_{в.i} \right). \quad (2.7)$$

Якщо значення розрахункової потужності ***Pp*** виявиться меншим номінальної потужності найбільш потужного ЕП, то слід прийняти:

$$P_p = P_{ном.\max}. \quad (2.8)$$

Розрахункова реактивна потужність для мереж напругою до 1 кВ, що живлять розподільчі пункти й шинопроводи, щити, залежно від n_e визначається за формулами:

- якщо $n_e \leq 10$, то:
-

$$Q_p = 1{,}1 \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(P_{ном.i} \cdot K_{в.i} \cdot tg\varphi_i \right), \quad (2.9)$$

- якщо $n_e > 10$, то:

$$Q_p = \sum_{i=1}^{n} \left(P_{ном.i} \cdot K_{в.i} \cdot tg\varphi_i \right). \quad (2.10)$$

Розрахункова реактивна потужність для магістральних шинопроводів і на шинах цехових трансформаторних підстанцій незалежно від ne визначається за формулою:

$$Q_p = K \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(P_{ном.i} \cdot K_{в.i} \cdot tg\varphi_i \right). \quad (2.11)$$

6. Обчислюють повну розрахункову потужність вузла живлення:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.12)$$

У випадку спільного живлення силового та освітлювального навантаження повна розрахункова потужність вузла живлення визначається за формулою:

$$S_p = \sqrt{\left(P_{p.c} + P_{p.o}\right)^2 + \left(Q_{p.c} + Q_{p.o}\right)^2}. \quad (2.12)$$

7. Для мереж напругою до 1 кВ, що живлять розподільчі пункти й шинопроводи, щити тощо, обчислюють розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (2.13)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга мережі.

2.3 Розрахунок силових електричних навантажень на першому рівні електропостачання

На *першому* рівні електропостачання навантаження на лінію створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому фактичному коефіцієнті завантаження (в нашому випадку) ЕП розрахункові активні та реактивні навантаження визначаються за формулами

$$P_{р.1} = k_з \cdot p_{ном},$$
$$Q_{р.1} = P_{р.1} \cdot tg\varphi,$$
$$S_{р.1} = \sqrt{\left(P_{р.1}\right)^2 + \left(Q_{р.1}\right)^2}, \quad (2.14)$$
$$I_{р.1} = \frac{S_{р.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$
$$I_{пуск} = I_{р.1} \cdot k_{пуск},$$

де $tg\varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності, яке характерне для даного ЕП; $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ; $k_{пуск}$ – коефіцієнт пуску.

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними, але якщо вони відсутні то величина пускового струму приймається: 5-кратною для АД к короткозамкненим ротором та СД та 1-кратною для електропечей опору.

Таблиця 2.1 – Розрахункове силове навантаження на першому рівні електропостачання

Найменування	$p_{ном}$, кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Розархункові дані				
				$P_{р.1}$, кВт	$Q_{р.1}$, кВАр	$S_{р.1}$, кВА	$I_{р.1}$, А	$I_{пуск}$, А
Електрична жаровня з духовкою	6	0,7	1,02	6	8,5	10,4	9,7	31,2
Котел	10,6	0,5	1,73	10,6	18,33	21,1	19,8	63,5
Електрична плита	8	0,8	1,03	8	25,9	27,1	25,3	81,3
Водонагрівач	4,3	0,5	1,73	4,3	7,4	8,5	8,0	25,6
Електром’ясорубка	1,5	0,6	1,33	1,5	1,99	2,4	2,3	7,4
Холодильник	2	0,98	0,2	2	0,2	2,01	1,8	6,03
Посудомийка	20	0,6	1,33	20	1,33	20,04	18,7	60,1
Картоплерізка	1,5	0,5	0,93	1,5	1,4	2,0	1,9	6.15
Морозильна шафа	2	0,8	0,77	2	1	3,1	2,9	9,4

2.4 Розрахунок силових електричних навантажень на другому рівні електропостачання

На *другому* рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЕ. Оскільки, одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження буде менше від суми їх номінальних потужностей, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних і реактивних навантажень $K_{р.а}$ і $K_{р.р}$ відповідно.

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K_{р.р}$ залежить від ефективного числа ЕП $n_е$, групового коефіцієнта використання $K_{в.а}$ активної потужності та сталої часу нагрівання мережі $T_о$ = 10 хв [4]

2.5 Розрахунок силових електричних навантажень на третьому рівні електропостачання

На *третьому* рівні електропостачання результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде близьким до значення середнього навантаження за максимально завантажену зміну, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних і реактивних навантажень і відповідно [3].

На цьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень також залежить від ефективного числа ЕП , группового коефіцієнта використання активної потужності та сталої часу нагрівання мережі $T_о$ = 2,5 години [2].

2.6 Розрахунок навантажень загального та аварійного освітлення цеху

Електричне освітлення виробничих приміщень виконується світильниками, які розподіляють рівномірно по кожній окремій фазі трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження [2].

Розрахункове навантаження загального електричного освітлення цеху визначається *методом коефіцієнта попиту* [6, 7]

Для цього слід розрахувати номінальне навантаження загального освітлення цеху , яке визначається за формулою

$$P_{заг.о} = k \cdot p_{п.о} \cdot F \cdot 10^{-3}, \qquad (2.15)$$

де k – коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла. В нашому цеху застосовуються лампи типу Т8, тому приймаємо 1,0; $p_{п.о}$ - питома установлена потужність загального освітлення цеху, кВт/м^2; F - площа цеху, яка підлягає освітленню, м^2.

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху визначається так:

$$P_{р.о} = P_{заг.о} \cdot K_{п.о}, \qquad (2.16)$$

де $K_{п.о}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення.

Для виробничих будівель , що виконуються у вигляді великих прогонів приймається рівним [2]. Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення цеху визначається як

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot tg\varphi, \qquad (2.17)$$

де $tg\varphi$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, прийнятого для ламп ДРЛ рівним (0,5)

Далі так само, визначажмо повну потужність та розрахунковий струм.

2.7 Розрахунок навантажень шин низької напруги цехової трансформаторної підстанції

Розрахункове навантаження на шинах НН ЦТП необхідне для вибору номінальної потужності трансформаторів і пристроїв компенсації реактивної потужності [2].

При обчисленні загального розрахункового навантаження ЦТП приймаємо коефіцієнт одночасності максимумів навантаження $K_o = 1$.

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою

$$P_{р.ЦТП} = P_{р.З} + P_{р.о} + P_{р.а.о}. \quad (2.18)$$

За цією ж формулою визначаємо вже реактивне навантаження, остаточно за схожими формулами визначаємо повне навантаження ЦТП та розрахунковий струм.

Результати розрахунків всіх етапів зводимо у табл. 2.2.

2.8 Розрахунок пікових струмів

Піковий струм від групи більше п’яти ЕП напругою до 1 кВ, при активно індуктивному навантаженні з достатньою точністю можна визначити як арифметичну суму найбільшого з пускових струмів ЕД у групі та

розрахункового струму всіх ЕП групи без номінального струму ЕД з найбільшим пусковим струмом [8]:

$$I_{пік} = I_{пуск.\max} + \left(I_{р.2} - k_в \cdot I_{ном.\max}\right), \quad (2.19)$$

де $I_{р.2}$ – розрахунковий струм усіх ЕП групи; $k_в$ – коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом; $I_{ном.\max}$ – номінальний струм ЕД за найбільшим пусковим струмом $I_{пуск.\max}$.

Найбільші пускові струми ЕД $I_{пуск.\max}$ для групи ЕП вибираються із таблиці 2.1.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку пікових струмів

Найменування ПРЕ	Дані найпотужнішого ЕП			$I_Р$, А	$k_в$	$I_{пік}$
	№ на плані	$I_{ном.\max}$, А	$I_{пуск.\max}$, А			
Мучной цех	8	67,5	201,7	270,2	0,8	417,9
Мясной цех	2	8,18	13,50	16,36	0,8	23,32
Моечний цех	1	46,74	60,13	46,74	0,8	69,48
Овощной цех	1	3,5	6,15	3,5	0,8	6,8
Морозильний	1	7,0	9,4	7,0	0,8	10,88

3 Вибір силових трансформаторів та пристроїв компенсації реактивної потужності

3.1 Вибір кількості та потужності силових трансформаторів

Живлення ЕП ІІІ-ї категорії передбачають від одного трансофрматора [5]. якщо перерва електропостачання, необхідна для заміни пошкодженого трансформатора, не перевищує 1 доби. ЕП ІІІ категорії замість двох однотрансформаторних підстанцій може бути встановлена одна двотрансформаторна підстанція без облаштування АВР, з повним навантаженням трансформаторів в нормальному режимі.

На основі експериментальних досліджень обгрунтовано, що номінальну потужність ЦТП (яка вибирається, як правило, однаковою для всієї групи цехових трансформаторів потужного цеху) доцільно вибирати за питомою густиною навантаження цеху [1, 2]:

$$\sigma = \frac{S_p}{F}, \tag{3.1}$$

де S_p – розрахункове навантаження об'єкту, кВА; F - площа об'єкту, м^2.

Якщо значення густини навантаження 0,2 кВ·А/м^2 і більше доцільно застосовувати трансформатори потужністю 400 кВ·А, 630 кВ·А і 1000 кВ·А; якщо густина навантаження (0,2÷0,3) кВ·А/м^2 економічною є потужність трансформаторів 1600 кВ·А; якщо густина навантаження більше ніж 0,3 кВ·А/м^2 доцільно порівняти трансформатори потужністю 1600 кВ·А і 2500 кВ·А [1, 2, 5]. Кількість типорозмірів трансформаторів на одному підприємстві має бути мінімальною [5].

Для кожної групи цехових трансформаторів однакової потужності визначається мінімальна їх кількість, необхідну для живлення розрахункової активної навантаження [1, 2]:

$$N_{\min} = \frac{P_p}{K_з S_T} + \Delta N, \tag{3.2}$$

де P_p – сумарне розрахункове навантаження, кВт; $K_з$ – коефіцієнт завантаження трансформатора; S_T – номінальна потужність трансформатора, кВА; ΔN – добавка до найближчого цілого числа.

Завантаження ЦТП залежить від категорії надійності електропостачання, числа трансформаторів та способу резервування. Отримане значення округлюється до більшого цілого числа.

Оптимальна кількість трансформаторів:

$$N = N_{\min} + m, \tag{3.2}$$

де m – додаткова кількість трансформаторів (рис.4.7, [2]);

Або застосовуємо емпіричну формулу:

$$S_{\text{ном}} \geq S_{\text{розр}} = \frac{P_{p.\text{ЦТП}}}{N * \beta_{\text{т}}} = \frac{528{,}4}{1 * 0{,}9} = 587{,}1 \text{ кВА} \tag{3.3}$$

Обираємо до встановлення ТМ-630 кВт, трансформаторами типу ТМ-630(10)/0,4 номінальною потужністю 630 кВ·А

Рисунок 3.1 – Технічні дані трансформатора

Тип тра-ра	Р.ном. кВА	U ном. кВ		Uk %	ΔPk, кВт	ΔPx, кВт	Ix,%	rT, Ом	xT, Ом	ΔQx, кВар
		ВН	НН							
ТМ-630	630	10	0,4	5,5	8	1.5	2.5	2,12	8,5	18,9

3.2 Вибір кількості та потужності пристроїв компенсації реактивної енергії

Під час проектування компенсуючі пристрої вибирають одночасно з усіма елементами СЕП. Найбільший економічним є розташування засобів компенсації реактивної потужності поблизу ЕП з найбільшим споживанням реактивної потужності.

Реактивна потужність, яку вигідно передати в мережу до 1 кВ:

$$Q_{maxT} = \sqrt{(N_{onm} * K_з * S_T)^2 - P_{\sum^2}} = 220.85 \text{ кВар}$$

(3.4)

Потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

$$Q_{hk} = Q_{\sum} - Q_{maxT} = 335.411 \text{ кВар} \quad (3.5)$$

де Q_{Σ} – сумарне розрахункове реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну. Якщо $Q_{нк} < 0$, то установка НБК не потрібна.

Оптимальне розміщення отриманої по (3.5) потужності низьковольтних КУ залежить від багатьох факторів, зокрема, від схеми електропостачання і розподілення навантаження в цеховій мережі. Встановлення КУ на шинах цехових ТП економічно недоцільно і підходить лише тоді, коли розміщення КУ в цеховій мережі неприпустимо по умовам пожежної безпеки.

Якщо цехові мережі виконані по радіальним лініям (рис. 3.2), потужність конденсаторів для окремих ліній:

$$\left.\begin{aligned} Qкн_1 &= Qн_1 - (Qрн - Qкн)\,Re/r_1; \\ Qкн_2 &= Qн_2 - (Qрн - Qкн)\,Re/r_2; \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ Qкн_n &= Qн_n - (Qрн - Qкн)\,Re/r_n. \end{aligned}\right\}$$

де $Q_{рн}$ - сумарне реактивне навантаження радіальних ліній; R_e – еквівалентний опір розрахункової схеми.

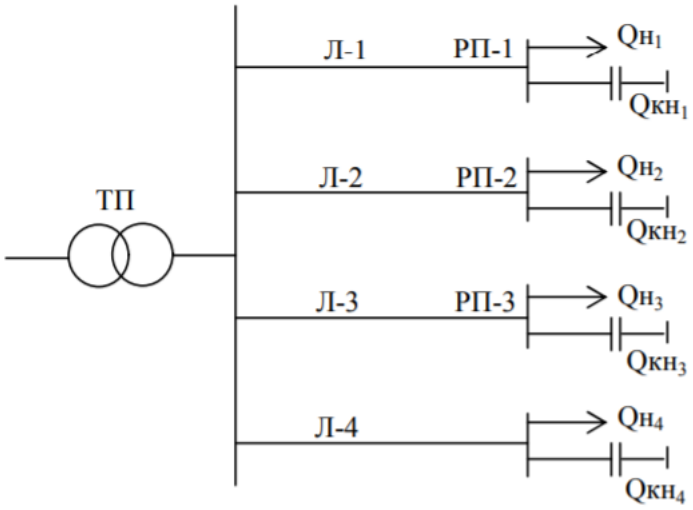

Рисунок 3.2. Розподілення конденсаторних установок в радіальній мережі 0,4кВ

В магістральних мережах (рис. 3.3) необхідні потужності конденсаторів на відгалуженнях до розподільних шинопроводів.

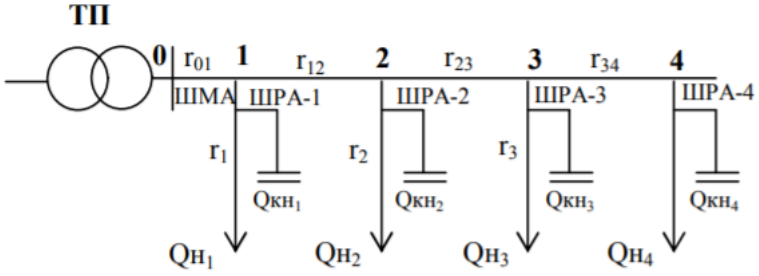

Рис. 3.3. Розподілення конденсаторних установок в магістральній мережі 0,4 кВ

Згідно отриманого значення приймаємо найближчу стандартну величину потужності ККУ , при чому для двотрансформаторної ПС кількість ККУ повинна бути парною. Отже, враховуючи вище сказане та результат формули (3.2) обираємо до встановлення дві УКРП-0,4-360/40-У3 номінальною потужністю 20 кВар кожна. Така установка має три ступені регулювання 5+5+10 кВар, що дозволить забезпечити необхідний рівень компенсації реактивної потужності на рівні 30 кВар. Також, у разі збільшення на 5% ККУ дозволять компенсувати реактивну потужність на рівні 35 кВар, а при зменшенні на 5% компенсація буде відбуватися на рівні 5 кВар. Місцем встановлення ККУ обираємо шини 0,4 кВ ЦТП.

4 Вибір перерізу провідників

В бакалаврській роботі вибору підлягають перерізи таких провідників:

- кабельні лінії напругою 10 кВ, які з'єднують трансформатори
- лінії силової живильної мережі напругою до 1 кВ;
- лінії розподільної мережі від СРШ або ШРА до ЕП;
- мережі пересувних ЕП

Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, має відповідати їх роботі в нормальному, форсованому, і аварійному режимах СЕП. У загальному випадку переріз провідників вибирають за економічною щільністю струму, нагріванням, втратами й відхиленням напруги, електродинамічною стійкістю й механічною міцністю [2].

4.1 Вибір перерізу кабельної лінії понад 1 кВ

Вибір перерізу кабельної лінії напругою 10 кВ здійснюється за нормальним режимом навантаження, а перевірка вибраного перерізу – за максимальним режимом навантаження та на стійкість за аварійним режимом.

При виборі перерізу кабелю, який живить КТП, як струм нормального режиму приймається номінальний струм первинної обмотки трансформатора, який визначається за формулою

$$I_{норм} = I_{ном.т.1} = \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.т.1}}, \quad (4.1)$$

де $S_{ном.т}$ – номінальна потужність трансформатора; $U_{ном.т.1}$ - номінальна первинна напруга трансформатора.

Економічно вигідний переріз кабелів визначається як

$$S_e = \frac{I_{норм}}{j_e}, \quad (4.3)$$

де $I_{норм}$ – струм нормального режиму;

j_e - нормоване значення економічно вигідної густини струму згідно таблиці 1.3.36 ПУЕ.

Розрахунковий економічно вигідний переріз S_e округляється до найближчого більшого стандартного перерізу $S_{табл}$ мм^2.

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для кабелю струм з урахуванням умови прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I'_{доп}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$, які наводяться в таблицях 1.3.1 і 1.3.2 ПУЕ, порівнюють зі струмом його форсованого режиму $I_Ф$ з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$.

$$K_{пер} \cdot I'_{доп} \geq I_ф = K_{рез} \cdot I_{норм}. \quad (4.4)$$

Допустимий тривалий струм $I'_{доп}$ кабелів напругою 10 кВ визначається за формулою:

$$I'_{доп} = K_{сер} \cdot I_{доп} \cdot K_{пр}. \quad (4.4)$$

де $K_{сер}$ – поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища (таблиця 1.3.3 ПУЕ); $K_{пр}$ – поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця 1.3.26 ПУЕ); $I_{доп}$ – допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (таблиці 1.3.16 і 1.3.18 ПУЕ).

Струм форсованого режиму $I_Ф$ для двотрансформаторних ПС виникає через аварію в одному з трансформаторів або лінії, яка їх живить, а також під

час ремонту одного з трансформаторів [2]. В такому випадку приймаємо коефіцієнт резервування $K_{рез} = 1.4$.

У разі невиконання умови за формулою (4.3) необхідно прийняти новее значення найближчого більшого стандартного перерізу кабелю. Далі необхідно перевірити кабель обраного перерізу $S_{табл}$ перевірити на термічну стійкість.

Термічна здатність може бути оцінена найменшим перерізом кабелю, термостійким до струму КЗ, як

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{I_K \sqrt{t}}{C}, \qquad (4.5)$$

де B_K – тепловий імпульс струму КЗ, ; C – температурний коефіцієнт, який враховує обмеження допустимої температури кабелю (наводиться в довідниках та [2] в таблиці М.8.),Ас$^{1/2}$/мм^2; $I_K = I_{n0}$ – початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ, А; t – дійсний час вимикання КЗ, с.

Якщо після розрахунку за формулою (4.5) виконується умова $S_{табл} \geq S_{\min}$, то залишається стандартний переріз кабелю. Якщо в результаті розрахунку $S_{табл} < S_{\min}$, то необхідно прийняти нове найближче більше значення стандартного перерізу кабелю $S_{табл}' \geq S_{\min}$.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку перерізу кабелю 10 кВ

Кабель до ПРЕ	$I_{норм}$, А	S_e, мм^2	$S_{табл}$, мм^2	$I_{доп} \cdot K_{пр}.$, А	$I_Ф$, А	$S_{\min}$, мм^2	Тип кабелю
До КТП	102,3	25,9	35	36,3	20,21	15,97	АШШВ-10 (3х35)

4.2 Вибір перерізу кабелів

Основною умовою вбору перерізу провідників в електричних мережах напругою до 1 кВ є величина їх нагрівання електричним струмом у нормальному, форсованому, та аварійному режимах. Тому для всіх провідників та умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрівання, яке визначається двома ефектами теплового впливу: максимально допустимою температурою та тепловим зносом ізоляції для даного режиму і класу ізоляції [2].

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового:

$$I'_{доп} \geq I_{р.2}, \tag{4.6}$$

де $I_{р.2}$ – розрахунковий струм другого рівня електропостачання.

Допустимий тривалий струм для кабелів з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{попр}$ так:

$$I'_{доп} = K_{сер} \cdot K_{пр} \cdot K_{попр} \cdot I_{доп}, \tag{4.7}$$

де $K_{попр} = 0.92$ – поправковий коефіцієнт, який уводиться при визначенні $I'_{доп}$ для чотирижильних проводів кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті із таблиця 1.3.7 ПУЕ як для трижильних кабелів.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для

остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірки на допустиму втрату напруги, та відповідності до захисного апарата.

Перевірка за умовою відповідності до захисного апарата буде проводитися після вибору захисних апаратів. Попередній розрахунок перерізу та вибір кабелю буде базуватися на величині допустимої втрати напруги у кабелю $\Delta U_{кб}$ та допустимого тривалого струму для кабелю $I'_{доп}$.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{кб} = \frac{P_{р.2} \cdot R_{кб} + Q_{р.2} \cdot X_{кб}}{10 \cdot U^2_{ном}}, \qquad (4.8)$$

де $P_{р.2}$ і $Q_{р.2}$ – розрахункові активне і реактивне навантаження другого рівня електропостачання відповідно; $R_{кб}$ і $X_{кб}$ – активний і реактивний опори кабелю відповідно; $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі.

Результати розрахунку та вибору марки і перерізу кабелю зводимо до таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Результати попереднього вибору кабелів

	Назва	$I_{р.2}$, А	$S_{табл}$, мм^2	$I'_{доп}$, А	$P_{р.2}$, кВт	$Q_{р1}$	$\Delta U_{кб}$, %	Тип кабелю
СРШ1	Холод.камера	6,48	6	30,86	1,6	40	0,1	ВВГ 3х6
	Мороз.камера	6,48	6	30,86	1,6	15	0,97	ВВГ 3х6
	Картопле різка	4,86	4	23,14	1,2	40	0,69	ВВГ 3х4
СРШ2	Котел	30,6	10	47,25	7,56	5	0,97	ВВГ 3х10
	Котел	42,1	16	65	10,4	8	0,84	ВВГ 3х16
	Електрична жаровня	24,3	6	36,6	4,8	8	1,1	ВВГ 3х6
	Електрична плита	64,8	16	80,5	12,8	8	1.03	ВВГ 3х16
	Мясорубка	4,86	4	23,14	1,2	3	0,43	ВВГ 3х4
	Водонагрівач	24,3	6	36,6	4,8	6	0,2	ВВГ 3х6
	Посудомойна машина	80,9	35	112,3	16	6	0,85	ВВГ 3х35
ЩО1	Освіт.столов	3,24	2,5	15,42	0,8	13	0,3	ВВГ 3х2,5
	Освіт.столов	3,24	2,5	15,42	0,8	10	0,24	ВВГ 3х2,5
	Освітлення	3,24	2,5	15,42	0,8	10	1,1	ВВГ 3х2,5

4.3 Вибір перерізу провідників розподільної мережі

Переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою

$$I'_{доп} \geq I_{р.1} \tag{4.15}$$

де $I_{р.1}$ – розрахунковий струм першого рівня електропостачання;

Допустимий тривалий струм $I'_{доп}$ для провідників з ПВХ ізоляцією з алюмінієвими жилами залежно від перерізу, способу прокладання, кількості проводів у трубі наводиться у таблиці 1.3.5 ПУЕ.

Для остаточного вибору перерізу необхідно провести перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю, допустимої втрати напруги та за умови відповідності захисному засобу апарату (підрозділ 6.2).

За умовою механічної міцності мінімальний переріз для мідних проводів – 2,5 мм^2.

Втрата напруги в проводах у відсотках (вираз той самий як і 4.8):

$$\Delta U_{ПР} = \frac{P_{р.1} \cdot R_{пр} + Q_{р.1} \cdot X_{пр}}{10 \cdot U^2_{ном}}, \tag{4.14}$$

Результати попереднього вибору перерізу проводів наведено у таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Результати попереднього вибору та розрахунку перерізу проводів

Провід до ЕП, №	$I_{р.2}$, А	$S_{ст}$, мм^2	$I'_{доп}$, А	$\Delta U_{кб}$, %	Тип кабелю
31	6,48	6	30,86	0,1	ВВГ 3х6
32	6,48	6	30,86	0,97	ВВГ 3х6
33	4,86	4	23,14	0,69	ВВГ 3х4
21	30,6	10	47,25	0,97	ВВГ 3х10
22	42,1	16	65	0,84	ВВГ 3х16
23	24,3	6	36,6	1,1	ВВГ 3х6
24	64,8	16	80,5	1.03	ВВГ 3х16
25	4,86	4	23,14	0,43	ВВГ 3х4
26	24,3	6	36,6	0,2	ВВГ 3х6
27	80,9	35	112,3	0,85	ВВГ 3х35

5 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ) в електроустановках напругою більше 1 кВ проводять з метою:

- вибору і перевірки електрообладнання за умовами короткого замикання;
- оцінки можливої дії релейного захисту і автоматики;
- визначення впливу струмів нульової послідовності ліній електропередач на лінії зв'язку;
- вибору заземлюючих пристроїв.

Для вибору і перевірки електрообладнання допускається використання спрощених методів розрахунку КЗ, якщо їх похибка не перевищує 10 %. У цьому випадку визначають:

- початкове значення періодичної складової струму КЗ;
- початкове значення аперіодичної складової струму КЗ;
- ударний струм короткого замикання.

Для вибору параметрів настроювання релейного захисту і автоматики визначають максимальне і мінімальне розрахункове значення періодичної і аперіодичної складової струму КЗ у найбільш віддалених від джерела живлення ділянках розрахункової схеми.

Розрахунок періодичної складової струму КЗ допускається проводити без урахування активних опорів елементів електросистеми, повітряних та кабельних ліній електропередач, якщо результуючий еквівалентний активний опір $R_{рез}$ відповідно до точки КЗ не перевищує 30 % результуючого еквівалентного індуктивного опору $X_{рез}$.

При розрахунках всі джерела електричної енергії, для яких КЗ є віддаленим, можуть бути представлені еквівалентним джерелом незмінної напруги, а всі елементи електричної мережі – загальним опором. На практиці розрахунків таке джерело називають «системою».

5.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричних мережах до 1 кВ

Розрахунок струмів короткого замикання в мережах змінного струму напругою до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю проводять при необхідності вибору і перевірки електроустаткування за умовами КЗ.

При виборі автоматичних комутаційних апаратів, а також при виборі заземлюючих пристроїв розрахунок ведуть у такій послідовності:

1) складають розрахункову схему кола короткого замикання;
2) складають еквівалентну схему заміщення;
3) проводять розрахунок опорів усіх елементів, зазначених у схемі заміщення;
4) перетворюючи схему, приводять її до найбільш простого вигляду, при якому джерело живлення було б зв'язане з точкою КЗ одним результуючим опором;
5) розраховують струми КЗ для характерних точок схеми електропостачання.

Для вибору і перевірки електроустаткування за умовами КЗ розрахунку підлягають:

1) початкове значення періодичної складової струму КЗ;
2) аперіодична складова струму КЗ;
3) ударний струм КЗ;
4) діюче значення періодичної складової струму КЗ у будь-який момент часу аж до розрахункового часу розмикання пошкодженого кола.

Для вибору уставок релейного захисту розраховують максимальне і мінімальне значення періодичної складової струму КЗ у початковий і будь-який момент часу аж до часу розмикання пошкодженого кола.

Для вибору заземлюючих пристроїв розраховують струм однофазного КЗ. При складанні еквівалентних схем заміщення параметри елементів вихідної розрахункової схеми приводять до ступеня напруги, на якій

знаходиться точка КЗ, а опори всіх елементів схеми заміщення виражають у мОм.

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{k(0)}$

$$I_{k(0)} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_1}, \tag{5.1}$$

де $U_{ном}$ – середня номінальна напруга мережі, де відбулося КЗ; Z_1 - опор прямої послідовності відповідно усіх елементів мережі, якими протікає струм КЗ.

Ударний струм i_y КЗ визначається для моменту часу $t = 0,01$:

$$i_y = k_y \cdot \sqrt{2} I_{k(0)}, \tag{5.2}$$

де k_y – ударний коефіцієнт, який залежить від постійної часу T_a.

Струми КЗ від АД, які безпосередньо приєднані до точки КЗ короткими відгалуженнями, ураховують лише при визначенні ударного струму КЗ і визначають як

$$i_{y.д} = k_{пуск} \cdot \sqrt{2} I_{ном.д}, \tag{5.3}$$

де $k_{пуск}$ – коефіцієнт пуску; $I_{ном.д}$ – номінальний струм одночасно працюючих ЕД.

Результуюче значення ударного струму визначають як суму ударних струмів від енергосистеми і від ЕД за формулою:

$$i_{y\Sigma} = i_y + i_{y.д}. \tag{5.4}$$

Відповідні схеми заміщення, за якими виконується розрахунок наведені у додатках.

Еквівалентний індуктивний опір джерела , що приведений до ступеня НН, розраховується як:

$$X_C = \frac{U^2_{ном.сер.НН}}{\sqrt{3} \cdot I_{K(0)} \cdot U_{ном.сер.ВН}}. \quad (5.5)$$

Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН розраховуються за формулами

$$R_T = \frac{\Delta P_k \cdot U^2_{ном.НН}}{S^2_{ном.Т}};\ X_T = \sqrt{u_K^2 + \left(\frac{100 \cdot \Delta P_k}{S_{ном.Т}}\right)^2} \cdot \frac{U^2_{ном.НН}}{S_{ном.Т}}. \quad (5.6)$$

Результати розрахунку параметрів схеми заміщення та струмів трифазного КЗ у початковий момент часу наведено у таблиці 5.1 та 5.2 відповідно.

Таблиця 5.1 – Розрахункові параметри схеми заміщення

Елем. схеми заміщення	R, мОм	X, мОм
Q1	9.1	1.2
T1	0.70	3.27
QF5	0.73	2.0
QF6	7.5	3,3
QF7	6,0	3,5
QF8	2,2	1,2
QF9	1,7	0,9

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку струмів трифазного КЗ в різних точках електричної мережі до 1 кВ

Точка КЗ	Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент $I_{к(0)}$, кА	Ударний струм $i_у$, кА
К11	4,22	6,1
К12	2,66	6,43
К13	1,64	2,32
К14	2,05	2,9
К15	1,84	2,6

5.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання в електричних мережах до 1 кВ

Якщо електропостачання електроустановки напругою до 1 кВ здійснюється від енергосистеми через понижуючий трансформатор, то значення періодичної складової однофазного замикання від системи $I^1_{П(0)}$ в кА розраховують за формулою:

$$I^1_{П(0)} = \frac{\sqrt{3}U_{НН}}{\sqrt{\left(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma}\right)^2 + \left(2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma}\right)^2}}, \quad (5.7)$$

Ці опори розраховують за формулами:

$$r_{0\Sigma} = r_{0Т} + r_{ТА} + r_{КВ} + r_{0Ш} + r_{0К6} + r_{Д} + 3r_{НП}, \quad (5.8)$$

де $r_{0т}$ - активний опір нульової послідовності понижуючого трансформатора, мОм; $r_{0ш}$ - активний опір нульової послідовності шинопроводу, мОм; $r_{0кб}$ - активний нульової послідовності кабеля, мОм; $r_{нп}$ - активний опір нульової послідовності проводу, мОм; $r_{кв}$ - активний опір нульової послідовності струмових котушок автоматичних вимикачів, мОм.

Так само і індуктивний опір знаходимо.

Струм однофазного замикання на землю, за яким перевіряють чутливість захисту відповідно до вимог ПУЕ, визначають за формулою:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{2\Phi}}{\frac{1}{3} Z_T^{(1)} + Z_П}, \tag{5.9}$$

де $U_{2\Phi}$ - фазова напруга вторинної обмотки понижуючого трансформатора, В; $Z_T^{(1)}$ - повний опір трансформатора при однофазному КЗ, Ом; $Z_П$ - повний опір петлі «фаза-нуль» до точки КЗ, Ом.

Величину повного опору петлі «фаза-нуль» знаходять за формулою:

$$Z_П = \sqrt{\left(r_\Phi + r_0 + r_K\right)^2 + x_П}, \tag{5.10}$$

де r_Φ, r_0 - активні опори фазного і нульового проводів від шин трансформа торної підстанції до точки КЗ, Ом; r_K - активний опір контактів (беруть 0,22 Ом); $x_П = x_0 l$ - індуктивний опір 1 км петлі «фаза-нуль», що згідно з ПУЕ беруть рівним 0,6 Ом/км; l - довжина лінії від ТП до точки КЗ, км.

Величину повного опору трансформатора струмам однофазного КЗ знаходять за таблицею або розраховують, користуючись виразом:

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{\left(x_{1T} + x_{2T} + x_{0T}\right)^2 + \left(r_{1T} + r_{2T} + r_{0T}\right)^2}, \tag{5.10}$$

де x_{1T}, r_{1T} - індуктивний і активний опори трансформатора струмам прямій послідовності, мОм; x_{2T}, r_{2T} - те ж у зворотній послідовності, мОм; x_{0T}, r_{0T} - те ж у нульовій послідовності, мОм.

Результати розрахунку параметрів схеми заміщення та струмів однофазного КЗ у початковий момент часу наведено у таблиці 5.3 та 5.4 відповідно.

Таблиця 5.3 – Розрахункові параметри схеми заміщення

Елем. схеми заміщення	$Z_п$, мОм
T1	86,3
Kb1	2,3
QF8	7,4
QF9	4,8

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку струмів однофазного КЗ у різних точках електричної мережі до 1 кВ

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ $I_K^{(1)}$, кА
К21	7,65
К22	5,87

6 Вибір електричних апаратів

6.1 Вибір автоматичних вимикачів вводу

Обрана до встановлення в їдальні СумДУ комплектується шафою введення типу ШНВ-2У3 [13]. У цій шафі встановлюється автоматичний вимикач *QF1* вводу типу ВА51-41.

Результати вибору автоматичного вимикача вводу наведено в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Каталожні та розрахункові дані автомата вводу *QF1*

Умови вибору	Каталожні дані автомата	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	400 В	380 В
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_{Ф}$	1000 А	957,1 А
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_{ф}$	1000 А	957,1 А
За номінальним струмом автомата та розчеплювача $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$ р	1000 А	1000 А
За струмом уставки теплового розчеплювача $I_{сп} \geq 1{,}1 I_{ф}$	1250 А	1196,3 А
За умовою відбудови від пікових струмів $I_{св} \geq 10 I_{ном.т}$	7000 А	6 699,7 А
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_{К}^{(3)}$ к	60 кА	13,14 кА
За умовою чутливості $I_{К}^{(1)} \geq 1{,}25 I_{с.в}$	8,75 кА	14,6 кА

6.2 Вибір лінійних автоматичних вимикачів

Обрана до встановлення КТП комплектується чотирма шафами відхідних ліній ШНЛ-8У3. Вони комплектуються лінійними автоматичними вимикачами серії ВА52-35 на різну величину номінального струму. Для ШНЛ яка живить СРШ1 обираємо до встановлення автоматичний вимикач *QF22* типу ВА52-35.

Результати вибору лінійного автоматичного вимикача *QF22* та лінійних автоматичних вимикачів *QF22–QF24* наведено у таблиці 6.3 та 6.4 відповідно.

Таблиця 6.3 – Каталожні та розрахункові дані автомата *QF1*

Умови вибору	Каталожні дані автомата	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	380 В	380 В
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_{ном.д}$	120 А	112,3 А
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{ном.тр} \geq I_{ном.д}$	125 А	112,3 А
За номінальним струмом автомата та розчеплювача $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$ р	150 А	140,3 А
За струмом уставки теплового розчеплювача $I_{у.т.р} \geq 1,25 I_{ном.д}$	150 А	150 А
За умовою відбудови від пікових струмів $I_{у.е.р} \geq 1,25 I_{пуск}$	1500 А	522,4 А
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_K^{(3)}$ к	20 кА	4,22 кА
За умовою чутливості $I_K^{(1)} \geq 1,25 I_{у.е.р}$	2,4 кА	5,87 кА

Таблиця 6.4 – Результати вибору лінійних автоматів *QF2–QF4*

Живильна лінія	Тип автомата	$U_{ном.а}$, В	$I_{ном.а}$, А	$I_{ном.тр}$, А	$I_{у.т.р}$, А	$I_{у.е.р}$, А	$I_{ном.в.а}$, кА
СРШ1	PL6-C50	380	50	30,86	62,5	87,5	2,6
СРШ2	ВА52-35	380	250	112,3	150	522,4	4,22
ЩО	ВА47-29	220	20	15,42	31,25	21,25	2,01

6.3 Вибір автоматичних вимикачів

У СРШ1, типу СПА77-7 встановлено автоматичний вимикач *QF5* типу ВА51-31, який захищає лінію до ЕП .

Результати вибору автоматичного вимикача та автоматів інших груп ЕП наведено у таблиці 6.5 та 6.6 відповідно.

Таблиця 6.5 – Каталожні та розрахункові дані автомата *QF5*

Умови вибору	Каталожні дані автомата	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	400	380
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_{ном.д}$	80	62.7
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{ном.тр} \geq I_{ном.д}$	80	62.7
За номінальним струмом автомата та розчеплювача $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$ р	80	80
За струмом уставки теплового розчеплювача $I_{у.т.р} \geq 1,25 I_{ном.д}$	80	78.4
За умовою відбудови від пікових струмів $I_{у.е.р} \geq 1,25 I_{пуск}$	560	522.3
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_{К}^{(3)}$ к	6	4.22
За умовою чутливості $I_{К}^{(1)} \geq 1,25 I_{у.е.р}$	0.78	7.65

Таблиця 6.6 – Результати вибору автоматів для різних груп електроприймачів

Живильна лінія	Тип автомата	$U_{ном.а}$, В	$I_{ном.а}$, А	$I_{ном.тр}$, А	$I_{у.т.р}$, А	$I_{у.е.р}$, А	$I_{ном.в.а}$, кА
QF5	PLHT-C80	380	80	62.7	78.4	522.3	4.22
QF6	PL7-C10	380	10	7.5	9.4	29.1	2,66
QF7	PLHT-C80	380	80	43.4	54.25	86.8	1,64
QF8	PL7-C10	380	10	3.2	4	8.5	2,05
QF9	PL7-C10	380	10	6.5	8.12	13.6	1,84

6.4 Вибір рубильників

На вводі до СРШ2 встановлено рубильник *S3* типу РБ34. Результати вибору рубильника для СРШ2 та рубильників для інших ПРЕ наведено у таблиці 6.7 та 6.8 відповідно.

Таблиця 6.7 – Каталожні та розрахункові дані рубильника *S3*

Умови вибору	Каталожні дані рубильника РБ34	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.руб} \geq U_{ном.м}$	380 В	380 В
За номінальним струмом рубильника $I_{ном.руб} \geq I_{Р.2}$	400 А	290,6 А
За струмом електродинамічної стійкості $i_{дин} \geq i_{у}$	30 кА	11,36 кА
За термічною стійкістю $I_t^2 t_t \geq I_K^2 t_t$	144 кА^2*с	17,8 кА

7 Охорона праці

7.1 Законодавство з охорони праці. Загальні положення

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;
- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

У новій Конституції незалежної України відмічається, що кожен має право на працю, а також має право на належні, безпечні й здорові умови праці.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або

роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої він є, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо професійна спілка на підприємстві не створювалася), а також страхового експерта з охорони праці.

Використання праці жінок, неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах, забороняється (Ст.43).

У статті 45 Конституції України громадянам надається право на відпочинок. Це право гарантується наданням днів щотижневого відпочинку, а також оплачуваної щорічної відпустки, встановленням робочого дня щодо окремих професій та виробництв, скорочення тривалості роботи в нічний час. Максимальна тривалість робочого часу, мінімальна тривалість відпочинку та оплачуваної щорічної відпустки, вихідні та святкові дні, а також інші умови здійснення цього права гарантуються законом (Ст.45).

Працівника, який за станом здоров'я відповідно до медичного висновку потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести за згодою працівника на таку роботу на термін, зазначений у медичному висновку, і у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.(Ст.6)

При повній, частковій або тимчасовій втраті працездатності, втраті годувальника, безробітті з незалежних обставин, а також за віком та інших випадках, передбачених законом, громадяни мають право на їх забезпечення (Ст.46).

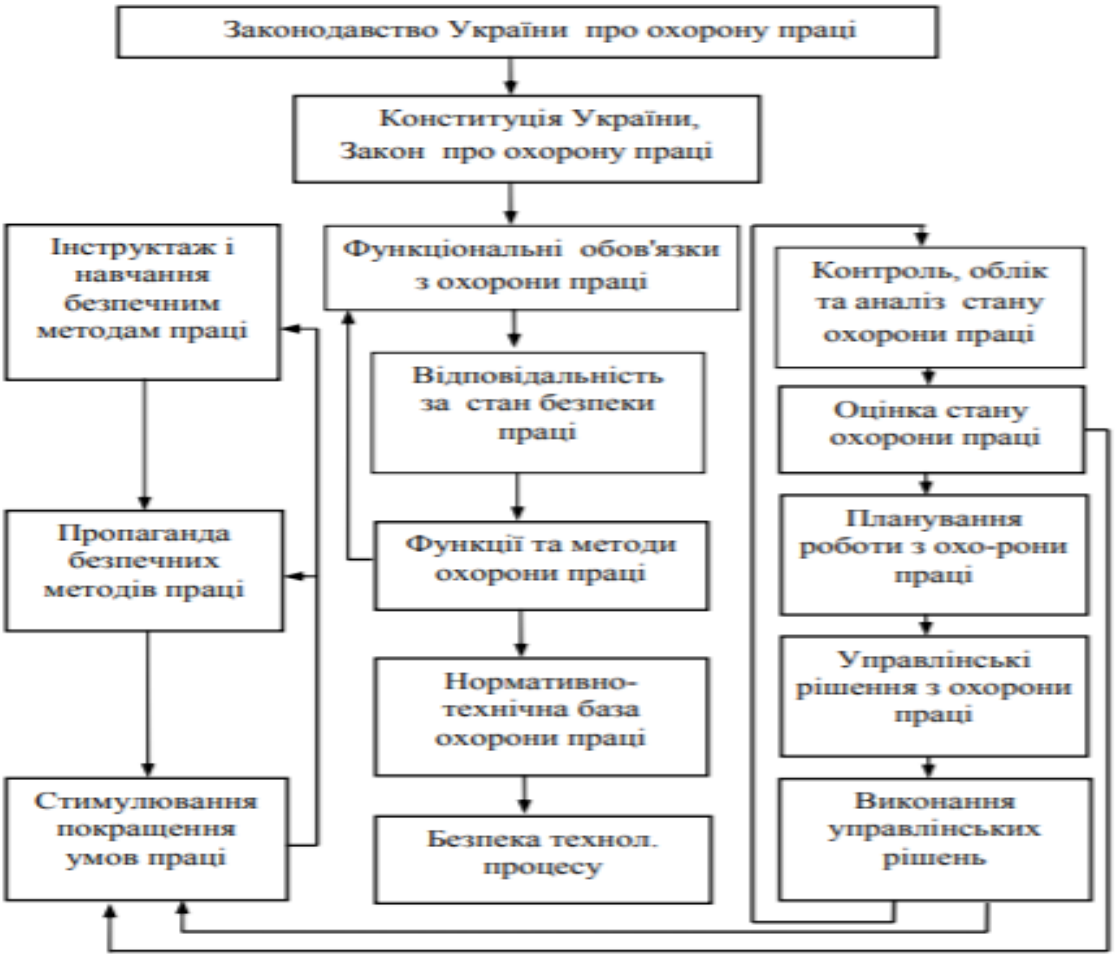

Рисунок 5.1 – Структурна схема системи управління з охорони праці

7.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці

Експлуатація, обслуговування та ремонт силових трансформаторів буває пов'язана з роботами, які проводяться зі зняттям робочої напруги.

Проводяться необхідні відключення і вжиті заходи, що перешкоджають подачі напруги на місце роботи внаслідок помилкового чи самовільного включення комутаційної апаратури.

Трансформатори підлягають занулення або заземлення відповідно до вимог розділів Правил улаштування електроустановок (ПУЕ).

На приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційних апаратів вивішені забороняють плакати.

Перевірено відсутність напруги на струмопровідних частинах, які повинні бути заземлені. Накладено заземлення. Заземлення струмоведучих частин проводяться з метою захисту працюючих від ураження електричним струмом в разі помилкової подачі напруги на місце роботи.

Для зниження шуму трансформатора вживають таких заходів:

- проводять звукову ізоляцію конструкцій;
- ущільнюють по периметру притворів воріт, дверей, вікон;
- встановлюють в приміщеннях звукопоглинальні конструкції і екрани;
- виконують правильне планування і забудову прилеглої до станції території, а також використовують посадку зелених насаджень.
-

7.3 Пожежна профілактика

Їдальня по вибухопожежонебезпеці прирівнюються до приміщень категорії В - це приміщення, в яких використовуються або зберігаються рідини з температурою спалаху парів більше 60 °С; горючі пил або волокна, нижня межа вибуховості яких становить понад 65 г/м3 до об'єму повітря; речовини, здатні тільки горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним; тверді горючі речовини і матеріали; класу II-IIа. - це виробничі і складські приміщення, що містять тверді або волокнисті матеріали. При цьому горючий пил або волокна не виділяються[12].

В їдальні, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їхнього живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок).

Температуру масла в силових трансформаторах контролюється за допомогою термометра, який знаходиться у верхній частині розширювального бака.

На території їдальні для гасіння пожежі повинні бути розміщені ящики з піском, інструменти для гасіння.

Як засоби пожежогасіння застосовуються вуглекислотні вогнегасники і пожежний ящик з піском.

7.4 Електробезпека. Загальні положення

Електробезпека відповідно до ГОСТ 12.2.003-91 – це система організаційних заходів і технічних засобів, яка забезпечує захист людей від шкідливої дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля та статичної електрики.

Електротравма – це травма, що спричинюється дією електричного струму або електричної дуги.

Електротравматизм – це явище, що характеризується сукупністю електротравм.

Основні причини електротравматизму на підприємствах громадського харчування такі: дотик до проводу під напругою; порушення правил електробезпеки при ліквідації несправності, при експлуатації пересувних машин, при експлуатації несправного електричногого устаткування, відсутність заземлення (занулення) електроустаткування, порушення технологій монтажу та демонтажу електроустановок, використання несправного інструменту, заміна електроламп під напругою та ін. Тому приймаються заходи захисту, які максимально виключають електротравматизм. Такі заходи передбачаються будівельними нормами та технічними умовами при проектуванні, будівництві, монтажу устаткування відповідно з вимогами ГОСТ 12.1.002-84, а також правилами влаштування електроустановок (ПУЕ), за правилами технічної експлуатації електроустановок (ПТЕ) і правилами з техніки безпеки при експлуатації електроустановок (ПТБ), тобто ДНАОП 0.00-1.21-98.

7.5 Захист від ураження кроковою напругою

Ураження електричним струмом від крокової напруги можливе при замиканні на землю провідника із струмом. При цьому навколо нього концентричними колами розтікаються заряди електричного струму. Ґрунт опиняється під напругою, яка одержала назву крокової. Крокова напруга може виникнути також при порушенні ізоляції кабелю, прокладеного під землею поблизу осередку заземлення. Якщо людина підійде до такого джерела струму, її ноги потрапляють у точку з різними потенціалами. При значній різниці потенціалів струм, який протікає через тіло людини, може викликати значну патологічну зміну і навіть смерть.

Величина залежить від сили струму, характеру ґрунту та ін. Чим ближче до джерела струму, тим більша напруга. Небезпечна зона має радіус приблизно 20 м. Вона повинна бути огороджена до ліквідації небезпеки.

Для захисту від можливого ураження кроковою напругою застосовують діелектричні боти та килимки.

7.6 Технічні заходи що створюють безпечні умови виконання робіт

1.1. Порядок підготовки робочого місця

1. Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід вжити у вказаному порядку таких технічних заходів:

- здійснити необхідні відключення і вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;

- встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення);

- обгородити, за необхідності, робочі місця або струмовідні частини, що залишилися під напругою, і вивісити на огородженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов, струмовідні частини обгородити до чи після їх заземлення.

Під час оперативного обслуговування електроустановки двома і більше працівниками в зміну перелічені в цьому пункті заходи мають виконувати два працівники. В разі одноособового обслуговування їх може виконувати одна особа, крім накладання переносних заземлень і здійснення перемикань, що проводяться на двох і більше приєднаннях в електроустановках напругою понад 1000 В. які не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій.

2. Вимикання (зняття папруги)

2.1. В разі роботи на струмовідних частинах, що потребують зняття напруги, повинні бути вимкнені:

- струмовідні частини, на яких буде виконуватися робота;

- необгороджені струмовідні частини, до яких можливе наближення людей, або ремонтного оснащення та інструменту, механізмів і вантажопідіймальних машин нп відстань.

Якщо зазначені в цьому пункті струмовідні частини не можуть бути вимкнені, то вони мають бути обгороджені.

2.2. В електроустановках понад 1000 В з кожного з боків, з яких комутаційним апаратом може бути подана напруга на робоче місце, має бути видимий розрнн, утворений від'єднанням або зняттям шин і проводів, відключенням роз'єднувачів, зняттям запобіжників, а також відключенням відо кремлювачів і вимикачів навантаження, за винятком тих, у котрих

автоматичне ввімкнення здійснюється пружинами, що встановлені на самих апаратах.

Трансформатори напруги та силові трансформатори, пов'язані з виділеною для робіт дільницею електроустановки, мають бути вимкнені також і з боку напруги до 1000 В задля унеможливлений зворотної трансформації.

2.3. Під час підготовки робочого місця після вимкнення роз'єднувачів і вимикачів навантаження з ручним управлінням необхідно візуально впевнитися в їх вимкненому положенні і відсутності шунтувальних перемичок.

2.4. В електроустановках напругою понад 1000 В для запобігання помилковому або самочинному ввімкненню комутаційних апаратів, котрими може бути подана напруга до місця роботи, слід вжити таких заходів:

- у роз'єднувачів, відокремлюваній, вимикачів навантаження ручні приводи у вимкненому положенні замкнути механічним замком;

- у роз'єднувачів, керування якими здійснюється оперативною штангою, стаціонарні огородження слід замкнути механічним замком;

- у приводів комутаційних апаратів, що мають дистанційне керування, слід відключити кола силові та керування, а у пневматичних приводів і, окрім того, на трубопроводі, що підводить стиснене повітря - зачинити і замкнути на механічний замок засувку, а стиснене повітря - випускати, випускні клапани залишити у відкритому положенні;

- у вантажних та пружинних приводів вантаж або пружини, що їх вмикають, слід привести в неробочий стан.

Заходи із запобігання помилковому вмиканню комутаційних апаратів КРУ з викотними візками мають бути здійснені у відповідності до вимог цих Правил.

2.5. В електроустановках напругою від 6 до 10 кВ з однополюсними роз'єднувачами для запобігання їх помилковому ввімкненню дозволяється встановлювати на ножі спеціальні ізоляційні накладки.

2.6. В електроустановках до 1000 В з усіх боків струмовідних частин, на яких буде проводитися робота, напруга має бути знята відключенням комутаційних апаратів з ручним приводом, а за наявності в схемі запобіжників - зняттям останніх. В разі відсутності в схемі запобіжників запобігання помилковому ввімкненню комутаційних апаратів мають бути забезпечені такими заходами, як замикання рукояток або дверцят шафи, закриття кнопок, встановлення між контактами комутаційного апарату ізолювальних накладок тощо. У разі зняття напруги комутаційним апаратом з дистанційним керуванням необхідно відключити вмикальну котушку.

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів і характер роботи, то перелічені вище заходи можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю, проводів від комутаційного апарата чи від устаткування, на якому слід провадити роботу.

Розшиновку чи від'єднання кабелю під час підготовки робочого місця може виконувати ремонтний працівник, що має групу Ш, під наглядом чергового або оперативно-ремонтного працівника. З найближчих до робочого місця струмовіднних частин, доступних для дотику, необхідно зняти напругу або обгородити ці частини.

2.7. Вимкнене положення комутаційних апаратів де 1000 В з недоступними для огляду контактами (автомати невкочуваного типу, пакетні вимикачі, рубильники у закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності напруги на їхніх затискачах чи на шинах, що відходять, проводах або затискачах устаткування, яке вмикається цими комутаційними апаратами.

3. Вивішування плакатів безпеки. Обгородження робочого місця

3.1. На приводах роз'єднувачів, відокремлювачів і вимикачів навантаження, напругою понад 1000 В, на ключах і кнопках дистанційного керування, на комутаційній апаратурі до 1000 В (автоматичні та інші вимикачі, рубильники), під час ввімкнення яких може бути подана напруга на робоче місце, мають бути вивішені плакати *"Не вмикати! Працюють люди"*.

У роз'єднувачів, які скеровуються оперативною штангою, плакати вивішуються на огорожах, а в однополюсних роз'єднувачів на приводі кожного полюсу. В КРУ плакати вивішуються на ключах дистанційного керування.

На засувках, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи комутаційної апаратури, вивішується плакат «*Не відкривати! Працюють люди»*.

На приєднаннях напругою до 1000 В, які не мають автоматичних та інших вимикачів або рубильників, плакати вивішуються біля знятих запобіжників, під час встановлення яких може бути подана напруга на місце роботи.

3.2. На приводах роз'єднувачів, якими відключена для робіт ПЛ чи КЛ, незалежно від кількості бригад, що працюють, має бути вивішений один плакат *"Не вмикати! Робота на лінії"*. Цей плакат вивішується і знімається за вказівкою працівника, який віддає розпорядження на підготовку робочих місць і веде облік кількості бригад, що працюють на лиш.

В разі одночасного виконання робіт на лінії і лінійному роз'єднувачі в тій електроустановці, до якої належить лінійний роз'єднувач, плакати *«Не вмикати! Робота на лінії»* вивішуються на приводах тих найближчих по схемі роз'єднувачів, котрими може бути подана напруга на лінійний роз'єднувач.

3.3. Невідключені струмовідні частини, доступні для випадкового доторкання, мають бути на час роботи обгороджені.

Для тимчасового обгороджування струмовіднних частин, що залишилися під напругою, можуть застосовуватися щити, ширми, екрани тощо, виготовлені з ізоляційних матеріалів.

В разі встановлення тимчасових огорож відстань від них до струмовіднних частин має бути не меншою ніж зазначена в таблиці 2.3.

Необхідність встановлення тимчасових огорож, їх вид, спосіб встановлення визначаються особою, яка виконує підготовку робочого місця.

На тимчасовій огорожі слід написати *"Стій! Напруга"* або прикріпити відповідні плакати безпеки.

3.4. Допускається застосування спеціальних пересувних огорож - кліток, похилих щитів тощо, конструкція яких забезпечує безпечність їх встановлення, забезпечує стійкість і належне закріплення.

3.5. В електроустановках напругою до 10 кВ в тих випадках, коли неможливо обгородити струмовідні частини шитами, допускається застосування ізолювальних накладок, розміщених між вимкненими і тими, що перебувають під напругою, струмовіднимн частинами.

Ці ізолювальні накладки можуть торкатися струмовідних частин, що перебувають під напругою.

Встановлювати і знімати накладки мають два працівники з групою IV і III (один з них зі складу оперативних або оперативно-ремонтних), користуючись діелектричними рукавичками та ізолювальними штангами або кліщами з застосуванням захисних окулярів.

3.6. Після вмикання заземлювальних ножів або встановлення переносних заземлень вивішується плакат *"Заземлено"*. На сітчастих або суцільних огородженнях комірок, сусідніх з місцем робіт і розташованих навпроти, мають бути вивішені плакати *"Стій! Напруга"*.

Сусідні комірки та комірки, розташовані навпроти місця роботи, які не мають зазначених огороджень, а також проходи, куди працівникам не слід заходити, мають бути огороджені переносними щитами (ширмами) з такими ж плакатами на них. Переносні щити слід встановлювати з таким розрахунком, щоб вони не перешкоджали виходу працівників з приміщення в разі виникнення небезпеки.

3.7. У ВРУ під час робіт, що провадяться з землі, і на устаткуванні, встановленому на фундаментах і окремих конструкціях, робоче місце слід обгородити (з залишенням проходу) канатом, мотузкою чи шнуром з рослинних чи синтетичних волокон з вивішеними на них плакатами *«Стій! Напруга».* оберненими всередину огородженого простору.

Дозволяється користуватися для підвішування канату конструкціями, не включеними до зони робочого місця, за умови, що вони залишаються поза обгородженим простором.

В разі зняття напруги з усього ВРУ, за винятком лінійних роз'єднувачів, останні мають бути обгороджені канатом з плакатами *"Стій! Напруга",* оберненими назовні обгородженого простору. У ВРУ під час роботи, що виконується у вторинних колах за розпорядженням, обгороджувати робоче місце не вимагається.

3.8. У ВРУ на дільницях конструкцій, по яких можна пройти від робочого місця до сусідніх дільниць, де є напруга, мають бути встановлені добре видимі плакати *"Стій! Напруга".* Ці плакати може встановлювати працівник з групою III з оперативно-ремонтників чн ремонтників під керівництвом допускача.

На конструкціях, сусідніх з тією, по якій дозволяється підніматися, внизу слід вивісити плакат *"Не вилазь! Уб'є".*

На стаціонарних драбинах і конструкціях, по яких дозволяється підніматися, має бути вивішений плакат *"Влазити тут".*

3.9. В електроустановках, крім ПЛ і КЛ, на всіх підготовлених робочих місцях після встановлення заземлення і огородження робочого місця має бути вивішений плакат *"Працювати тут"*.

3.10. На час роботи забороняється переставляти або забирати плакати та встановлені тимчасові огородження.

Висновки

Метою дипломного проекту було розробка системи електропостачання дитячої їдальні універ.

В ході виконання роботи було здійснено розроблення та вибір принципової електричної схеми електропостачання мучної, м’ясної, овочевої, моечной та холодильної ділянки при цьому було розглянуто порядок вибору системи електропостачання.

У спеціальному розділі ми зробили розрахунок електричних навантажень. Вибрали найбільш надійний варіант перетину проводів та кабелів живильних і розподільних ліній. Зробили розрахунок струмів короткого замикання, визначили потужність компенсуючих пристроїв.

Приведені розрахунки максимально забезпечують надійне електропостачання їдальні. При цьому гарантується також забезпечення нормальних економічних і технічних показників системи електропостачання.

Список використаної літератури

1. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. 148 с.
2. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. Москва : Энергоатомиздат. 1987. 368 с.
3. Шкрабець Ф.П. Електропостачання. Дніпропетровськ : НГУ, 2015. 540 с.
4. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов высших учебных заведений. Москва: Интермет Инжиниринг, 2005. 672 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ, 2015. 83 с.
6. ПУЕ Правила улаштування електроустановок.- Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, із змінами 21.08.2017.
7. Кабышев А. В., Обухов С. Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. Пособие. Томск : Том. политехн. ун-т, 2005. 168 с.
8. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. – 280 с.
9. Конституція України.
10. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.92 з останніми змінами від 28.02.2013 р.
11. Основи охорони праці: підручник / М. С. Одарченко, Одарченко В. І. Степанов, Я. М. Черненко. – Х. : Издат, 2017. – 334 с.
12. http://standarts.info/dsty - Державні стандарти України.
13. С.С. Ананичева, А.Л. Мызин, С.Н. Шелюг. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

(часть 1): Учебное электронное текстовое издание/Подготовлено кафедрой «Физическая и коллоидная химия». – Екатеринбург, 2005. – 52 с.

14.Конюхова Є.А. Електропостачання об'єктів. Учеб. посібник для Сузов. - М.: Майстерність, 2002.

15.П.О. Василега Навчальний посібник; Електропостачання – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008 – 415 с

16. Й.Я.Любиць ПБЄЕС «Правила безпечної єксплуатації електроспоживачів» 09.01.1998 р.

17.Вибір автоматичних вимикачів на сайті https://res.ua/

Додатки

Додаток А

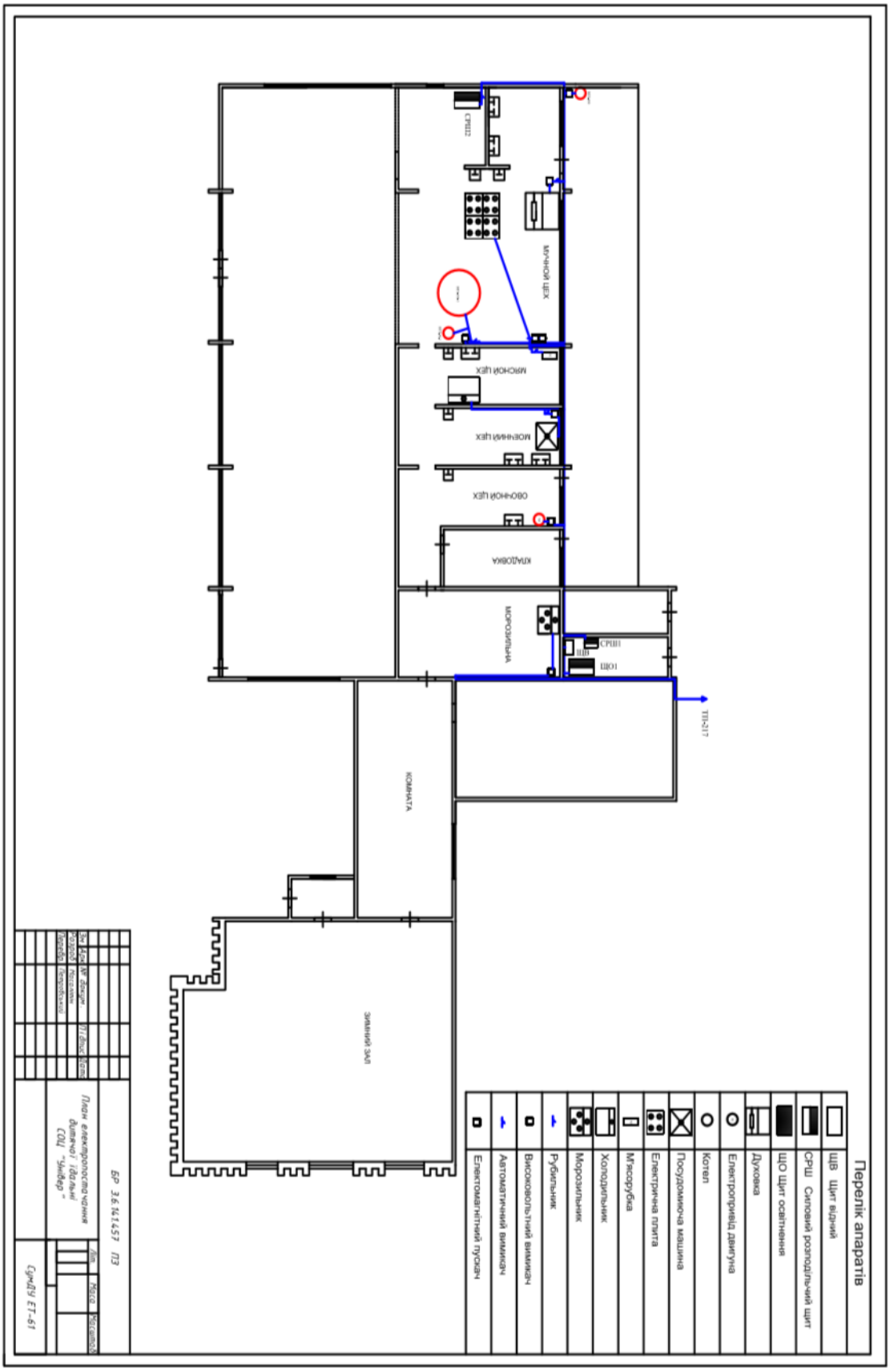

Рисунок А – План дитячої їдальні

Додаток Б

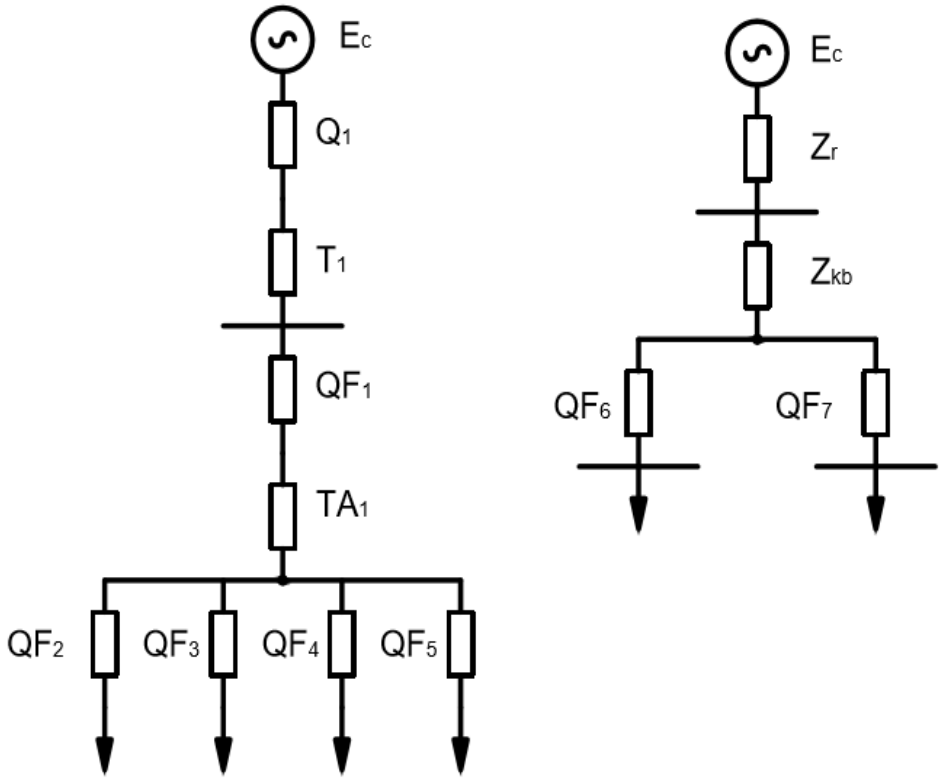

Рисунок Б.1 – Схема заміщення для розрахунку однофазного та трифазного КЗ

Додаток В

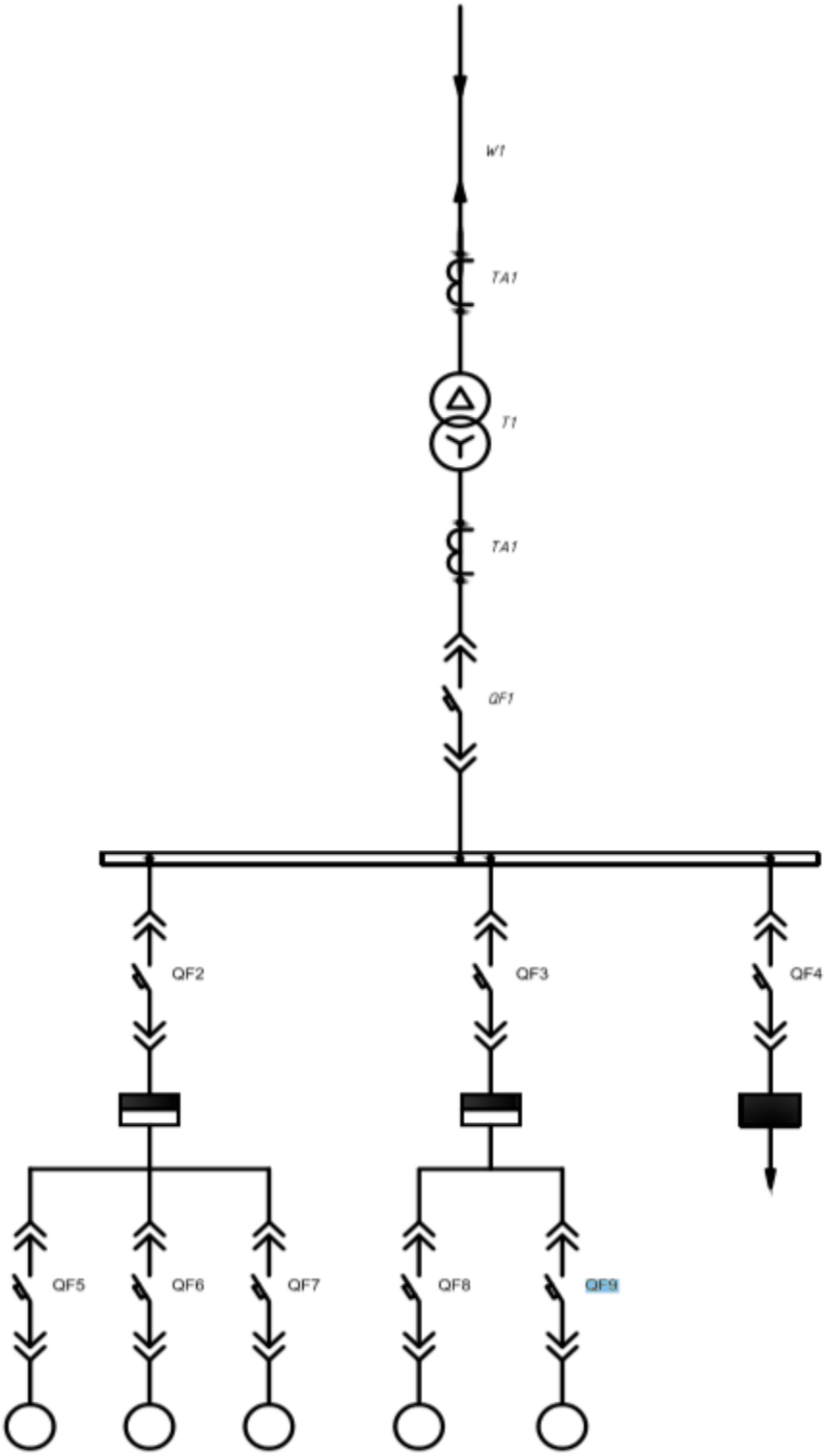

Рисунок В.1. Розрахункова схема для вибору електричних апаратів у характерних місцях схеми внутрішнього електропостачання