

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Навчально-науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія  
Кафедра Електротехніки та електроенергетики

До захисту допущено  
кафедрою електротехніки та електроенергетики протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Артем ЧЕРНЮК  
(підпис) (ім'я, прізвище)

### **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
(першого (бакалаврського) / другого (магістерського))

Проектування СЕП цеху нафтопереробної промисловості  
(тема роботи)

Спеціальність (спеціалізація) 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності)  
електромеханіка»

Освітня програма Електричні станції, мережі та системи  
(назва освітньої програми)

Здобувач \_\_\_\_\_ Олександр БІЛЕНКО  
(підпис) (ім'я, прізвище)

Науковий керівник \_\_\_\_\_ Павло БУДАНОВ  
(підпис) (ім'я, прізвище)

Харків – 2026

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Навчально-науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія  
Кафедра Електротехніки та електроенергетики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

Артем ЧЕРНЮК

(ім'я, прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
(першого (бакалаврського) / другого (магістерського))

БЛЕНКО Олександр Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

Спеціальність (спеціалізація) 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності)  
електромеханіка»

Освітня програма Електричні станції, мережі та системи  
(назва освітньої програми)

1. Тема роботи: Проектування СЕП цеху нафтопереробної промисловості

керівник роботи Буданов Павло Феофанович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом по Університету від «15» грудня 2025 року,

4801-5/4399

2. Строк подання здобувачем роботи: «20» червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи: технологічний процес, характеристика  
електроприймачів, кількість та потужність електроприймачів напругою до 1 кВ

4. Загальна характеристика технологічного процесу проєктованого об'єкта;  
Розрахунок електричних навантажень в мережі напругою до 1 кВ; Розміщення  
цехових трансформаторів на площі цеху; Вибір схеми живлення цехових  
трансформаторів; Вибір схеми внутрішньоцехової мережі напругою до 1 кВ;  
Вибір типу і параметрів комутаційно-захисних апаратів у внутрішньоцехових  
мережах (для одного з приєднань); Вибір марки і перетину струмоведучих

частин; Розрахунок струмів К.З. в мережі напругою до 1 кВ. Перевірка апаратів та СВЧ на стійкість дії СКЗ; Перевірка показників якості електроенергії на шинах цехової ТП; Проектування однолінійної схеми електропостачання вузла навантаження.

#### 5. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика технологічного процесу проектованого об'єкта		
2	Розрахунок електричних навантажень в мережі напругою до 1 кВ		
3	Розрахунок потужності КП в мережі напругою до 1 кВ		
4	Визначення потужності компенсуючих пристроїв за умовою вибору оптимального числа цехових трансформаторів		
5	Визначення додаткової потужності КП в мережі напругою до 1 кВ		
6	Розміщення цехових трансформаторів на площі цеху		
7	Вибір схеми живлення цехових трансформаторів		
8	Вибір схеми внутрішньоцехової мережі напругою		
9	Вибір типу і параметрів комутаційно-захисних апаратів у внутрішньоцехових мережах (для одного з приєднань)		
10	Вибір марки і перетину струмоведучих частин		
11	Розрахунок струмів К.З. в мережі напругою до 1 кВ. Перевірка апаратів та СВЧ на стійкість дії СКЗ		
12	Перевірка показників якості електроенергії на шинах цехової ТП		
13	Проектування однолінійної схеми електропостачання вузла навантаження		

6. Дата видачі завдання: «\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Олександр БЛЕНКО  
(підпис) (ім'я, прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Павло БУДАНОВ  
(підпис) (ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

У бакалаврській роботі розглянуто питання проектування системи електропостачання цеху нафтопереробної промисловості.

Об'єкт дослідження – система електропостачання цеху нафтопереробної промисловості.

Предмет дослідження – процеси проектування, розрахунку та оптимізації системи електропостачання цеху, зокрема визначення електричних навантажень, вибір схеми внутрішньоцехової мережі, силового обладнання, засобів компенсації реактивної потужності та забезпечення надійності, якості електроенергії й енергоефективності роботи системи.

В процесі виконання роботи було проведено аналіз технологічного процесу цеху та визначено категорійність електроспоживачів за ступенем надійності електропостачання.

На основі вихідних даних виконано розрахунок електричних навантажень методом впорядкованих діаграм, визначено максимальні та середні навантаження окремих груп електроприймачів. Проведено вибір оптимальної кількості та потужності цехових трансформаторів, виконано розрахунок потужності компенсуючих пристроїв у мережі напругою до 1 кВ.

В роботі здійснено вибір схеми внутрішньоцехового електропостачання, розраховано струми короткого замикання, підібрано комутаційно-захисні апарати та перерізи струмоведучих частин відповідно до умов надійності та безпеки експлуатації. Виконано перевірку показників якості електроенергії на шинах цехової трансформаторної підстанції. Результатом проектування є однолінійна схема електропостачання цеху.

*Ключові слова:* електропостачання, електричні навантаження, трансформаторна підстанція, компенсація реактивної потужності, електроенергія, електроприймачі, енергоефективність, коротке замикання, електробезпека.

## ABSTRACT

The bachelor's thesis considers the issue of designing a power supply system for an oil refinery shop.

The object of the study is the power supply system for an oil refinery shop.

The subject of the study is the processes of designing, calculating and optimizing the power supply system for the shop, in particular, determining electrical loads, choosing a scheme for an intra-shop network, power equipment, reactive power compensation means and ensuring reliability, quality of electricity and energy efficiency of the system.

In the process of performing the work, an analysis of the technological process of the shop was carried out and the categorization of electricity consumers by the degree of reliability of electricity supply was determined.

Based on the initial data, the calculation of electrical loads was performed using the method of ordered diagrams, the maximum and average loads of individual groups of electrical consumers were determined. The optimal number and power of shop transformers was selected, and the power of compensating devices in a network with a voltage of up to 1 kV was calculated.

The work selected the scheme of the internal shop power supply, calculated the short-circuit currents, selected the switching and protective devices and cross-sections of the current-carrying parts in accordance with the conditions of reliability and safety of operation. The quality of electricity on the busbars of the shop transformer substation was checked. The result of the design is a single-line scheme of the shop power supply.

*Keywords:* power supply, electrical loads, transformer substation, reactive power compensation, electricity, electrical receivers, energy efficiency, short circuit, electrical safety.

## ЗМІСТ

	УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	
	ВСТУП.....	
1.	ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБ'ЄКТУ, ЯКИЙ ПРОЕКТУЄТЬСЯ.....	
2.	ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	
2.1.	Розрахунок електричних навантажень в мережі напругою до 1 кВ....	
2.2.	Розрахунок потужності КП в мережі напругою до 1 кВ.....	
2.2.1.	Визначення потужності компенсуючих пристроїв за умови вибору оптимальної кількості цехових трансформаторів.....	
2.2.2.	Визначення додаткової потужності КП в мережі напругою до 1 кВ з метою оптимального зниження втрат активної потужності, які спричинені перетоками РП .....	
2.3.	Розташування цехових трансформаторів на площі цеху.....	
2.4.	Вибір схеми внутрішньоцехової мережі напругою до 1 кВ.....	
2.5.	Вибір типу і параметрів комутаційно-захисних апаратів у внутрішньоцехових мережах .....	
2.6.	Вибір марки і перерізу струмоведучих частин.....	
2.7.	Розрахунок струмів К.З. в мережі напругою до 1 кВ. Перевірка апаратів і СВЧ на стійкість дії струмів КЗ.....	
2.8.	Перевірка показників якості електроенергії на шинах цехової ТП.....	
2.9.	Проектування однолінійної схеми електропостачання цеху промисловості.....	
3.	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
	ВИСНОВКИ.....	
	ЛІТЕРАТУРА.....	

					<b>ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ</b>					
Зм.	Лист	П.І.Б.	Підпис	Дата						
Розробив	Біленко				<b>Проектування СЕП цеху нафтопереробної промисловості</b>			Літ	Лист	Листів
Перевірив	Буданов									
Н. контрол.								<b>ЗЕА-Е23(2к)+пр</b>		
Затвердив	Чернюк									

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ЕП	–	електроприймач
СЕП	–	система електропостачання
ТП	–	трансформаторна підстанція
КТП	–	комплектна трансформаторна підстанція
ПС	–	підстанція
ГЗП	–	головна знижувальна підстанція
ПГВ	–	підстанція глибокого вводу
КРП	–	компенсація реактивної потужності
ЯЕЕ	–	якість електричної енергії
ДЖ	--	джерело живлення
ККУ	–	комплектна конденсаторна установка
ДРП	–	джерело реактивної потужності
РП	–	реактивна потужність
КУ	–	конденсаторна установка

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВСТУП

Значну групу електроприймачів становлять електроприводи загальнопромислових механізмів, що застосовуються в усіх галузях промисловості, зокрема підйомно-транспортні машини, потоково-транспортні системи, компресори, насоси та вентилятори. Дипломний проєкт присвячений проєктуванню системи електропостачання цеху нафтопереробної промисловості.

Актуальність теми дипломного проєктування зумовлена тим, що в останні роки підприємства дедалі більше оптимізують режими роботи своїх об'єктів, зокрема режими енергоспоживання. Крім того, в умовах складної економічної ситуації в Україні та дефіциту енергетичних ресурсів виникає необхідність розроблення і впровадження комплексних заходів з енергозбереження на діючих виробництвах.

Основним завданням дипломного проєкту є опанування методів розв'язання комплексних інженерних задач з електропостачання промислових підприємств із використанням сучасних досягнень науки і техніки.

Під час проєктування доводиться стикатися з низкою проблем, серед яких особливе місце займають питання енергозбереження та забезпечення належної якості електричної енергії, що обумовлені специфікою технологічного процесу. У проєкті реалізовано такі енергозберігаючі заходи: застосування принципу головного вимикача та дроблення підстанцій; раціональне розміщення трансформаторів у межах цеху; використання компенсаційних установок у мережах до 1 кВ, що дозволило зменшити втрати активної потужності в елементах системи електропостачання; застосування швидкодіючих захисних апаратів, які істотно підвищують надійність внутрішньоцехової системи електропостачання.

Однією з найважливіших вимог при проєктуванні є економічність системи. Спроєктована схема повинна забезпечувати мінімальні капітальні витрати, зберігаючи при цьому достатній рівень надійності та гнучкості в експлуатації.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБ'ЄКТУ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ

Аналіз технологічного процесу є одним із ключових етапів проектування системи електропостачання цеху. Він дає змогу виявити вузли зі специфічними електричними навантаженнями, а також визначити категорійність електроприймачів кожного вузла з метою подальшого формування надійної та безперебійної системи електропостачання. Вихідні дані для проектування системи електропостачання цеху нафтопереробної промисловості наведені на рис. 1.1 та в табл. 1.1.

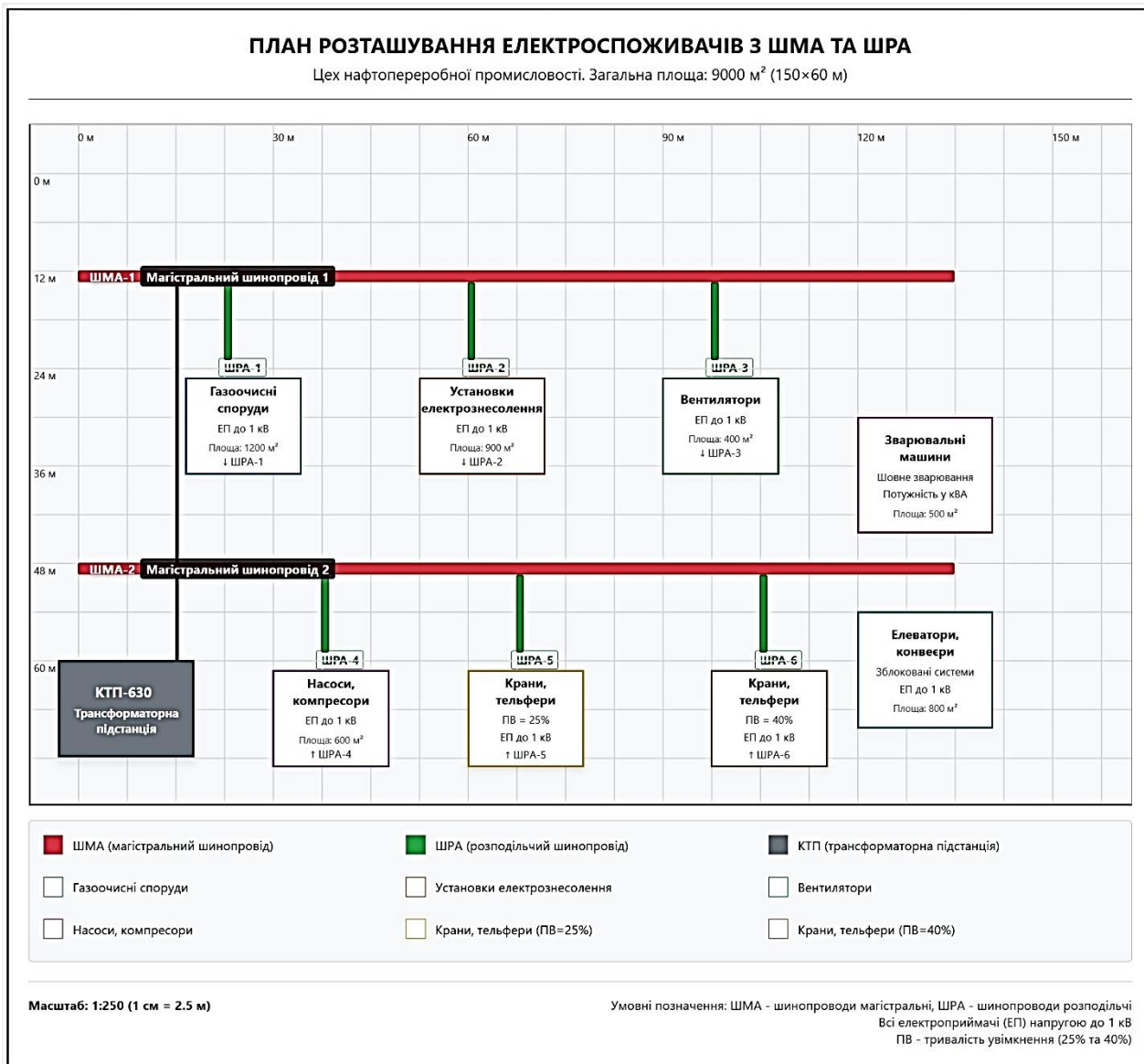


Рис.1.1 – План розташування силового обладнання в цеху

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ										

Таблиця 1.1

## Встановлених потужностей характерних груп електроприймачів

Електроприймачі напругою до 1 кВ	$\frac{n}{P_n}$	$\frac{P_{n_{MIN}}}{P_{n_{MAX}}}$	$F, \text{ м}^2$
Газоочисні споруди	$\frac{300}{2000}$	$\frac{3}{80}$	
Установки електрознесолення	$\frac{100}{700}$	$\frac{1}{20}$	
Вентилятори	$\frac{50}{200}$	$\frac{1}{10}$	
Насоси, компресори	$\frac{40}{400}$	$\frac{0,5}{40}$	
Крани, тельфери, ПВ = 25%	$\frac{40}{300}$	$\frac{2}{40}$	
Крани, тельфери, ПВ = 40%	$\frac{60}{1250}$	$\frac{10}{60}$	
Зварювальні машини шовного зварювання (потужність дана в кВА)	$\frac{35}{500}$	$\frac{10}{40}$	
Елеватори, конвеєри заблоковані	$\frac{35}{350}$	$\frac{3}{20}$	
Площа цехів			9000

У цеху переважають електроприймачі другої категорії надійності електропостачання. До цієї категорії належать електроприймачі, перерва електроживлення яких призводить до масового недовипуску продукції, простою обладнання, робочих місць і механізмів. До них, зокрема, відносяться загальноцехова витяжна вентиляція, транспортери, освітлювальні установки виробничих ділянок, ліфти тощо.

Електроприймачі другої категорії надійності повинні забезпечуватися живленням від двох незалежних джерел. Перерва в електропостачанні таких електроприймачів допускається лише на час, необхідний для ручного введення резервного живлення черговим персоналом.

## 2. ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

Ступінь точності визначення очікуваних електричних навантажень істотно впливає на техніко-економічні показники системи електропостачання, що проєктується. Як завищення, так і заниження розрахункових електричних навантажень призводить до погіршення техніко-економічних характеристик об'єкта проєктування.

З урахуванням електричної віддаленості проєктованого вузла навантаження, яка визначається кількістю рівнів трансформації між цеховими трансформаторними підстанціями та основними джерелами живлення – шинами вторинної напруги 6(10) кВ головної знижувальної підстанції (ГЗП) або підстанції глибокого вводу (ПГВ), визначення величини очікуваних електричних навантажень здійснюється за методикою, наведеною у «Вказівках з розрахунку електричних навантажень» (РТМ 36.18.32.4-92), введених у дію з січня 1993 року.

У розрахунках використовується метод впорядкованих діаграм, який на сьогодні є основним при розробленні технічних і робочих проєктів систем електропостачання.

### 2.1. Розрахунок електричних навантажень в мережі напругою до 1 кВ

Згідно з вихідними даними (табл. 1.1) електроприймачі цеху класифікуються за характерними групами з однаковими коефіцієнтами використання та коефіцієнтами потужності. Наведемо паспортні дані окремих груп електроприймачів, що працюють у повторно-короткочасному режимі (ПКР), зокрема зварювальних машин шовного зварювання та підйомно-транспортного обладнання, приведені до номінальної потужності, кВт, за таким виразом:

$$P_H = P_{\text{пасп}} \sqrt{P_B} = 300 \cdot \sqrt{0,25} = 150, \text{ кВт}$$

$$P_H = P_{\text{пасп}} \sqrt{P_B} = 1250 \cdot \sqrt{0,4} = 790,6, \text{ кВт}$$

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_H = S_H \cdot \cos\varphi\sqrt{P_B} = 500 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{1} = 175, \text{ кВт}$$

і заносимо ці значення у відповідну колонку табл. 2.1.

Складаємо встановлені потужності вузла:

$$P_{H\Sigma} = 2000 + 700 + 200 + 400 + 150 + 790,6 + 175,0 + 350 = 4765,6, \text{ кВт}$$

По кожній характерній групі ЕП визначаємо середнє змінне навантаження за найбільш завантажену зміну:

$$P_{CM_1} = P_{H_1} \cdot K_{B_1} = 2000 \cdot 0,5 = 1000, \text{ кВт}$$

$$Q_{CM_1} = P_{CM_1} \cdot tg\varphi_1 = 1000 \cdot 1,02 = 1020,2, \text{ квар}$$

де  $tg\varphi_1$  - відповідає середньому значенню  $\cos\varphi$  для характерної групи ЕП (див. табл. 2.1). По іншим групам розрахунки аналогічні, розраховуємо їх та результати заносимо до таблиці 2.1.

Складаємо середньо змінне навантаження по вузлу:

$$P_{CM\Sigma} = 1000 + 315 + 140 + 280 + 27 + 142,3 + 52,5 + 210 = 2166,8, \text{ кВт}$$

$$Q_{CM\Sigma} = 1020,2 + 368,3 + 105,0 + 210,0 + 53,6 + 282,4 + 140,5 + 214,2 = 2394,2, \text{ квар}$$

Визначаємо середньо важений (груповий) коефіцієнт використання по вузлу навантаження:

$$K_{B. \text{ гр.}} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{CM_i}}{\sum_{i=1}^m P_{H_i}} = \frac{2166,8}{4765,6} = 0,45$$

Визначаємо ефективне число ЕП:

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \sum_{i=1}^m P_{\text{Hi}}}{P_{\text{Hmax}}} = \frac{2 \cdot 4765,6}{80} = 119,$$

По значенням групового коефіцієнту використання і ефективного числа ЕП визначаємо значення коефіцієнту розрахункового навантаження  $K_p$ .

$$K_p = 0,7$$

Визначаємо розрахунковий максимум активного навантаження по вузлу:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^m P_{\text{Cmi}} = 0,7 \cdot 2166,8 = 1516,8, \text{ кВт}$$

Враховуючи особливість споживання реактивної потужності ЕП, яка мало залежить від завантаження ЕП активною потужністю приймаємо:

$$Q_p = \sum_{i=1}^m Q_{\text{Cmi}} = 2394,2, \text{ квар}$$

Повне розрахункове силове навантаження по вузлу дорівнює:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{1516,8^2 + 2394,2^2} = 2834,2 \text{ кВА}$$

Визначаємо встановлену потужність освітлювальних ЕП:

$$P_{\text{H.O.}} = P_{\text{уд.о.}} \cdot F \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 9000 \cdot 10^{-3} = 180 \text{ кВт}$$

Визначаємо розрахункове навантаження від освітлювальних ЕП

$$P_{\text{P.O.}} = P_{\text{H.O.}} \cdot K_{\text{C.O.}} \cdot K_{\text{ПРА}} = 180 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 188,1, \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{P.O.}} = P_{\text{P.O.}} \cdot \text{tg}\varphi = 188,1 \cdot 0,33 = 62,1, \text{ квар}$$

Розрахункові активні навантаження силових і освітлювальних ЕП, розрахункові реактивні потужності розраховуються і вносяться до відповідних граф табл. 2.1.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.2. Розрахунок потужності КП в мережі напругою до 1 кВ

Сумарна розрахункова потужність компенсаційних конденсаторних установок (ККУ) напругою до 1 кВ визначається за критерієм мінімуму приведених витрат і виконується у два послідовні етапи розрахунку:

– вибір економічно оптимальної кількості трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій (ТП), тобто визначення потужності ККУ на напрузі 0,38 кВ, яка забезпечує оптимальне число цехових трансформаторів; відповідна розрахункова потужність становить  $Q_{нк1}$ , квар;

– визначення додаткової потужності ККУ на напрузі 0,38 кВ з метою оптимального зниження втрат потужності в трансформаторах цехових ТП та в мережах, що їх живлять, напругою понад 1 кВ. Ці втрати зумовлені перетіканням реактивної потужності через цехові ТП; відповідна складова компенсації становить  $Q_{нк2}$ , квар.

Сумарна реактивна потужність ККУ – 0,38 кВ дорівнює:

$$Q_{нк} = Q_{нк1} + Q_{нк2}, \text{ квар}$$

де  $Q_{нк1}$  і  $Q_{нк2}$  – сумарні потужності ККУ – 0,38 кВ, визначаємо на двох вказаних етапах розрахунку.

Сумарна потужність ККУ – 0,38 кВ розподіляється між окремими трансформаторами цехових ТП пропорційно їх реактивної потужності.

### 2.2.1. Визначення потужності компенсуючи пристроїв за умови вибору оптимальної кількості цехових трансформаторів

Виходячи з результатів розрахунку електричних навантажень напругою до 1 кВ, маємо наступні значення навантажень (силове і освітлювальне):

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{p\Sigma} = 1704,9 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = 2456,3 \text{ квар}$$

Вибираємо із шкали встановлених потужностей цехових трансформаторів одиничну потужність  $S_{н.тр} = 630 \text{ кВА}$ .

Мінімальне число трансформаторів:

$$N_{т. \text{мін}} = \frac{P_{р.с.} + P_{р.о.}}{\beta \cdot S_{н.тр.}} + \Delta N = \frac{1704,9}{0,69 \cdot 630} = 3,92 + 0,08 = 4 \text{ шт}$$

Економічно оптимальне число трансформаторів:

$$N_{опт} = N_{т. \text{мін}} + m, \text{ шт}$$

Визначаємо додаткове число трансформаторів  $m = 0$ , тоді

$$N_{опт} = N_{т. \text{мін}} = 4 \text{ шт}$$

Найбільша реактивна потужність, квар, яку доцільно передавати через трансформатори в мережу напругою до 1 кВ:

$$Q_{т} = \sqrt{(\beta \cdot N_{опт} \cdot S_{н.тр})^2 - (P_{р} + P_{р.о.})^2} = \sqrt{(0,69 \cdot 4 \cdot 630)^2 - 1704,9^2} = 341,7 \text{ квар}$$

Сумарна потужність НБК, квар, для даної групи трансформаторів, яка забезпечує економічно оптимальне число трансформаторів:

$$Q_{нк1} = Q_{p\Sigma} - Q_{т} = 2456,3 - 341,7 = 2114,6 \text{ квар}$$

Потужність НБК, яка приходить на один цеховий трансформатор:

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q'_{\text{HK1}} = \frac{Q_{\text{HK1}}}{N_{\text{OPT}}} = \frac{2114,6}{4} = 528,65 \text{ квар}$$

По цій величині вибираємо із табл. 9.2. [1] типорозмір ККУ-0,38 кВ: ККУ-0,38-525-150. Тоді сумарна потужність встановлених в цеху комплектних конденсаторних установок буде складати:

$$Q''_{\text{HK1.СПР}} = N_{\text{OPT}} \cdot Q'_{\text{HK1.СПР}} = 4 \cdot 525 = 2100 \text{ квар}$$

### 2.2.2. Визначення додаткової потужності КП в мережі напругою до 1 кВ з метою оптимального зниження втрат активної потужності, які спричинені перетоками РП

Не скомпенсована реактивна потужність в мережі до 1 кВ буде складати:

$$Q_{\text{HECK}} = (Q_p + Q_{p.o.}) - Q''_{\text{HK1.СПР}} = 2456,3 - 2100 = 356,3 \text{ квар}$$

Додаткова потужність НБК для даної групи трансформаторів,  $Q_{\text{HK2}}$ , з метою оптимального зниження втрат:

$$Q_{\text{HK2}} = Q_{\text{HECK}} - \gamma \cdot N_{\text{TE}} \cdot S_{\text{HT}} = 356,3 - 0,44 \cdot 4 \cdot 630 = -752,5, \text{ квар}$$

де  $\gamma$  - для магістральної схеми живлення з двома трансформаторами в магістралі, визначаємо за кривими 4.9. [1], виходячи зі значень  $K_1$  (табл.4.6. [1]) и  $K_2$  (табл.4.7. [1])

$$K_1 = 12; \quad K_2 = 7; \quad \gamma = 0.44;$$

Оскільки  $Q_{\text{HK2}} < 0$ , то для даної групи трансформаторів реактивна потужність  $Q_{\text{HK2}}$  приймається рівною нулю.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 2.3. Розташування цехових трансформаторів на площі цеху

Місце розташування цехових трансформаторів визначається щільністю електричних навантажень цеху, схемою розміщення технологічного обладнання (з урахуванням можливості внутрішньоцехового встановлення компенсаційних пристроїв), а також умовами мікроклімату, що формуються особливостями технологічного процесу. Досвід проєктування, монтажу та експлуатації цехових трансформаторних підстанцій (ТП), а також результати теоретичних досліджень, надають чіткі рекомендації щодо вибору місця їх розташування. Насамперед доцільним є застосування комплектних трансформаторних підстанцій (КТП), які забезпечують індустриальний монтаж, незалежний від будівельної частини. Розміщення КТП у максимально можливій близькості до центрів електричних навантажень забезпечує істотну економію кольорових металів і зменшення втрат електричної енергії в цехових мережах.

Система дроблення підстанцій із їх максимальним наближенням до центрів навантаження дозволяє вже на стадії проєктування ефективно вирішувати завдання енергозбереження.

Залежно від умов довкілля та особливостей технологічного процесу цеху нафтопереробної промисловості компонування цехових трансформаторних підстанцій може бути внутрішньоцеховим, вбудованим, прибудованим або окремо розташованим. Оскільки розглянутий вузол навантаження належить до цеху нафтопереробної промисловості з підвищеними вимогами до пожежної та вибухової безпеки, для даного об'єкта прийнято схему внутрішньоцехового розміщення трансформаторів у спеціально відокремлених приміщеннях.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



вантажень мережі до 1 кВ доцільним є застосування схеми БТМ – «блок трансформатор – магістраль» (рис. 2.2). За схемою БТМ мережа шинопроводів спрощується, оскільки КТП може бути виконана без розподільчого пристрою низької напруги (РП НН). Від трансформатора КТП відходить магістральний шинопровід (ШМА), який живить кілька розподільчих шинопроводів (ШРА) або безпосередньо декілька електроприймачів. Застосування схеми БТМ для двох КТП у цеху нафтопереробної промисловості забезпечує надійне живлення, зменшення втрат електроенергії та спрощує конструкцію цехових мереж.

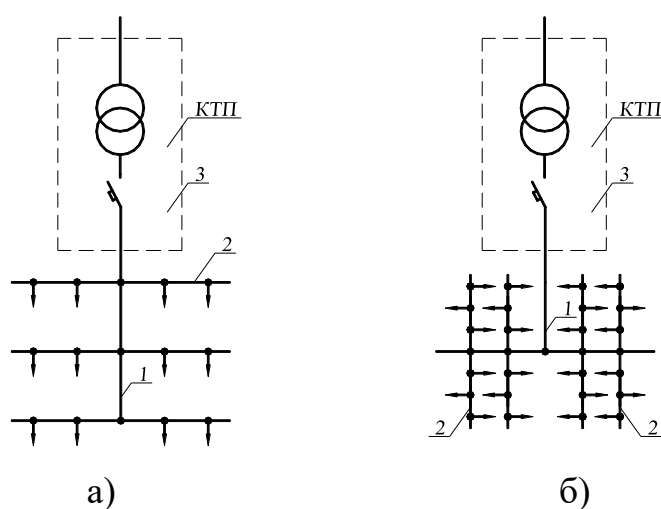


Рис. 2.2 – Схеми БТМ

а – вихід магістралі в одному напрямку;

б – вихід магістралі в двох напрямках;

1 – магістраль, що живить; 2 – розподільчі шинопроводи; 3 – апаратура управління та захисту.

По своїй структурі схеми шинопроводів мереж можуть бути радіальними, магістральними і змішаними (рис. 2.3).

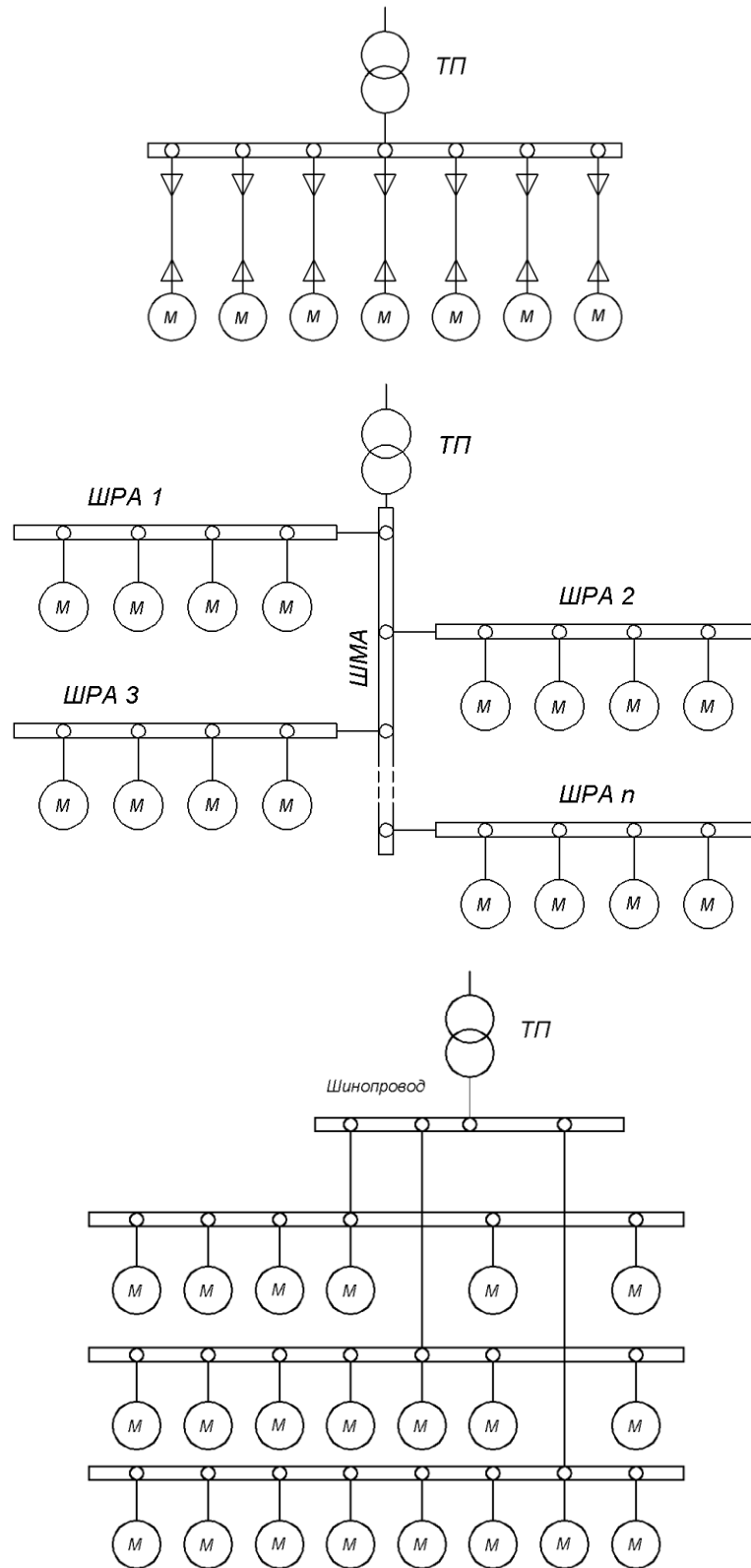


Рис. 2.3 – Схема живлення ЕП: радіальна, магістральна, змішана схема живлення ЕП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ

Лист

## 2.5. Вибір типу і параметрів комутаційно-захисних апаратів у внутрішньо цехових мережах

Вибір параметрів і типу автоматів, виходячи з розрахункової схеми, рис. 2.4, де вказані місця розміщення автоматів і їх призначення.

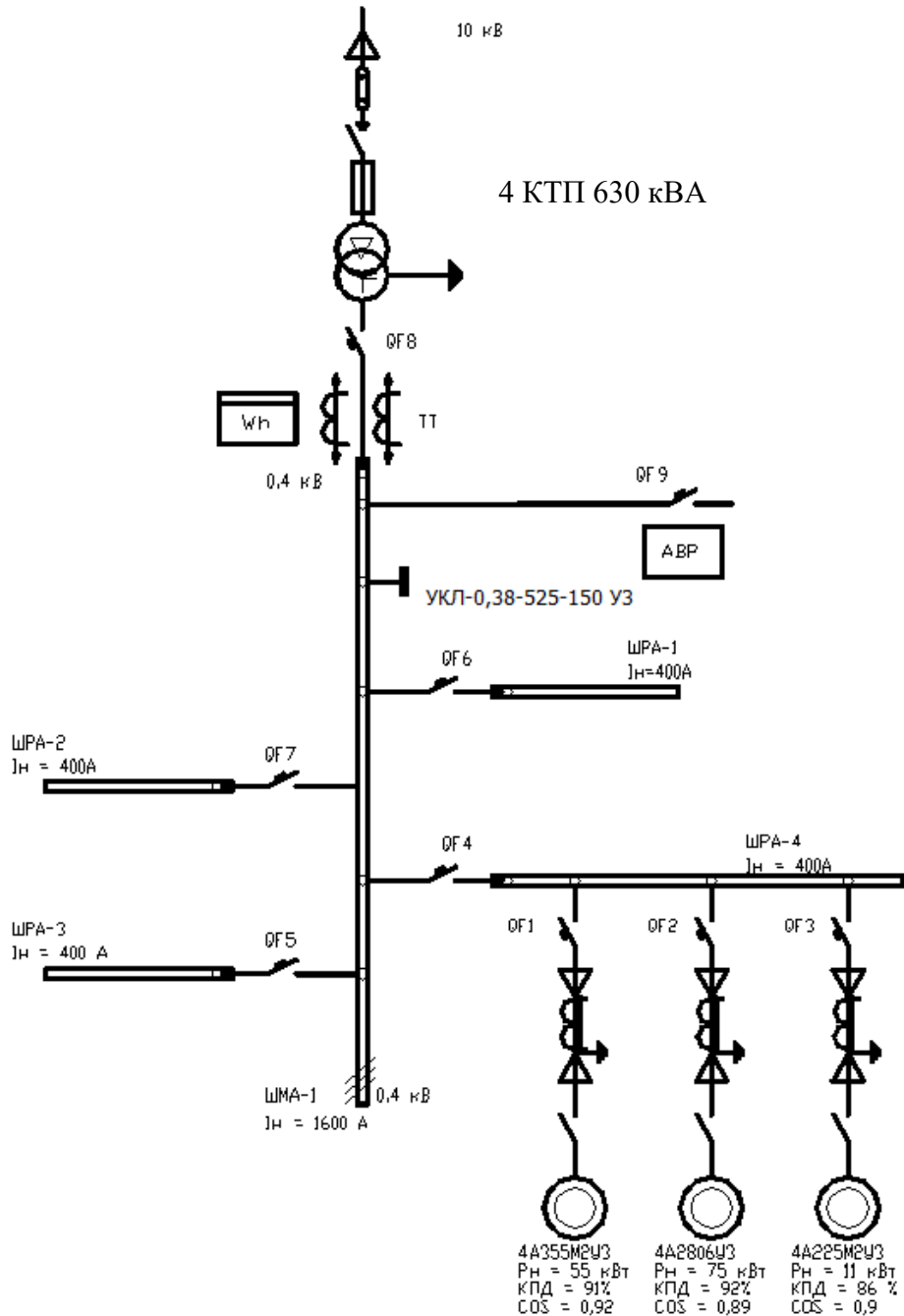


Рис. 2.4 – Схема БТМ для вибору місць розташування автоматів і розрахунку їх параметрів

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Автомати QF1-QF3 захищають асинхронні двигуни. Двигуни встановлені в приміщенні з нормальним середовищем. Режим роботи двигунів визначається режимом роботи приводного механізму.

Автомати QF4-QF7 мають однакові параметри, оскільки забезпечують захист ЕП, підключених до розподільних шинопроводів ШРА1, - ШРА4, завантажених рівномірно.

Автомат QF8 – ввідний, параметри якого визначаються встановленою потужністю трансформатора з врахуванням можливих перевантажень, допустимих ГОСТ 14209-85.

Автомат QF9 – секційний, параметри якого по ввідному автомату.

Вибір параметрів автоматів QF1- QF3 – починаємо з визначення номінальних струмів двигунів, що захищаються автоматами. Визначуваний (по довіднику [3]) тип і потужність двигунів, а по ним – номінальні струми двигунів:

$$I_{н.дв.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \text{ А};$$

$$I_{н.дв.} = \frac{55}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,92 \cdot 0,91} = 99 \text{ А};$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.2.

За довідником [3] визначаємо кратність пускових струмів, а потім і пусковий струм двигунів:

$$I_{пуск} = k_{п} \cdot I_{н.дв.}, \text{ А};$$

$$I_{пуск} = 6 \cdot 99 = 594 \text{ А};$$

По розрахункових величинах приймаємо до установки автомат типа А3710 з номінальними параметрами (таблиця. 10.4. [2]). При виборі номінального струму комбінованого електромагнітного розчеплювача автомата, вбудованого в шафу, слід враховувати тепловий поправочний коефіцієнт 0,85:

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{н.розч.} = \frac{I_{н.дв.}}{0,85}, \text{ А};$$

$$I_{н.розч.} = \frac{99}{0,85} = 117 \text{ А};$$

Вибираємо розчеплювача з номінальним струмом  $I_{н.розч.} = 125 \text{ А}$ .

Встановлюємо неможливість спрацювання (відстроюємося від пускових струмів) автомата при пуску двигуна:

$$I_{сп.ел.} = 1,25 \cdot I_{пуск}, \text{ А};$$

$$I_{сп.ел.} = 1,25 \cdot 594 = 744 \text{ А}.$$

Приймаємо уставку струму розчеплювача 1000А.

Розраховуємо навантаження шинопроводу ШРА-73-1.

При підключенні до шинопроводу трьох двигунів розрахунковим завантаженням буде сума номінальних струмів цих двигунів:

$$I_{р.ШРА-1} = \sum_1^3 I_{ном.дв.} = 225 \text{ А};$$

Піковий струм шинопроводу визначається виходячи з умови пуску найбільше потужного двигуна, який приєднано до шинопроводу:

$$I_{пик} = I_{пуск.мах} + \sum_1^{n-1} I_{ном.дв.} = 594 + 70 + 56 = 720 \text{ А}$$

Вибираємо номінальний струм електромагнітного розчеплювача з врахуванням теплового поправочного коефіцієнта:

$$I_{н.розч.} \geq I_{р.ШРА-1}$$

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.2

## Вибір параметрів автоматів і СВЧ

№ авто мата	Назва автомата (місце в схемі)	Ном. потужність, Рн, кВт / Розрах-ве наван-уя Рр, кВт; Sp, кВА	Ном. струм, Iн, А / Розр. струм Iр, А	Крат ність струм, Iп, А	Пуск. струм, Iп, А	Тепл. ав. коэф. Iс, А	Тепл. Iном, А	Ном. струм розч. ювача, Iср-розч, А	Струм розчепл ювача, Iср-розч, А	Тип автомата, Iн.д., А	Коеф. захисту, Кз	Доп. струм СВЧ, Iс, А	Перевірка вибраного перерізу за умови Iн.ном. ≥ Кз · Iс	Остаточна марка і переріз СВЧ, мм <sup>2</sup>	Перевірка СВЧ по втраги напруги
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
QF1	ШРА-1-АД-1	55	99	6	594	0,85	117	125	1000	А3710/1601	1	99	125	АВВГ(3*25)5	
QF2	ШРА-1-АД-2	37	70	6	420	0,85	82	100	630	А3710/1601	1	70	125	АВВГ(3*25)4,9	
QF3	ШРА-1-АД-3	30	56	6	336	0,85	66	80	630	А3710/1601	1	56	90	АВВГ(3*16)6	
QF4	ШМА-ШРА-1	-	225	-	720	0,85	265	320	2500	А3730/4001	1	400		ШРА-73	
QF5	ШМА-ШРА-2	-	225	-	720	0,85	265	320	2500	А3730/4001	1	400		ШРА-73	
QF6	ШМА-ШРА-3	-	225	-	720	0,85	265	320	2500	А3730/4001	1	400		ШРА-73	
QF7	ШМА-ШРА-4	-	225	-	720	0,85	265	320	2500	А3730/4001	1	400		ШРА-73	
QF8	Тр-р-ШМА	630	1341,6	-	-	-	-	1600	4000	ВА-55-43/1600	-	1600		ШМА-73	
QF9	Секційний	-	701,5	-	-	-	-	1000	3000	ВА-55-41/1000	-	1000		ШМА-73	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Перевіряємо неможливість спрацьовування автоматів при пуску найбільш потужного двигуна (настройки від пускових струмів):

$$1,25 \cdot I_{\text{пiк}} \leq I_{\text{сер.ел.розч.}}$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.2.

Вибір ввідного автомата. Ввідні автомати вибирають по встановленій потужності цехових трансформаторів з врахуванням їх можливого перевантаження в післяаварійному режимі, згідно ГОСТ 14209 89.

$$I_{\text{п.ав.}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{НОМТ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1341,6 \text{ А.}$$

По струму післяаварійного режиму з врахуванням поправочного теплового коефіцієнта вибираємо номінальний струм селективного автомата з незалежною від величини струму витримкою часу при к.з.:

$$\frac{I_{\text{Нав}}}{0,85} \leq I_{\text{НОМрозч}}$$

$$1578,3 < 1600$$

Приймаємо до установки автомат ВА – 55 – 43,  $I_{\text{н.а.}} = 1600 \text{ А}$ .

Секційний автомат вибираємо по навантаженню секції або на рівень нижче за ввідний автомат:

$$I_{\text{р.секції}} = \frac{(0,6 \div 0,7) \cdot I_{\text{п.ав.}}}{0,85}, \text{ А}$$

Приймаємо до установки автомат типа ВА – 55 – 41,  $I_{\text{н.ав.}} = 1000 \text{ А}$ .

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.6. Вибір марки і перерізу струмоведучих частин

Підбираємо по таблиці. 5.6. [2] трижильний кабель з алюмінієвими жилами марки АВВГ перетином 25 мм<sup>2</sup>, для якого тривало допустимий струм дорівнює 115 А. Підставляючи числові значення в співвідношення:

$$I_{\text{дл доп}} \geq k_3 \cdot I_3$$

$$99 \geq 1 \cdot 125 \text{ А}$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.2.

Аналогічно вибираємо переріз проводів до двигунів АД2 і АД3.

Далі вибираємо переріз шинопроводу розподільчий типу ШРА – 73,  $I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}$ , за тими ж умовами, що і кабель.

Здійснимо перевірку вибраних переріз по втраті напруги:

$$\Delta U_{\text{д}} = \sqrt{3} \cdot 99 \cdot 0,05 \cdot (0,92 \cdot 0,6 + 0,06 \cdot 0,8) = 5 \text{ В}$$

Оскільки КУ підключені до шин вторинної напруги цехові ТП, перетоки РП знижуються в мережі до місця їх приєднання і не впливають на режим РП в мережі 0,38 кВ. Тому значення коефіцієнту активної потужності  $\cos \varphi$  визначаємо по розрахунковому силовому навантаженню (табл. 2.1.):

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p} = \frac{1704,9}{2456,3} = 0,69; \quad \sin \varphi = 0,72$$

Розрахунки показали, що вибрані перетини дротів задовольняють необхідним умовам. Всі розрахунки зведені в таблицю 2,2.

Оскільки характер навантаження в цехах різний, умови довкілля так само неоднакові, то для забезпечення надійного внутрішньоцехового електропостачання необхідно перевірити вибрані перетини струмоведучих частин з врахуванням цих особливостей.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.7. Розрахунок струмів К.З. в мережі до 1 кВ. Перевірка апаратів і СВЧ на стійкість дії струмів к.з.

Метою розрахунку струмів к.з. у мережах до 1 кВ є перевірка вибраних автоматів і шинопроводів на стійкість дії струмів к.з., всіх видів захисних апаратів (автоматів і запобіжників) – по граничному струму відключення і на чутливість захистів.

Особливістю розрахунків струмів кз. у мережах до 1 кВ є, те, що

- розрахунок проводиться в іменованих одиницях;
- при розрахунку струмів к.з. необхідно враховувати активні і індуктивні опори всіх елементів короткозамкнутому ланцюгу, включаючи провідники, трансформатори струму, струмові котушки автоматів, дуги, контактів і контактних з'єднань.

Розрахунок початкового значення періодичної складової струму трифазного короткого замикання

Опори (питомі) елементів мережі наведені в таблиці 2.3

$$x_C = \frac{400^2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10,5} = 0,8 \text{ мОм}$$

Параметри трансформатора ТМ-400-10/0,4;  $U_K = 5,5 \%$ ,  $\Delta P_{к.з.} = 7,6 \text{ кВт}$ .

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.3

## Опори (питомі) елементів мережі

Опори послідов- ностей	Питомі опори МОм/м	СВЧ			Трансформа- тори струму		Автомати		
		ШМА 1600 (Ш1) (35м)	ШРА 400 (Ш2) (20м)	Кабель АВВГ (3*25) мм <sup>2</sup> (К6) (20м)	ТА 1 75/5	ТА 2 1000/ 5	QF 3	QF 4	QF 8
Пряма	r <sub>1</sub>	0,03	0,15	1,28	3	0,05	1,1	0,65	0,14
	x <sub>1</sub>	0,014	0,17	0,06	4,8	0,07	0,5	0,17	0,08
Нульова	r <sub>0</sub>	0,037	0,162	2,5					
	x <sub>0</sub>	0,042	0,164	0,075					
Фаза- нуль	r <sub>Ф-0</sub>	0,067	0,262	4					
	x <sub>Ф-0</sub>	0,056	0,294	0,15					

$$r_{IT} = \frac{7,6 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{630^2} = 3,07 \text{ МОм};$$

$$x_{1m} = \sqrt{5,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 7,6}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^4 \cdot 10^2}{630} = 13,7 \text{ МОм}$$

$$r_{1\Sigma} = 3,07 + 0,14 + 0,05 = 3,26 \text{ МОм},$$

$$x_{1\Sigma} = 0,8 + 13,7 + 0,08 + 0,07 = 14,65 \text{ МОм}.$$

$$I_{по}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,26^2 + 14,65^2}} = 15,3 \text{ кА}.$$

Необхідність врахування впливу електродвигунів при розрахунку струму к.з. визначається із співвідношення:

$$I_{н\text{ов}\Sigma} \leq 0,1 \cdot I_{кз}^{(3)} \quad 225 \leq 0,1 \cdot 15300$$

Таким чином вплив двигуна в місці к.з. можна не враховувати.

Якщо електропостачання електроустановки напругою до 1 кВ здійснюється від енергосистеми через знижуючі трансформатори, то значення періодичної складової струму однофазного К.З. від системи ( $I_{по}^{(1)}$ ) в кіло амперах розраховують по наступній формулі:

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{no\ min}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{CP.HH}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma}^1 + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma}^1 + x_{0\Sigma})^2}}, \text{ кА}$$

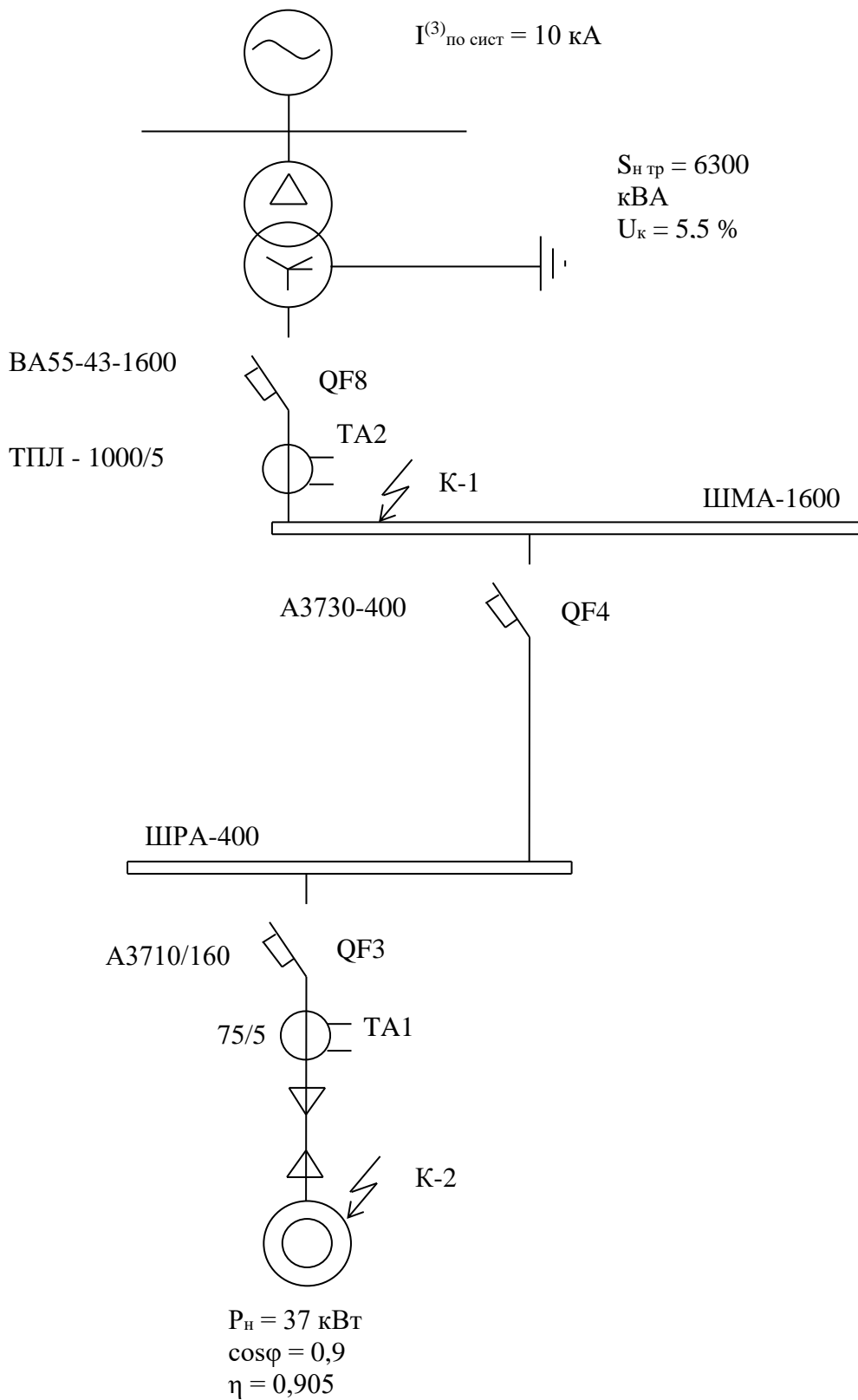


Рис. 2.5 – Розрахункова схема

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

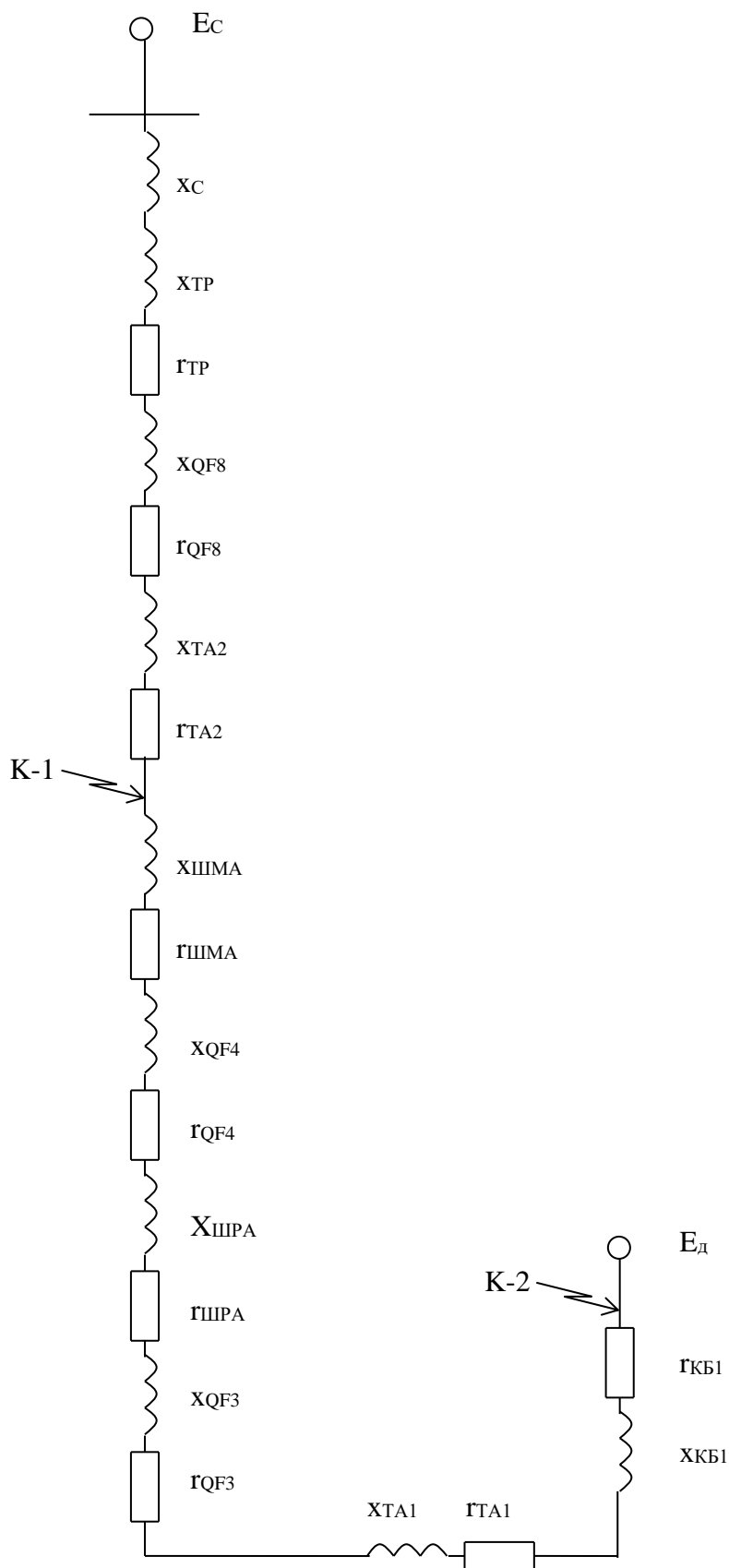


Рис.2.6 – Схема заміщення

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ

Лист

Струм однофазного к.з. в точці К – 2 розраховується за формулою:

$$I_{no\ min}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 124,28 + 61,58)^2 + (2 \cdot 35,63 + 24,15)^2}} = 2,13 \text{ кА.}$$

де  $r_{1\Sigma}$  і  $x_{1\Sigma}$  - визначається:

$$r_{1\Sigma} = r_{IT} + r_{A8} + r_{TA2} + r_{1Ш1} + r_{A4} + r_{1Ш2} + r_{A3} + r_{TA1} + r_{1KB}$$

$$x_{1\Sigma} = x_C + x_{IT} + x_{A8} + x_{TA2} + x_{1Ш1} + x_{A4} + x_{1Ш2} + x_{A3} + x_{TA1} + x_{1KB}$$

$$r_{1\Sigma} = 3,07 + 0,14 + 0,05 + 0,03 \cdot 35 + 0,65 + 20 \cdot 0,15 + 0,14 + 3 + 20 \cdot 1,28 = 36,7 \text{ мОм}$$

$$x_{1\Sigma} = 0,8 + 13,7 + 0,08 + 0,07 + 0,014 \cdot 35 + 0,17 + 20 \cdot 0,17 + 0,08 + 4,8 + 20 \cdot 0,06 = 24,79 \text{ мОм}$$

$$r'_{1\Sigma} = r_{1\Sigma} + (r_{\phi-H.Ш1} + r_{\phi-H.Ш2} + r_{1KB}) = 36,7 + (0,067 \cdot 35 + 0,262 \cdot 20 + 20 \cdot 4) = 124,28 \text{ мОм};$$

$$x'_{1\Sigma} = x_{1\Sigma} + (x_{\phi-H.Ш1} + x_{\phi-H.Ш2} + x_{1KB}) = 24,79 + (0,056 \cdot 35 + 0,294 \cdot 20 + 20 \cdot 0,15) = 35,63 \text{ мОм};$$

$$r_{0\Sigma} = r_{0T} + r_{A8} + r_{TA2} + r_{0Ш1} + r_{A4} + r_{0Ш2} + r_{A3} + r_{TA1} + r_{0KB} =$$

$$= 3,07 + 0,14 + 0,05 + 0,037 \cdot 35 + 0,65 + 0,162 \cdot 20 + 0,14 + 3 + 20 \cdot 2,5 = 61,58 \text{ мОм};$$

$$x_{0\Sigma} = x_{0m} + x_{A8} + x_{TA2} + x_{0Ш1} + x_{A4} + x_{0Ш2} + x_{A3} + x_{TA1} + x_{0KB} =$$

$$= 13,7 + 0,08 + 0,07 + 35 \cdot 0,042 + 0,17 + 20 \cdot 0,164 + 0,08 + 4,8 + 20 \cdot 0,075 = 24,15 \text{ мОм.}$$

Перевірка автоматів по граничному струму відключення:

$$I_{пред.откл} \geq I_{п.о.}^{(3)},$$

де  $I_{п.о.}^{(3)}$  - максимальний струм трифазного короткого замикання.

$$75 \geq 15,3 \text{ кА}$$

Умова виконується, граничний струм відключення автомата А3710 -

$$I_{пред.откл} = 75 \text{ кА}$$

Перевірка автоматів на чуттєвість захисту:

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{п.о.}^{(1)} \geq K \cdot I_y,$$

де  $I_{п.о.}^{(1)}$  - мінімальний струм однофазного к.з. в електрично віддаленій ділянці мережі, що захищається,

$$2,13 \geq 1,25 \cdot 1,$$

Автомат задовольняє умові перевірки на чуттєвість захисту.

## 2.8. Перевірка показників якості електроенергії на шинах цехової ТП

Нормально допустиме відхилення напруги в мережі низької напруги складає  $\pm 5\%$ , а максимально допустиме в мережах НН і ВН (напруга до 20 кВ)  $\pm 10\%$ .

$$S_{н\text{ тр}} = 630 \text{ кВА}; U_{кз} = 5,5\%; \Delta P_{кз} = 7,6 \text{ кВт}.$$

Навантаження трансформатора розраховується за формулою:

$$S_p = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_{неск}^2}}{N_{\min}}$$

$$S_p = \frac{\sqrt{1704,9^2 + 356,3^2}}{4} = 435,4 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт активної потужності визначається, виходячи із значення коефіцієнта реактивної потужності

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{Q_{неск}}{P_{p\Sigma}}$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{356,3}{1704,9} = 0,21.$$

Слід  $\cos \phi = 0,98$ ,  $\sin \phi = 0,22$ .

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Трансформатор має номінальну напругу виводів  $10 \pm 2 \times 2,5\% / 0,4$  кВ.

На стороні ВН трансформатора підтримується напруга 10 кВ ( $U_1=5\%$ ,  $U_n = 0$ )

Відхилення напруги на стороні НН трансформатора при включенні його відгалуження  $+2,5\%$  ( $U_{01} = 2,5\%$ ,  $U_{011} = 2,5\%$ ).

Втрати напруги в трансформаторі при розрахунковому навантаженні:

$$\Delta U_m = \frac{435,4}{630} \cdot \left( \frac{7,6}{630} \cdot 0,98 + 0,055 \cdot 0,22 \right) = 0,017 = 1,7\%$$

Визначаємо відхилення напруги на стороні НН трансформатора з врахуванням заданих відхилень при включенні його відгалуженням  $+2,5\%$ .

$$U_{11} = 5 + 2,5 - 0 - 2,5 - 1,7 = 3,3 \%$$

Отримане значення знаходиться в межах норми.

## **2.9. Проектування однолінійної схеми електропостачання цеху нафтопереробної промисловості**

Етапи проектування внутрішньоцехових СЕП були викладені в ході виконання дипломного проекту.

Результатом проектування є однолінійна схема внутрішньоцехового електропостачання (рис.2.7) і розгорнута схема силової мережі ділянки цеху нафтопереробної промисловості (рис.2.8)

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

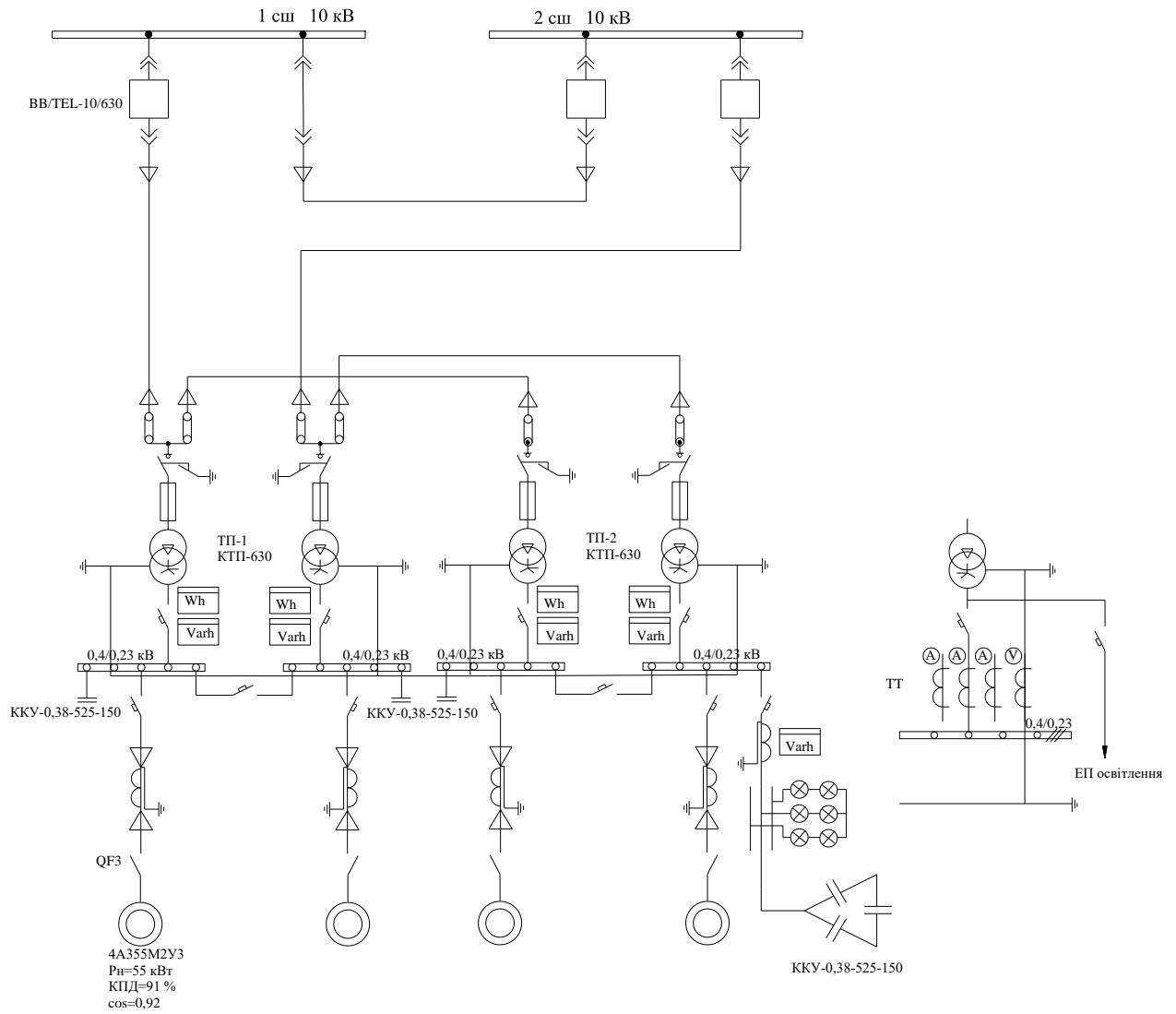


Рис.2.7 – Схема живлення цехових трансформаторів  
подвійними магістралями

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ

Лист

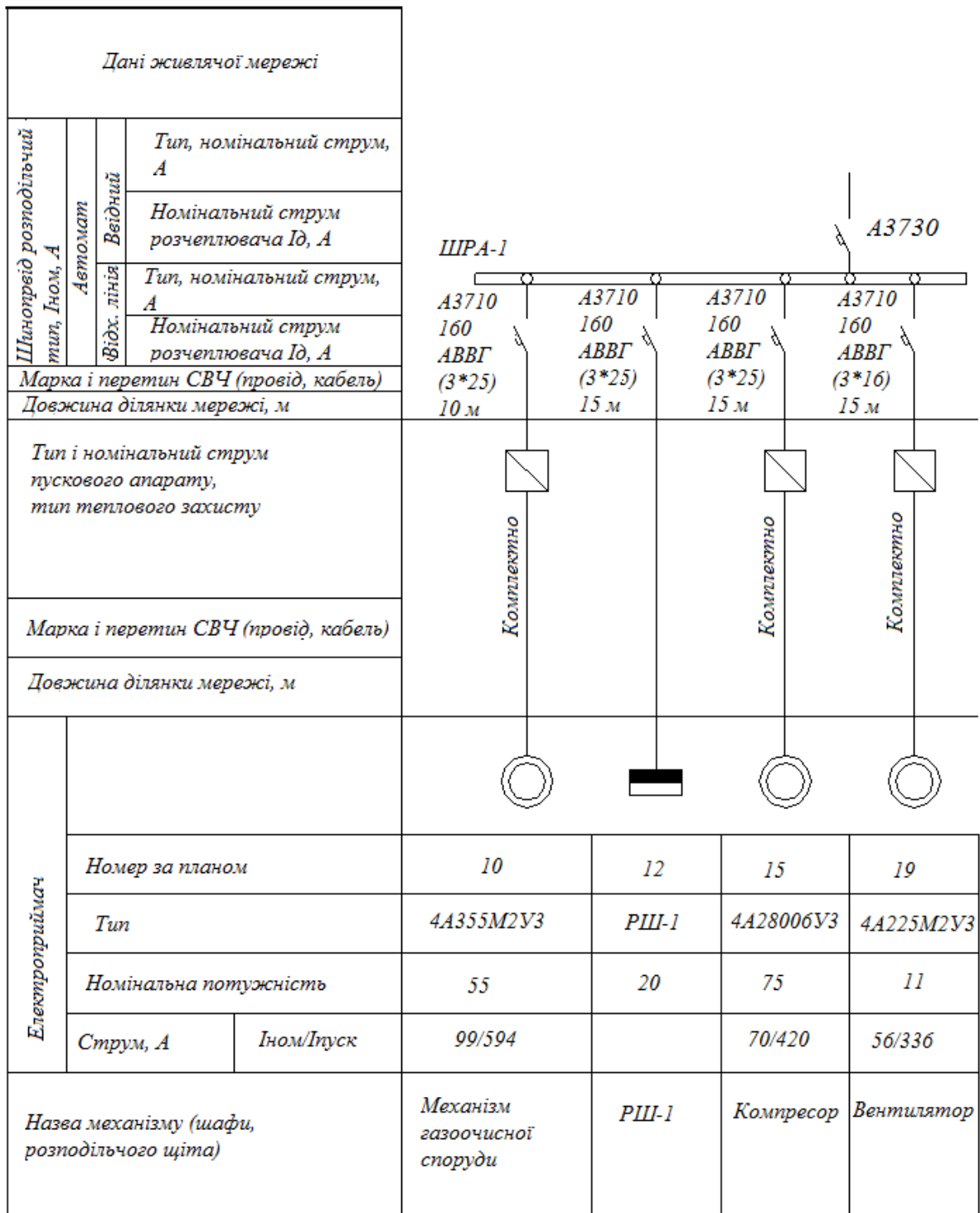


Рис. 2.8 – Розгорнута схема силової мережі ділянки механічного цеху нафтопереробної промисловості

### 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Розробка та експлуатація системи електропостачання цеху нафтопереробної промисловості вимагає суворого дотримання правил охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії. Це обумовлено як наявністю електроустановок напругою до та понад 1 кВ, так і потенційною пожежо- та вибухонебезпечністю технологічного середовища. Метою даного розділу є визначення основних організаційних та технічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

Згідно з вимогами ПУЕ, приміщення цеху за ступенем небезпеки ураження електричним струмом належить до категорії з підвищеною небезпекою через наявність струмопровідної підлоги та можливість одночасного дотику до корпусів обладнання й заземлених металоконструкцій.

Для захисту від ураження електричним струмом проектом передбачено:

- Захисне заземлення: Усі металеві корпуси електрообладнання (КТП, шафи, розподільчі пункти), які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, підлягають заземленню. Розрахунок струмів КЗ (розділ 2.7) є основою для перевірки чутливості захисних апаратів до струмів однофазного замикання на корпус.

- Захисне занулення та автоматичне відключення живлення: У мережі напругою до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю застосовано комбіновані захисні апарати (автоматичні вимикачі), що забезпечують швидке відключення пошкодженої ділянки при коротких замиканнях. Вибрані в розділі 2.5 автомати серій ВА та А3710 мають достатню відключаючу здатність та забезпечують нормований час спрацьовування.

- Система зрівнювання потенціалів: На території цеху виконується система зрівнювання потенціалів шляхом приєднання до загального заземлювального пристрою всіх сторонніх провідних частин.

Враховуючи специфіку нафтопереробного виробництва, при проектуванні системи електропостачання прийнято такі рішення:

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Внутрішньоцехові КТП (розділ 2.3) розміщено в ізольованих приміщеннях з окремими виходами, що запобігає поширенню вибухонебезпечних парів у зону розташування електрообладнання загального призначення.

- Для живлення електроприймачів застосовано кабелі марки АВВГ (розділ 2.6), які не поширюють горіння. Проходи кабелів через стіни та перекриття ущільнюються негорючими матеріалами.

- Цех оснащується первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотними та порошковими вогнегасниками), які застосовуються для гасіння електроустановок під напругою.

Безпечна експлуатація спроектованої мережі забезпечується комплексом організаційних заходів:

- Обслуговування електроустановок виконується виключно електротехнічним персоналом, який має відповідну групу з електробезпеки.

- Експлуатація здійснюється з оформленням наряду-допуску або розпорядження.

- На однолінійній схемі (розділ 2.9) чітко позначено місця встановлення комутаційних апаратів для забезпечення видимого розриву під час проведення ремонтних робіт.

- Передбачено використання електрозахисних засобів (діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими руків'ями, покажчики напруги) відповідно до норм комплектування.

Дотримання вищезазначених проектних рішень та організаційних заходів дозволяє забезпечити безпечну та безаварійну роботу системи електропостачання цеху нафтопереробної промисловості.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Висновки

Метою проектування внутрішньоцехової системи електропостачання (СЕР) було забезпечення електроприймачів необхідною кількістю електроенергії відповідної якості з одночасним застосуванням енергозберігаючих заходів, а саме:

- застосування принципу головного вимикача (ГВ) та дроблення підстанцій;
- раціональне розміщення трансформаторів на площі цеху;
- використання компенсаційних установок (КУ) у мережі до 1 кВ, що дозволило зменшити втрати активної потужності в елементах СЕР;
- застосування швидкодіючих захисних апаратів, що значно підвищує надійність внутрішньоцехової системи електропостачання.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Література

1. Діючі галузеві нормативні документи у галузі будівництва для використання на об'єктах електроенергетичної галузі. Показчик. Режим доступу: [https://ua.energy/uchasnikam\\_rinku/dokumenty](https://ua.energy/uchasnikam_rinku/dokumenty)
2. СОУ-Н ЕЕ 20.178-2008 «Схеми принципів електричних розподільних установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій. Настанова». Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=66629](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66629)
3. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
4. Бардик, Є.І. Електрична частина станцій та підстанцій. Основне електрообладнання / Є.І. Бардик, М.П. Лукаш / К.: «Політехніка» НТУУ «КПІ» 2012 – 250 с.
5. Костишин, В.С. Електрична частина станцій та підстанцій : навч. посіб. /В.С. Костишин, М.Й. Федорів, Я.В. Бацала. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 243 с.
6. ДСТУ 3008:2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [Чинний від 2015-06-22]. Вид. офіц. Київ, 2015. 31 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 20 с. (Інформація та документація).
8. ДСТУ 3582:2013 Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила. [Чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ, 2014. 17 с. (Інформація та документація).
9. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2003-12-08]. Вид. офіц. Київ, 2005. 55с.

					ЕТ та ЕЕ 4815.034.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		