

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ
ВІБРОПРЕСОВАНИХ ВИРОБІВ ВСТАНОВЛЕНОЮ
ПОТУЖНІСТЮ 1900 кВт

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕЕ-43
Зубчик Максим Васильович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Гарант освітньої програми:
канд. техн. наук, доцент
Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

ЗУБЧИК М. В. Електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт. Рукопис.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків та пропозицій, переліку джерел посилення та додатків.

Розроблено систему електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт.

Розробка СЕП підприємства виконувалася на основі електротехнічних розрахунків. А саме, розрахунок електричних навантажень, розрахунок освітлювальних навантажень, розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП, розрахунок кількості та потужності силових трансформаторів, розрахунок потужності конденсаторних батарей, розрахунок струмів короткого замикання, вибір раціональної схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

Кваліфікаційний проєкт містить 70 сторінок, 11 рисунків, 24 таблиці, 24 джерел літератури.

Ключові слова: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ (СЕП), ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ, СТРУМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.

ANNOTATION

ZUBCHYK M. Power supply of the vibro-pressed products plant with an installed capacity of 1900 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project of EP Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics specialties 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of an introduction, five sections, conclusions and recommendations, a list of reference sources and appendices.

A power supply system was developed for a vibro-pressed products plant an installed capacity of 1900 kW.

Development of PSS of the enterprise was carried out on the basis of electrotechnical calculations. Namely, the calculation of electrical loads, calculation of lighting loads, calculation of loads at higher levels of PSS, calculation of the number and capacity of power transformers, calculation power of capacitor banks, calculation of short-circuit currents, selection of a rational scheme of external and internal power supply.

Bachelor's qualification project contains 70 pages, 11 figures, 24 tables, 24 sources of literature.

Keywords: POWER SUPPLY SYSTEM (PSS), ELECTRICAL LOADS, CABLE LINES OF ELECTRICITY TRANSMISSION, SHORT-CIRCUIT CURRENT, ELECTRICAL EQUIPMENT.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	8
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	10
2.1 Розрахунок силових електричних навантажень	10
2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень	11
2.2.1 Розрахунок освітлювальних навантажень підприємства	11
2.2.2 Розрахунок освітлювальної мережі бетонно-змішувального цеху	12
2.3 Визначення сумарних навантажень	13
2.4 Розрахунок картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень	14
2.5 Вибір кількості та потужності трансформаторів	14
2.6 Компенсація реактивної потужності	16
2.7 Визначення електричних навантажень на вищих рівнях	17
2.8 Проєктування зовнішньої мережі живлення підприємства	17
2.9 Проєктування внутрішньої розподільної мережі	18
2.10 Вибір схеми електропостачання бетонно-змішувального цеху	20
2.11 Розрахунок струмів короткого замикання	22
2.11.1 Розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 кВ	22
2.11.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ	24
2.12 Вибір обладнання	28
2.12.1 Вибір комірок	28
2.12.2 Вибір роз'єднувачів	28
2.12.3 Вибір вимикачів навантаження та запобіжників	29
2.12.4 Вибір автоматичних вимикачів	29
2.12.5 Вибір вимірювальної апаратури	31
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА	32
РОЗДІЛ 4 САПР	36
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	38
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	41
ДОДАТКИ	44

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Зубчик М.В.			Електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Волинець В.І.				Д	6	70
Н. контр.		Ващенко Ю.І.						
Затвердив		Волинець В.І.				ФАБЕ, гр. ЕЕ-43		

ВСТУП

Заводи з виробництва вібропресованих виробів (тротуарної плитки, бордюрів, стінових блоків) є енергоємними підприємствами з високим рівнем автоматизації технологічних процесів. Стабільна робота такого виробництва безпосередньо залежить від надійності, ефективності та безпеки системи електропостачання.

Сучасна система електропостачання промислового підприємства повинна не лише забезпечувати безперебійну передачу електроенергії споживачам різних категорій надійності, а й мінімізувати втрати потужності, забезпечувати належну якість напруги та відповідати вимогам енергозбереження.

Метою кваліфікаційного проєкту є розробка комплексної системи електропостачання заводу з виробництва вібропресованих виробів, яка б забезпечувала оптимальне функціонування силового електрообладнання та освітлювальних установок при мінімальних капітальних і експлуатаційних витратах.

Об'єктом дослідження є процеси розподілу та споживання електричної енергії на промисловому підприємстві. Предметом проєкту є технічні рішення та параметри електрообладнання, що формують систему електропостачання заводу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні надійної енергетичної бази для забезпечення безперервного циклу вібропресування, що дозволить підприємству випускати конкурентоспроможну продукцію з дотриманням сучасних стандартів енергоефективності.

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Об'єктом розробки у даному кваліфікаційному проєкті є система електропостачання заводу з виробництва вібропресованої продукції. Виробнича структура підприємства включає бетонно-змішувальний і формувальний цехи, а також відділення витримки виробів. Інфраструктура також охоплює склад готової продукції, адміністративний корпус, лабораторію та прохідну.

Підприємство займає площу 20,8 тис. м² із загальною площею забудови 6275 м². Сумарна встановлена потужність електроприймачів становить 1900 кВт. Електропостачання передбачено від шин 10 кВ районної підстанції, віддаленої на 1,1 км, при потужності короткого замикання на джерелі живлення 78 МВА. Режим роботи заводу - тризмінний, з річним фондом робочого часу 6000 год та тривалістю використання максимуму навантаження 5200 год. Ліміт реактивної потужності від енергосистеми обмежений значенням 570 кВАр.

Генеральний план підприємства зображено на рисунку 1.1.

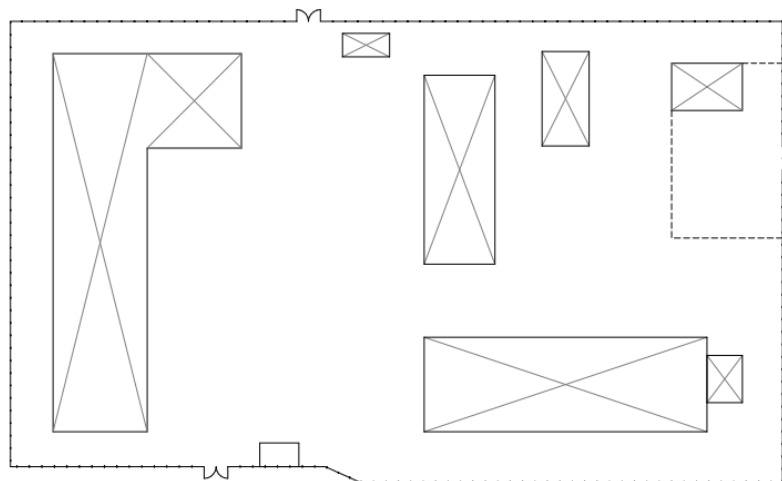


Рисунок 1.1 – Генеральний план підприємства

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт. Пояснювальна записка		
Розробив		Зубчик М.В.					
Перевірив		Волинець В.І.					
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.					
Затвердив		Волинець В.І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Д	8	2
					ФАБЕ, гр. ЕЕ-43		

Встановлена потужність та площа цехів підприємства наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Встановлена потужність та площа цехів заводу

Назва цеху	Встановлена потужність $P_{вст}$, кВт	Площа F , м ²
Бетонно-змішувальний цех	600	1835
Формувальний цех	504	870
Склад готової продукції	120	2880
Адміністрація	52	110
Випробувальна лабораторія	128	218
Цех витримки	491	290
Прохідна	5	72
Всього	1900	6275

Усі споживачі підприємства відносяться переважно до II та III категорій надійності: II категорія – 84% (виробничі цехи); III категорія – 16 % (інші допоміжні будівлі).

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Зубчик М.В.			Електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт. Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірів		Волинець В.І.						Д	10	23	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.			ФАБЕ, гр. ЕЕ-43						
Затвердив		Волинець В.І.									

Далі розрахуємо за методом впорядкованих діаграм розрахункові навантаження для інших цехів та корпусів підприємства. Результати розрахунку показано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати визначення розрахункового навантаження цехів

Назва цеху	Встановлена потужність $P_{вст}, кВт$	Розрахункові навантаження		
		$P_p, кВт$	$Q_p, кВАр$	$S_p, кВА$
Бетонно-змішувальний цех	600	471,00	441,00	645,23
Формувальний цех	504	332,64	312,68	456,53
Склад готової продукції	120	79,20	74,45	108,70
Адміністрація	52	34,32	32,26	47,10
Випробувальна лабораторія	128	84,48	79,41	115,94
Цех витримки	491	324,06	304,62	444,75
Прохідна	5	3,30	3,10	4,53
Разом	1900	1329,00	1249,26	1823,98

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

2.2.1. Розрахунок освітлювальних навантажень підприємства

Визначення параметрів електричного освітлення підприємства виконано відповідно до методичних вказівок, наведених у Додатку А.2. Для забезпечення енергоефективності та дотримання сучасних норм освітленості, як основне джерело світла обрано світильники зі світлодіодними (LED) лампами. Розрахунок освітлювального навантаження проведено методом питомої потужності, а отримані результати систематизовано в таблиці 2.3.

Метод питомої потужності обрано як найбільш раціональний на стадії проєктування системи електропостачання. Він дозволяє з достатньою точністю визначити очікуване навантаження на мережу, виходячи з типу приміщення, висоти підвісу світильників та нормативної освітленості згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку освітлювальних навантажень

Назва цеху	$E_{норм},$ лк	$F,$ $м^2$	$h,$ м	$P_{норм},$ $\frac{Вт}{м^2}$	$P_0,$ кВт	Тип лампи	$K_{пра}$	K_n	$tg\varphi$	$P_{ро},$ кВт	$Q_{ро},$ кВАр
Бетонно-змішувальний цех	150	1835	9	15	25,55	LED	1,2	0,9	0,33	27,59	9,11
Формувальний цех	150	870	9	15	12,096	LED	1,2	0,9	0,33	13,06	4,31
Склад готової продукції	75	2880	9	10	28,8	LED	1,2	0,9	0,33	31,10	10,26
Адміністрація	300	110	4	20	2,16	LED	1,2	0,9	0,33	2,33	0,77
Випробувальна лабораторія	150	218	6	18	2,16	LED	1,2	0,9	0,33	2,33	0,77
Цех витримки	150	290	9	15	2,88	LED	1,2	0,9	0,33	3,11	1,03
Прохідна	250	72	3	20	1,08	LED	1,2	0,9	0,33	1,17	0,38
Разом	-	6275	-	-	74,726	-	-	-	-	80,70	26,63

2.2.2. Розрахунок освітлювальної мережі бетонно-змішувального цеху

Вихідні дані: Площа цеху складає 1835 м², питома потужність складає 15 Вт/м². Відповідно за таблицею відповідності переведемо питому потужність в значення для світлодіодних ламп:

$$p_{numLED} = \frac{p_{numLP}}{6,66} = \frac{15}{6,66} = 2,25 \text{ Вт/м}^2.$$

Згідно плану ми намічаємо собі 2 ряди по 25 світильників. Підставляємо відомі значення у вираз та знайдемо потужність лампи.

$$P_l = \frac{1835 \cdot 2,25}{50} = 82,6 \text{ Вт}.$$

Приймаємо до влаштування LED світильник потужністю 80 Вт HIGH BAY серія PROFESSIONAL [5] (Ledmark).

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Перерахуємо кількість світильників з врахуванням вибраної потужності світлодіодної лампи:

$$P_n = \frac{1835 \cdot 2,25}{80} = 51,6 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо два ряди світильників по 26 в кожному ряду.

Живлення робочого освітлення здійснюється від групового освітлювального щита типу ЩО-4 (Білмакс), номінальний струм якого 50 А. Живлення світлодіодних світильників від освітлювального щитка робочого освітлення здійснюється кабелем ППГнг-НФ-3х2,5 з $I_{тр \cdot доп} = 34$ А (Тумен).

2.3. Визначення сумарних навантажень

Визначимо повне сумарне навантаження підприємства за [6]. У таблиці 2.4 представлені результати розрахунку.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку сумарних навантажень

Назва	$P_{ср \text{ зм'}}$ кВт	$Q_{ср \text{ зм'}}$ кВАр	$P_{ро'}$ кВт	$Q_{ро'}$ кВАр	$P_{р\Sigma'}$ кВт	$Q_{р\Sigma'}$ кВАр	$S_{р\Sigma'}$ кВА
Бетонно-змішувальний цех	471,00	441,00	27,59	9,11	498,59	450,11	671,71
Формувальний цех	332,64	312,68	13,06	4,31	345,70	316,99	469,04
Склад готової продукції	79,20	74,45	31,10	10,26	110,30	84,71	139,08
Адміністрація	34,32	32,26	2,33	0,77	36,65	33,03	49,34
Випробувальна лабораторія	84,48	79,41	2,33	0,77	86,81	80,18	118,18
Цех витримки	324,06	304,62	3,11	1,03	327,17	305,64	447,73
Прохідна	3,30	3,10	1,17	0,38	4,47	3,49	5,67
Разом	1329,00	1249,26	80,70	26,63	1409,70	1275,89	1901,36

2.4. Розрахунок картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Для оптимізації розташування проєктованої закритої трансформаторної підстанції (ЗТП) виконано побудову картограми електричних навантажень та визначено центр електричних навантажень (ЦЕН) заводу. Розрахунок проведено згідно з алгоритмом, викладеним у Додатку А.3, а підсумкові координати та параметри навантажень окремих цехів зведено в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми навантажень

Назва	$x,$ м	$y,$ м	$P_{p\Sigma} \cdot x$	$P_{p\Sigma} \cdot y$	$r,$ см	$\alpha,$ град.
Бетонно-змішувальний цех	141	25	70301,8	12464,9	13	20
Формувальний цех	113	79	39064,5	27310,6	10	14
Склад готової продукції	27	66	2978,2	7280,1	6	102
Адміністрація	182	27	6670,8	989,6	3	23
Випробувальна лабораторія	176	98	15279,1	8507,7	5	10
Цех витримки	140	97	45803,9	31735,5	10	3
Прохідна	92	112	410,9	500,2	1	94
Разом	-	-	180509,1	88788,6	-	-

Згідно виразів (А.3.2)-(А.3.3) визначаємо координати центру активного навантаження:

$$X_{\text{ЦАН}} = \frac{180509,1}{1409,7} = 128 \text{ м},$$

$$Y_{\text{ЦАН}} = \frac{88788,6}{1409,7} = 63 \text{ м}.$$

2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів

Вибір потужності та кількості силових трансформаторів виконано на основі методики, наведеної у Додатку А.4. Порівняльний техніко-

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

економічний аналіз двох варіантів дозволив визначити найбільш раціональне рішення за критерієм мінімальної вартості та відповідності вимогам щодо перевантажувальної здатності. Розрахункові дані та результати порівняння представлено в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Результати вибору силових трансформаторів

Показник	Варіант I	Варіант II
$P_{p\Sigma}$, кВт	1409,70	1409,70
$Q_{p\Sigma}$, кВАр	1275,89	1275,89
$S_{p\Sigma}$, кВА	1901,35	1901,35
F , м ²	6275	6275
σ , кВА/м ²	0,3	0,3
Тип трансформатора	ТМ-1250	ТМ-1600
N_{min} , шт	1,6	1,3
m , шт	0	0
N_{ont} , шт	2	2
$Q_{max T}$, кВАр	1036,94	1740,79
$Q_{НБК 1}$, кВАр	238,95	-464,90
K_{p1}	11	–
K_{p2}	17	–
γ	0,55	–
$Q_{НБК 2}$, кВАр	-338,06	–
$Q_{НБК}$, кВАр	238,95	–
Тип НБК	2хУКРМ-0,4-120-10У3	–
ΔP_x , кВт	1,6	2,1
ΔP_K , кВт	14,7	17,5
τ_M , год	3633,1	3633,1
ΔW , тис.кВт·год	89,82	81,68
C_e , тис.грн	754,45	686,15
K , тис.грн	1519,56	1500,00
$З$, тис.грн	944,39	873,65

За результатами техніко-економічного порівняння встановлено, що другий варіант характеризується меншими капітальними та

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатаційними витратами. Враховуючи економічну доцільність, до встановлення прийнято два силові трансформатори типу ТМ-1600/10.

Перевіримо вибрані силові трансформатори на перевантажувальну здатність з врахуванням відключення споживачів III категорії надійності (312,27 кВА):

$$1,4 \cdot 1600 = 2240 > \frac{2 \cdot (1901,36 - 312,27)}{2} = 1589,09 \text{ кВА.}$$

Умова виконується, отже остаточно приймаємо до встановлення трансформатор ТМ-1600/10 (УкрЕЛКОМ).

2.6. Компенсація реактивної потужності

Для компенсації реактивної потужності на рівні напруги 10 кВ розраховано необхідні параметри КУ відповідно до алгоритму, наведеного у Додатку А.5. Ключовими чинниками при виборі потужності установок стали максимальне реактивне навантаження об'єкта та дозволений рівень споживання реактивної енергії з мережі. Усі результати розрахунку подано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку потужності високовольтних конденсаторних установок

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
Q_p	кВАр	1275,89
$Q_{\text{етах}}$	кВАр	570
$Q_{\text{НБК}}$	кВАр	0
ΔQ_T	кВАр	49,12
$k_{\text{НС}}$	—	0,8
Q_{M1}	кВАр	1020,71
Q_{K1}	кВАр	450,71
$Q_{\text{НСТ}}$	кВАр	1325,01
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	499,83

Встановлення високовольтних батарей конденсаторів (ВБК) потужністю 499,83 кВАр на шинах 10 кВ визнано недоцільним. З метою наближення джерел реактивної потужності до безпосередніх споживачів, компенсацію прийнято реалізувати на стороні низької напруги (0,4 кВ). Враховуючи двотрансформаторну конфігурацію підстанції, загальну розрахункову потужність компенсувальних пристроїв розподілено рівномірно між секціями шин.

Приймаємо до встановлення конденсаторні батареї дві УКРМ (АКУ)-0,4-260-20УЗ [8] (НафтаЕнергоПром).

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Визначаємо електричні навантаження на вищих рівнях СЕП за методикою, яка відображена в додатку А.6.

За виразами (А.6.1, А.6.2) визначимо розрахункове навантаження на стороні високої напруги:

$$S_{P4} = \sqrt{(1409,7 + 8,49)^2 + (1275,89 + 49,12 - 520)^2} = 1630,7 \text{ кВА},$$

$$\Delta P_{T1600} = 2 \cdot 2,1 + \frac{1}{2} \cdot 0,7^2 \cdot 17,5 = 8,49 \text{ кВт}.$$

2.8. Проектування зовнішньої мережі живлення підприємства

Визначаємо раціональну напругу:

$$U = \sqrt{1,6307 \cdot (100 + 15 \cdot \sqrt{1,1})} = 13,7 \text{ кВ}.$$

Найближчою з ряду стандартних є напруга 10 кВ, тому вибираємо її для живлення підприємства [9]. Підприємство живиться від шин 10 кВ районної ПС, яка знаходиться на відстані 1,1 км від підприємства.

Згідно методики додатку А.7 визначимо струм післяаварійного режиму:

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{n\text{ ав}} = \frac{1630,7}{\sqrt{3} \cdot 10} = 94,26 \text{ А.}$$

Для живлячої лінії вибираємо марку кабелю – АПвЕгаПу-10 «кабелі силові трижильні з алюмінієвими СПЖ, ізоляцією зі зшитого поліетилену, з повздовжньою та поперечною герметизацією екрану, з посиленою зовнішньою оболонкою з поліетилену» (виробник – Південкабель) [10].

Розрахунковий струм в нормальному режимі за (А.7.5):

$$I_{\text{норм}} = \frac{1630,7}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 47,13 \text{ А.}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок кабельної лінії 10 кВ

F , мм ²	$I_{\text{доп}}$, А	$I'_{\text{доп}}$, А	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}$, В	$\Delta U_{\text{норм}}$, %	$\Delta U_{n\text{ ав}}$, %	K_3	ΔP_H , кВт	ΔP_ϕ , кВт	C_e , тис. грн.	K , тис. грн.	3 , тис. грн.
35	119	124,95	0,894	0,095	69,26	0,69	1,39	0,38	46,06	6,55	199,99	1730,63	416,32
50	140	147	0,625	0,09	49,69	0,50	0,99	0,32	44,57	4,58	139,81	1838,13	369,58
70	171	179,55	0,447	0,086	36,70	0,37	0,73	0,26	47,55	3,28	99,99	2169,18	371,14
95	203	213,15	0,329	0,083	28,07	0,28	0,56	0,22	49,33	2,41	73,60	2249,31	354,76
120	232	243,6	0,261	0,081	23,09	0,23	0,46	0,19	51,11	1,91	58,39	2544,43	376,44

Оскільки приведені затрати кабелю перерізом 95 мм² найменші, то приймаємо кабель марки АПвЕгаПу-10-3х95 (Південкабель) до встановлення.

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибираємо радіально-магістральну схему живлення для внутрішньозаводської мережі.

Для внутрішньозаводської мережі в якості кабелю вибираємо кабель ВБбШв [11] (Південкабель) «кабелі силові з мідними СПЖ, із ізоляцією з

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПВХ пластикату, броньовані сталевими оцинкованими стрічками, із захисним шлангом з ПВХ пластикату».

Живлення цехового електрообладнання реалізовано через розподільні пункти 0,4 кВ типу ПР11 [12] (ХЗЕМ), оснащені ввідними апаратами захисту ElectrO ВА77-1-630. Розрахунок лінійних струмів та вибір перерізів кабелів виконано відповідно до методичних вказівок Додатка А.8. Розрахункові показники та обрані марки провідників наведено в таблицях 2.9-2.10.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку внутрішньозаводської мережі

Назва будівлі (дільниці)	$S_{p\sum},$ кВА	$I_p,$ А	Тип РП	$I_{доп\ РП},$ А	Кіль- кість приймачів	Кіль- кість ліній	Кіль- кість РП	Позн. на рис.2.1	Тип вимикача
Бетонно-змішувальний цех	671,71	242,67	ПР11	630	31	4	2	РП2 РП4	ВА77-1
Формувальний цех	469,04	169,45	ПР11	630	12	2	1	РП3	ВА77-1
Склад готової продукції	139,08	100,49	ПР11	630	6	1	1	РП1	ВА77-1
Адміністрація	49,34	71,30	ПР11	630	7	1	1	РП6	ВА77-1
Випробувальна лабораторія	118,18	170,77	ПР11	630	3	1	1	РП8	ВА77-1
Цех витримки	447,73	161,75	ПР11	630	7	2	1	РП7	ВА77-1
Прохідна	5,67	8,19	ЩО	630	1	1	1	РП5	ВА77-1

Схему внутрішньозаводської мережі підприємства зображено на рисунку 2.1.

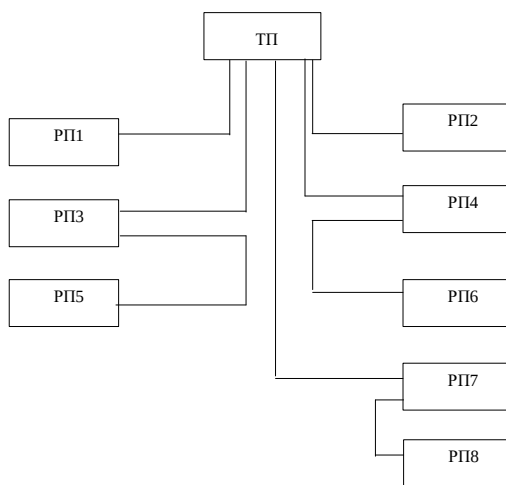


Рисунок 2.1 – Схема внутрішньозаводської мережі підприємства

Таблиця 2.10 – Вибір перерізів КЛ 0,4 кВ та їх перевірка

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma},$ кВА	$I_p,$ А	Переріз кабелю	$l,$ км	$I_{дон},$ А	$F_e,$ мм ²	$I_{наб},$ А	$I''_{наб},$ А	$r_0,$ $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0,$ $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{норм},$ %	$\Delta U_{наб},$ %
ТП-РП1	1	139,08	200,98	4х95	0,042	259	74	200,98	202,00	0,195	0,081	0,75	0,75
ТП-РП2	2	335,85	242,67	4х95	0,044	259	90	242,67	243,90	0,195	0,081	0,94	1,89
ТП-РП3	2	474,71	343,00	4х185	0,108	376	127	343,00	344,70	0,1	0,078	2,03	4,06
ТП-РП4	2	385,19	278,32	4х120	0,059	294	103	278,32	279,70	0,154	0,08	1,22	2,43
ТП-РП7	2	565,91	408,89	4х240	0,158	435	151	408,89	410,90	0,077	0,077	3,01	6,02
РП4-РП6	1	49,34	71,30	4х35	0,083	146	26	71,30	71,70	0,53	0,088	1,22	1,22
РП3-РП5	1	5,67	8,19	4х4	0,045	43	3	8,19	8,20	4,63	0,102	0,60	0,60
РП7-РП8	1	118,18	170,78	4х70	0,043	214	63	170,78	171,60	0,265	0,082	0,83	0,83

Так як усі перевірки виконуються, то вибираємо ці перерізи кабельних ліній до встановлення.

2.10. Вибір схеми електропостачання бетонно-змішувального цеху

Приймачі бетонно-змішувального цеху відносяться до II категорії надійності, тому вони будуть живитися за радіальною схемою. Розрахункове навантаження цеху становить $S_p=335,85$ кВА. Розрахуємо струм однієї лінії, якою буде заживлено цехові розподільні пункти:

$$I_p = \frac{335,85}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 242,67 \text{ А.}$$

Згідно п. 2.9 даного проєкту, вибрано кабель марки ВБбШв-4х95 з допустимим струмом $I_{дон}=229$ А.

Згідно табл. 2.9 було вибрано два розподільні пункти РП11 з вбудованими автоматичними вимикачами типу ElectrO ВА77-1-630 для якого

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{доп}=630$ А, кількість ліній, що відходять 16. Кабель, який живить приймачі цеху, прокладено в підлозі в металоконструкціях марки ВВГнгд-1.

Вибирати переріз КЛ будемо за розрахунковим струмом за виразом (А.8.1). Результати вибору кабелю зведемо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Результати вибору кабелю для цехової мережі

Назва обладнання	Номінальна потужність P_H , кВт	Кількість, шт	$\cos \varphi$	I_p , А	$I_{доп}$, А	Переріз кабелю
Прийомний бункер	148	2	0,6	178,2	214	5x70
Бетонозмішувач	80	2	0,8	72,3	73	5x10
Дозатор	20	2	0,6	24,1	33	5x2,5
Компресорна установка	40	2	0,6	48,2	43	5x4
Система аерації	36	2	0,6	43,4	54	5x6
Вібратор	42	2	0,8	37,9	43	5x4
Шнековий живильник	120	2	0,9	96,3	123	5x25
Насос високого тиску	15	1	0,83	26,1	33	5x2,5
Тепловий вентилятор	37	4	0,8	16,7	33	5x2,5
Вентилятор №1	2,2	3	0,75	1,4	33	5x2,5
Вентилятор №2	3	2	0,75	2,9	33	5x2,5
Вентилятор №3	55,5	3	0,75	35,6	43	5x4
Повітряна завіса	1,3	4	0,94	0,5	33	5x2,5

Оскільки перевірки виконуються, то приймаємо до встановлення вибрані перерізи кабелів.

2.11. Розрахунок струмів короткого замикання

2.11.1. Розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 кВ

Вихідні дані: $S_{\bar{o}}=100 \text{ МВА}$; $U_{\bar{o}} = U_{cp} = 10,5 \text{ кВ.}$; $S_{K3} = 78 \text{ МВА.}$

Опір системи:

$$\dot{X}_{C^{*}} = \frac{100}{78} = 1,28.$$

Розрахункова схема та схема заміщення короткозамкненого кола зображена на рисунках 2.2 та 2.3.

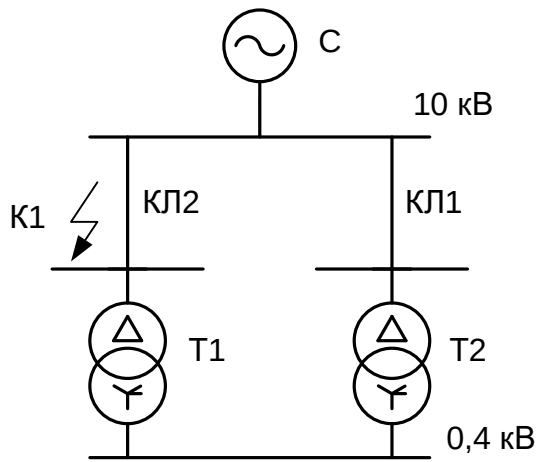


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема

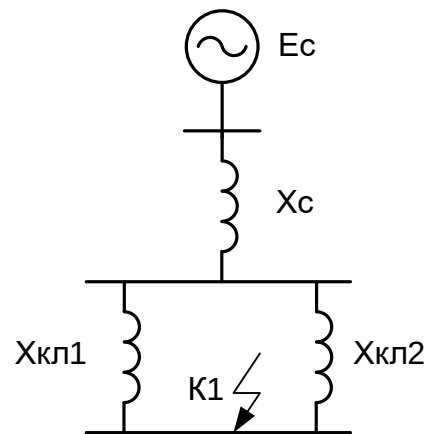


Рисунок 2.3 – Схема заміщення

Опір кабельної лінії:

$$x_{KЛ1^{*}} = 1,1 \cdot 0,083 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,083.$$

Опір паралельних ліній за формулою (рис. 2.3):

$$x_{KЛ12^{*}} = \frac{0,083}{2} = 0,041.$$

Результуючий опір (рисунок 2.4):

$$x_{рез*} = 1,28 + 0,041 = 1,321.$$

Схема набуває вигляду, зображеного на рисунку 2.3.

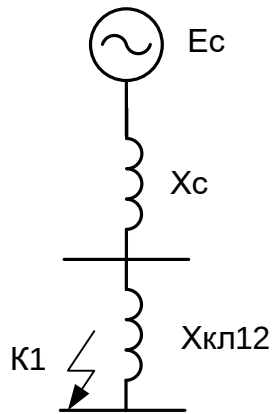


Рисунок 2.3 – Схема після перетворення

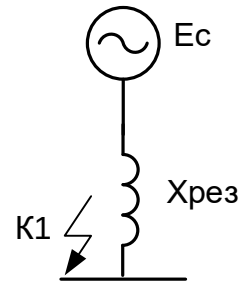


Рисунок 2.4 – Результуюча схема

Струм КЗ в точці К1 становить:

$$I_{\phi} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА},$$

$$I_{no} = \frac{5,5}{1,321} = 4,16 \text{ кА}.$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 4,16 = 6,54 \text{ кА}.$$

Мінімальний переріз, який стійкий до термічної дії струмів КЗ:

$$F_{\min} = \frac{4160}{78} \cdot \sqrt{0,25} = 26,7 \text{ мм}^2.$$

Обраний переріз кабелю 95 мм² повністю задовольняє вимогам термічної стійкості, оскільки розрахункове значення становить лише 26,7 мм². Це забезпечує необхідний запас надійності, тому кабель АПвЕгаПу-10-3х95 прийнято остаточно.

Тепловий імпульс струму короткого замикання:

$$B_K = 4,24^2 \cdot 0,25 = 4,32 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ

$U_\phi = 0,4 \text{ кВ}$; струм КЗ на шинах ВН ТП 4,16 кА; $U_{CBH} = 10,5 \text{ кВ}$;
параметри трансформатора: $S_T = 1600 \text{ кВА}$, $\Delta P_K = 17,5 \text{ кВт}$, $u_K = 6\%$;

Параметри вибраної лінії подано в таблиці 2.12.

Визначати струми КЗ на стороні НН будемо як показано в додатку А.10.

Реактивний опір системи:

$$x_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 4,16} = 1,46 \text{ Ом}.$$

Активний опір системи:

$$r_c = r_o \cdot l = 0,329 \cdot 1,1 = 0,36 \text{ Ом}.$$

Опір системи, який приведений до нижчої напруги:

- реактивний:

$$x_c^o = 1,46 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 2,11 \text{ мОм};$$

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- активний:

$$r_c^o = 0,36 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,52 \text{ мОм.}$$

Розрахункову схему трансформаторної підстанції та схему заміщення КЗ кола зображено на рис. 2.5 та 2.6.

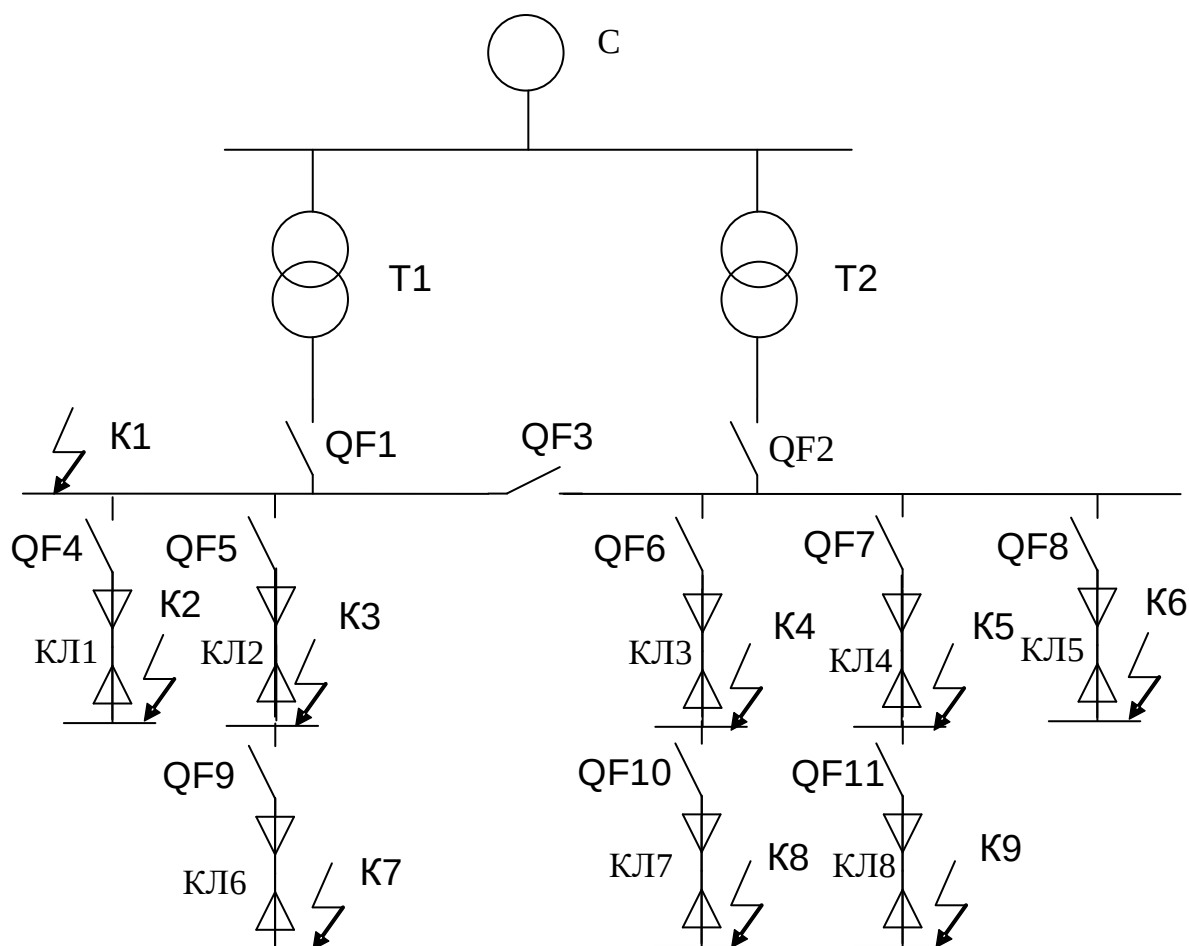


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема КЗ кола

Опори трансформатора:

– активний:

$$r_T = \frac{17,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4^2}{1,6^2} = 1,09 \text{ мОм;}$$

– реактивний:

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x_T = \frac{6}{100} \cdot \frac{0,4^2}{1600} = 0,006 \text{ мОм.}$$

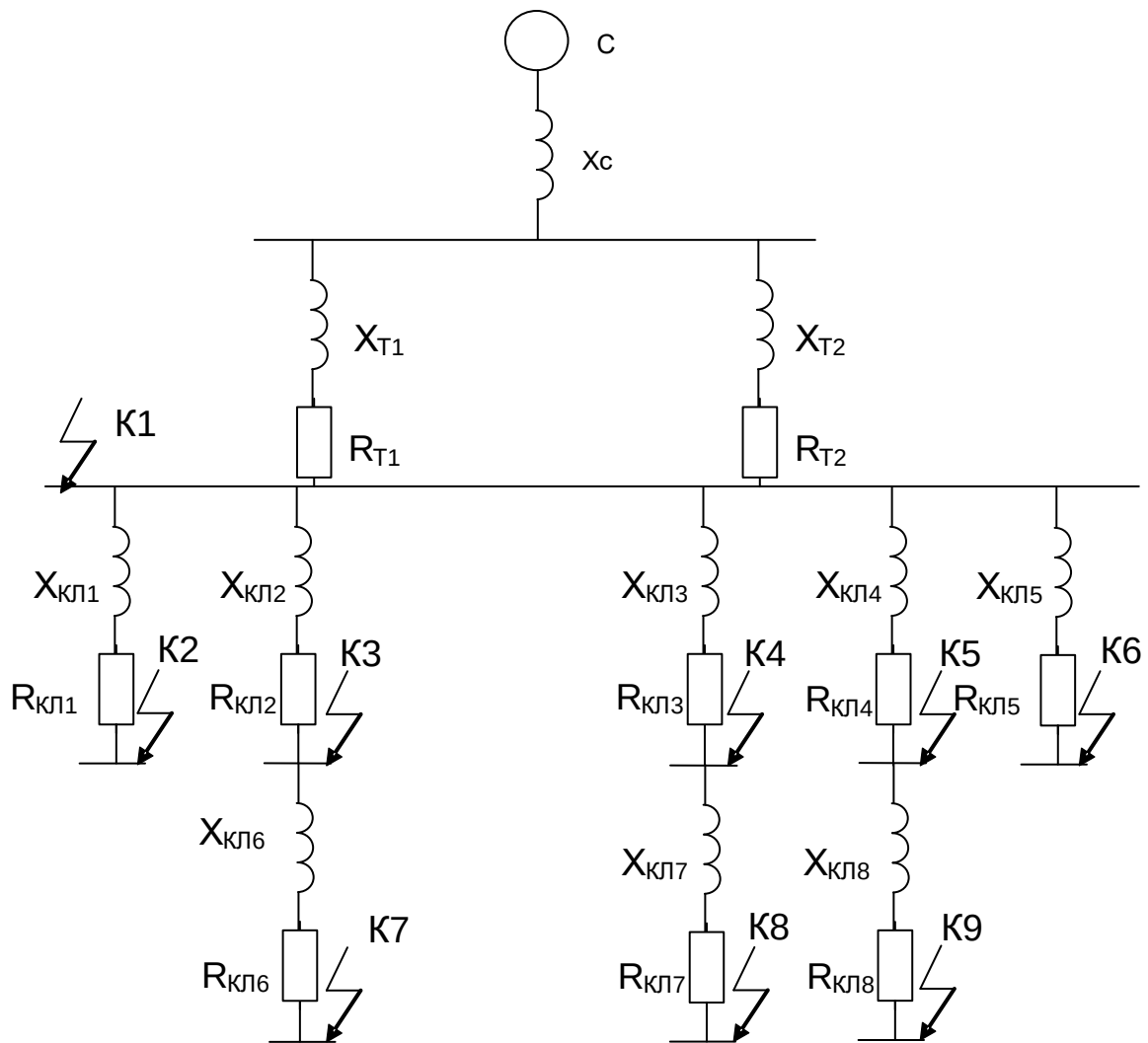


Рисунок 2.6 – Схема заміщення КЗ кола

Результуючі опори до точки К1:

– реактивний:

$$x_{рез1}^o = 2,11 + 0,006 = 2,116 \text{ мОм;}$$

– активний:

$$r_{рез1}^o = 0,52 + 1,09 + 15 = 16,61 \text{ мОм.}$$

У таблиці 2.12 показано розрахунок опорів ліній.

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12 – Розрахунок опорів

Назва КЛ	l , км	r_o , Ом/км	r , Ом	χ_o , Ом/км	χ , Ом
КЛ1	0,042	0,195	8,190	0,081	3,402
КЛ2	0,108	0,100	10,800	0,078	8,424
КЛ3	0,158	0,077	12,166	0,077	12,166
КЛ4	0,059	0,154	9,086	0,080	4,720
КЛ5	0,044	0,195	8,580	0,081	3,564
КЛ6	0,045	4,630	208,350	0,102	4,590
КЛ7	0,043	0,265	11,395	0,082	3,526
КЛ8	0,083	0,530	43,990	0,088	7,304

Перевіримо вибрані перерізи кабельних ліній на термічну стійкість до струмів КЗ згідно виразу (А.9.7).

Результати перевірки показано в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Розрахунок струмів КЗ мережі 0,4 кВ

Точка КЗ	$\chi_{рез}$, мОм	$r_{доп}$, мОм	$r_{рез}$, мОм	$Z_{рез}$, мОм	I_k , кА	k_y	i_y , кА	F_{min} , мм ²	F_{np} , мм ²
К1	2,116	15	16,61	16,74	13,809	1,3	25,311	—	—
К2	5,518	20	44,800	45,14	5,122	1,05	7,584	22,5	95
К3	10,540	20	47,410	48,57	4,761	1,05	7,048	20,9	185
К4	14,282	20	48,776	50,82	4,549	1,05	6,735	20,0	240
К5	6,836	20	45,696	46,20	5,004	1,05	7,409	21,9	120
К6	5,680	20	45,190	45,55	5,077	1,05	7,516	22,3	95
К7	15,130	25	280,760	281,17	0,822	1,05	1,217	3,6	4
К8	17,808	25	85,171	87,01	2,657	1,05	3,934	11,7	70
К9	14,140	25	114,686	115,55	2,001	1,05	2,962	8,8	35

Так як усі перерізи пройшли перевірку, то приймаємо вибрані перерізи КЛ до встановлення.

2.12. Вибір обладнання

2.12.1. Вибір комірок

Приймаємо до встановлення на стороні 10 кВ комірки збірні одностороннього обслуговування типу КСО-304 виробництва УкрЕЛКОМ [16]. За виразами (А.11.1)-(А.11.5) здійснюємо вибір та перевірку відповідно до додатку А.11.

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Вибір комірок 10 кВ

Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.крп}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ном.крп}}=630 \text{ А}$	$I_{\text{р.мах}}=94,26 \text{ А}$
$I_{\text{ном.відкл.крп}}=20 \text{ кА}$	$I_{\text{к.мах}}=4,16 \text{ кА}$
$i_{\text{ном.дин.крп}}=51 \text{ кА}$	$i_{\text{у.мах}}=6,54 \text{ кА}$
$B_{\text{т}}=20^2 \cdot 1=400 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{\text{к}}=4,16^2 \cdot 0,25= 4,32 \text{ кА}^2\text{с}$

На основі виконання умов перевірки, до монтажу остаточно затверджено камери одностороннього обслуговування марки КСО-304.

2.12.2. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо до встановлення роз'єднувачі, які обладнані заземлюючими ножами РР/ЕЛ-10 [17] (УкрЕЛКОМ). Результати перевірки зведемо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Вибір роз'єднувачів 10 кВ

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{уст}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{норм}}=47,13 \text{ А}$ $I_{\text{макс}}=94,26 \text{ А}$	$I_{\text{ном}}=630 \text{ А}$
$i_{\text{у}}=6,54 \text{ кА}$	$i_{\text{гр наскр}}=51 \text{ кА}$
$B_{\text{к}}=4,16^2 \cdot 0,25= 4,32 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{\text{т}}=20^2 \cdot 1=400 \text{ кА}^2\text{с}$

Приймаємо остаточно роз'єднувачі типу РР/ЕL-РР-ОЗ-10-630-У2.

2.12.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Для комутації ліній у камерах КСО-304 передбачено використання вимикачів навантаження у виконанні з запобіжниками та без них. Попередньо до встановлення прийнято апарати типу ВНР РА/ЕL виробництва компанії «УкрЕЛКОМ» [18]. Даний вимикач навантаження є автогазовим з ручним пружинним приводом.

Результати перевірки вимикачів навантаження показано в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Вибір вимикачів навантаження

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 47,13 \text{ А}$ $I_{макс} = 94,26 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$i_y = 6,54 \text{ кА}$	$i_{гр наскр} = 25 \text{ кА}$
$I_{но} = 4,16 \text{ кА}$	$I_{гр наскр} = 10 \text{ кА}$
$B_k = 4,16^2 \cdot 0,25 = 4,32 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_m^2 t_m = 25^2 \cdot 1 = 625 \text{ кА}^2\text{с}$
$I_{макс} = 94,26 \text{ А}$	$I_{ном.з} = 80 \text{ А}$
$I_{макс} = 94,26 \text{ А}$	$I_{вимк з} = 630 \text{ кА}$
$S'' = 78 \text{ МВА}$	$S_{вимк з} = 200 \text{ МВА}$

Приймаємо остаточно вимикач навантаження з запобіжником ВНРп-РА/ЕL-РР-ОЗ-П-10-630-25-У2 та ВНР-РА/ЕL-РР-ОЗ-10-630-25-У2 без запобіжника.

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Силове комутаційно-захисне та вимірювальне обладнання на стороні 0,4 кВ знаходиться в розподільних комірках типу ЩО-04 (УкрЕЛКОМ) [19], де встановлено на вводі та між секціями автоматичні вимикачі [20] (LS

Electric), які перевіряємо за умовами, як наведено в додатку А.12. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір автоматичних вимикачів

Назва вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані		
		$U_{ном.АВ},$ кВ	$I_{ном.розщ},$ А	$I_{гр.вимк},$ кА	$U_{ном},$ кВ	$I_p,$ А	$I_K,$ кА
QF1	Metasol AS-20E3	0,4	2000	85	0,4	1724	13,8
QF2	Metasol AS-20E3	0,4	2000	85	0,4	1724	13,8
QF3	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	200,98	5,122
QF4	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	242,67	4,761
QF5	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	343,00	4,549
QF6	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	278,32	5,004
QF7	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	408,89	5,077
QF8	Metasol AS-20E3	0,4	2000	85	0,4	1724	13,8
QF9	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	200,98	5,122
QF10	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	242,67	4,761
QF11	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	343,00	4,549
QF12	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	278,32	5,004
QF13	LS SuSol TS630N FMU630	0,4	500	65	0,4	408,89	5,077

Отже, приймаємо до встановлення вибрані вимикачі.

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.12.5. Вибір вимірювальної апаратури

Вузли обліку на вводах НН укомплектовані лічильниками Iskra MT174-T1 [21] та вимірювальними трансформаторами ТШ-0,66-2 [22] Перевірку обладнання на відповідність класам точності та номінальним навантаженням виконано згідно з алгоритмом додатка А.13 (див. табл. 2.18).

Таблиця 2.18 – Вибір шинних трансформаторів струму

Каталожні дані	Розрахункові дані
$I_{ном\text{ТС}}=2000 \text{ А}$ $U_{ном\text{ТС}}=0,72 \text{ кВ}$ $i_{ном\text{дин}}=51 \text{ кА}$ $B_m = I_m^2 t_m = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $s_{2ном} = 5 \text{ ВА}$	$I_{p\text{ max}} = 1724 \text{ А}$ $U_{ном} = 0,4 \text{ кВ}$ $i_{y\text{ max}} = 25,3 \text{ кА}$ $B_k = I_{k\text{ max}}^2 t_n = 13,8^2 \cdot 0,25 = 47,61 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $s_{2p} = 0,286 \text{ ВА}$

Розрахунок номінального навантаження трансформатора струму подано в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Вибір лічильників

Назва приладу	Тип приладу	Навантаження, ВА
Електронний лічильник	Iskra MT174-T1	5
Всього	—	5

Із метою контролю струму на фідерах, що відходять встановлюємо амперметр ЦА0204 [23] (Мегомметр), вибираємо трансформатори струму типу Т-0,66. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.20.

Таблиця 2.20 – Вибір лінійних ТС

Каталожні дані	Розрахункові дані
$I_{ном\text{ТС}}=500 \text{ А}$ $U_{ном\text{ТС}}=0,72 \text{ кВ}$ $i_{ном\text{дин}}=51 \text{ кА}$ $B_m = I_m^2 t_m = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $s_{2ном} = 5 \text{ ВА}$	$I_{p\text{ max}} = 408,89 \text{ А}$ $U_{ном} = 0,4 \text{ кВ}$ $i_{y\text{ max}} = 7,584 \text{ кА}$ $B_k = I_{k\text{ max}}^2 t_n = 5,122^2 \cdot 0,25 = 6,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $s_{2p} = 0,6 \text{ ВА}$

Отже, приймаємо до встановлення вибрані трансформатори струму.

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА

Для силових трансформаторів підстанції проведено розрахунок відповідно до алгоритму, викладеного в додатку Б. Базові параметри та вихідні величини для розрахунку представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку економічного режиму роботи

S_H , кВА	1250	1600
U_{H1} , кВ	10	10
U_{H2} , кВ	0,4	0,4
u_k , %	5,5	6
P_x , кВт	1,6	2,1
P_k , кВт	14,7	17,5
i_0 , %	0,85	0,8

$$\Delta Q_{01} = 0,01 \cdot 0,85 \cdot 1250 = 10,62 \text{ кВАр}.$$

$$\Delta Q_{K3} = 0,01 \cdot 5,5 \cdot 1250 = 68,75 \text{ кВАр}.$$

Визначаємо наведені активні втрати для першого трансформатора:

$$\Delta P_{m1}^1 = (1,6 + 0,12 \cdot 10,62) + (14,7 + 0,12 \cdot 68,75) \frac{S_i^2}{1250^2} = 2,874 + 0,0000147 \cdot S_i^2.$$

Для другого трансформатора.

					ЛНТУ.971067.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Зубчик М.В.			Електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		Волинець В.І.				Д	32	4	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Затвердив		Волинець В.І.							

$$\Delta Q_{01} = 0,01 \cdot 0,8 \cdot 1600 = 12,8 \text{ кВАр}.$$

$$\Delta Q_{K3} = 0,01 \cdot 6 \cdot 1600 = 96 \text{ кВАр}.$$

$$\Delta P_{m2}^1 = (2,1 + 0,12 \cdot 12,8) + (17,5 + 0,12 \cdot 96) \frac{S_i^2}{1000^2} = 3,64 + 0,000029 \cdot S_i^2.$$

$$\Delta P_{\Sigma}^1 = (3,7 + 0,12 \cdot 23,42) + \frac{1}{2} (32,2 + 0,12 \cdot 164,75) \frac{S_i^2}{(1250 + 1600)^2} = 6,51 + 0,0000032 S_i^2.$$

Наступним етапом є обчислення приведених втрат потужності для різних рівнів навантаження. Отримані результати розрахунків наведено в таблиці 3.2, а їхню графічну залежність відображено на рисунку 3.1.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків приведених втрат

S_i , кВА	ΔP_{m1}^1 , кВт	ΔP_{m2}^1 , кВт	ΔP_{Σ}^1 , кВт
0	0	0	0
50	2,9	3,7	6,5
100	3,0	3,9	6,5
150	3,2	4,3	6,6
200	3,5	4,8	6,6
250	3,8	5,5	6,7
300	4,2	6,3	6,8
350	4,7	7,2	6,9
400	5,2	8,3	7,0
450	5,9	9,5	7,2
500	6,5	10,9	7,3
550	7,3	12,4	7,5
600	8,2	14,1	7,7
650	9,1	15,9	7,9
700	10,1	17,9	8,1
750	11,1	20,0	8,3
800	12,3	22,2	8,6
850	13,5	24,6	8,8
900	14,8	27,1	9,1
950	16,1	29,8	9,4
1000	17,6	32,6	9,7

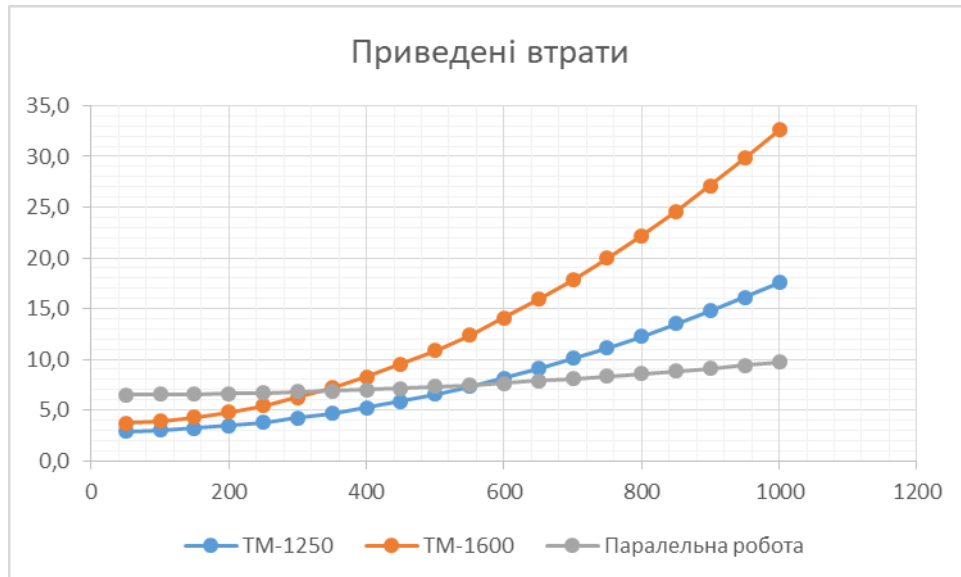


Рисунок 3.1 – Графіки приведених втрат в трансформаторах

3. Наступним етапом є визначення точок рівних втрат, де криві енерговитрат для одного та двох трансформаторів перетинаються. Зокрема, встановлюється критичне навантаження, за якого втрати потужності при роботі одного трансформатора дорівнюють сумарним втратам при їх паралельній роботі.

$$\Delta P_{m1}^1 = 2,874 + 0,0000147 \cdot S_i^2,$$

$$\Delta P_{m2}^1 = 3,64 + 0,000029 \cdot S_i^2,$$

$$\Delta P_{\Sigma}^1 = 6,51 + 0,0000032 \cdot S_i^2.$$

$$X_1 = \sqrt{\frac{3,64 - 2,874}{0,000029 - 0,0000147}} = 231 \text{ кВА},$$

$$X_2 = \sqrt{\frac{6,51 - 3,64}{0,000029 - 0,0000032}} = 332 \text{ кВА}.$$

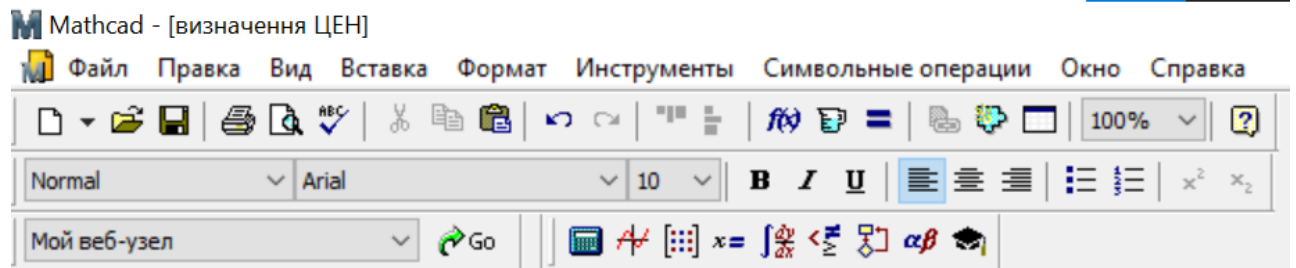
Робимо висновок, що в нашому випадку більш доцільним є використання другого трансформатора ТМ-1600 буде до точки X_1 ; на ділянці між точками X_1 та X_2 краще використовувати перший трансформатор ТМ-1250, а після точки X_2 - паралельну роботу трансформаторів.

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

САПР

У другому розділі кваліфікаційного проекту розраховувався ЦЕН підприємства. Усі розрахунки проводились у програмі *PTC Mathcad*. На рисунках 4.1-4.3 зображено порядок розрахунку.



Розрахунок ЦЕН електричних навантажень заводу вібропресованих виробів

Приймаємо кількість цехів підприємства: $n := 7$

Вводимо абциси та ординати центрів геометричних фігур, які схематично зображують і-й цех на генплані:

$$X := \begin{pmatrix} 141 \\ 113 \\ 27 \\ 182 \\ 176 \\ 140 \\ 92 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 25 \\ 79 \\ 66 \\ 27 \\ 98 \\ 97 \\ 112 \end{pmatrix}$$

Формуємо матриці активної та реактивної потужності цехів підприємства:

$$P := (498.59 \quad 345.7 \quad 110.3 \quad 36.65 \quad 86.81 \quad 327.17 \quad 4.47)$$

$$Q := (450.11 \quad 316.99 \quad 84.71 \quad 33.03 \quad 80.18 \quad 305.64 \quad 3.49)$$

Рисунок 4.1 – Визначення ЦЕН підприємства

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Зубчик М.В.			Електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Волинець В.І.				Д	36	2
						ФАБЕ, гр. ЕЕ-43		
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.						
Затвердив		Волинець В.І.						

Mathcad - [визначення ЦЕН]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Здійснюємо визначення сумарної активної та реактивної потужності всього підприємства:

$$\text{sumP}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + P_{0,i} \end{cases} \quad \text{sumQ}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + Q_{0,i} \end{cases}$$

$$\text{sumP}(n) = 1.41 \times 10^3 \quad \text{sumQ}(n) = 1.274 \times 10^3$$

Здійснюємо визначення суми добутків активної та реактивної потужності на координати центрів цехів:

$$\text{dobPX}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + P_{0,i} \cdot X_{i,0} \end{cases} \quad \text{dobPY}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + P_{0,i} \cdot Y_{i,0} \end{cases}$$

$$\text{dobPX}(n) = 1.805 \times 10^5 \quad \text{dobPY}(n) = 8.879 \times 10^4$$

$$\text{dobQX}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + Q_{0,i} \cdot X_{i,0} \end{cases} \quad \text{dobQY}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + Q_{0,i} \cdot Y_{i,0} \end{cases}$$

$$\text{dobQX}(n) = 1.648 \times 10^5 \quad \text{dobQY}(n) = 8.067 \times 10^4$$

Рисунок 4.2 - Визначення ЦЕН підприємства (продовження)

Mathcad - [визначення ЦЕН]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Визначаємо координати центрів активного та реактивного навантажень:

$$X_{ца} := \frac{\text{dobPX}(n)}{\text{sumP}(n)} \quad X_{ца} = 128.048$$

$$Y_{ца} := \frac{\text{dobPY}(n)}{\text{sumP}(n)} \quad Y_{ца} = 62.984$$

$$X_{цр} := \frac{\text{dobQX}(n)}{\text{sumQ}(n)} \quad X_{цр} = 129.346$$

$$Y_{цр} := \frac{\text{dobQY}(n)}{\text{sumQ}(n)} \quad Y_{цр} = 63.315$$

Рисунок 4.3 - Визначення ЦЕН підприємства (продовження)

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Розрахунок захисного заземлення електрообладнання бетонно-змішувального цеху

Розрахунок захисного заземлення обладнання бетонно-змішувального цеху проведемо відповідно до додатку В.

Таблиця 5.1 – Вхідні параметри та результати розрахунку захисного заземлення

<u>Вхідні параметри</u>	
1	2
Спосіб розташування вертикальних заземлювачів	в ряд
Розміри цеху, м	25x73
Матеріал та форма заземлювачів	сталь, труба
Розмір заземлювачів: - довжина, м - зовнішній діаметр, м	2,5 0,08
Ширина шини, м	0,07
Вид ґрунту	глина
Глибина залягання заземлюючого пристрою, м	0,8
<u>Результати розрахунку</u>	
Питомий опір ґрунту, Ом·м [24, т.5.1]	50
Кліматичний коефіцієнт φ_2 [24, т.5.2]	1,4
Розрахунковий питомий опір ρ_p , Ом·м	70
Відстань від поверхні землі до середини заземлювача t , м	2,05
Опір розтіканню струму однієї вертикальної труби R_{od} , Ом	19,84
Орієнтовна відстань між трубами a , м	49
Кількість заземлювачів n' , шт.	4

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Зубчик М.В.				Електропостачання заводу вібропресованих виробів встановленою потужністю 1900 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Волинець В.І.					Д	38	2
						ФАБЕ, гр. ЕЕ-43		
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Грицюк Ю.В.							

Продовження таблиці 5.1

1	2
Коефіцієнт використання стержньових заземлювачів η [24, т.5.3]	0,9
Необхідна кількість заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання n , шт.	4
Коефіцієнт використання для шин $\eta_{ш}$ [24, т.5.4]	0,9
Опір розтіканню струму з'єднувальної шини $R_{ш}$, Ом	26,79
Опір заземлюючого пристрою без врахування опору шини $R_{ст}$, Ом	6,17
Загальний опір заземлюючого пристрою R , Ом	5,02

Оскільки фактичний опір заземлювального пристрою склав 5,02 Ом, що повністю відповідає нормативному ліміту в 10 Ом, спроектована система контуру прийнята до реалізації. Конструкція передбачає використання чотирьох заземлювачів, встановлених в ряд.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Для забезпечення безперебійного електропостачання заводу вібропресованих виробів на території запроєктовано двотрансформаторну підстанцію ТП-10/0,4 кВ, укомплектовану силовими трансформаторами ТМ-1600/10. Живлення підстанції реалізовано кабельною лінією з використанням кабелю АПвЕгаПу-10-3х95 із ізоляцією зі зшитого поліетилену. З метою компенсації реактивної потужності на секціях шин 0,4 кВ передбачено встановлення комплектних конденсаторних установок (ККУ) одиничною потужністю 260 кВАр. Комутаційно-захисна апаратура розміщена в розподільних пристроях серій КСО-304 та ЩО04 виробництва «УкрЕЛКОМ».

В індивідуальному розділі проведено техніко-економічне обґрунтування режимів роботи силових трансформаторів при їх паралельному функціонуванні.

У частині «САПР» наведено алгоритм та програмний лістинг розрахунку центру електричних навантажень підприємства, координати якого згідно з генпланом становлять (128 м; 63 м).

Питання безпеки життєдіяльності опрацьовано в розділі «Електробезпека», де розраховано контур захисного заземлення обладнання бетонно-змішувального цеху: конструктивне рішення на основі чотирьох лінійних заземлювачів забезпечує фактичний опір $R = 5,02 \text{ Ом}$, що повністю задовольняє нормативну вимогу $R_{\text{норм}} = 10 \text{ Ом}$.

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. [Чинний від 01.07.2016]. Вид. офіц. К: Мінрегіон України, 2016. 49 с.
2. Бурбело М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 122 с.
3. Суворова К. І. Промислове освітлення : конспект лекцій для магістрів денної форми навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньо-професійної програми «Світлотехніка і джерела світла» / К. І. Суворова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 82 с.
4. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 01.03.2019]. Вид. офіц. К: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
5. Освітлювальне обладнання. URL: <https://ledmark.com.ua/led-svityllyk-high-bay-liniinyi-80vt-ip65-906sm-seriia-professional/>
6. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 148 с.
7. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навчальний посібник 2-ге вид., перероб. та доповн. Київ : Освіта України, 2013. 287 с.
8. Конденсаторні установки. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04>
9. Калужний Д.М. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання та електрозбереження» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Електротехнічні системи

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроспоживання) / Д. М. Калюжний, А. О. Карюк, І. Є. Щербак; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 124 с.

10. Кабелі силові 10 кВ з ШПІ. URL:

<https://www.yuzhcable.info/cat/10/mri/106802/un/10>

11. Кабелі силові з ПВХ ізоляцією 1 кВ. URL:

<https://www.yuzhcable.info/cat/18/mri/180102>

12. Пункт розподільний 0,4 кВ. URL: <https://hzem.com.ua/ru/punkty-raspredelitelnye-pr11-i-pr11d>

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

14. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств: Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 269 с.

15. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк та ін. ; за заг. ред. Г.Г. Півняка. 5-е вид., доопрац. і допов. Дніпро : НГУ, 2016. 600 с.

16. Камера збірна одностороннього обслуговування КСО-304. URL: <https://ukrelcom.com/catalog/8.pdf>

17. Роз'єднувач РР/ЕЛ-10. URL: https://www.uelko.com/rv-10-630_1000.pdf

18. Вимикач навантаження ВНР-РР/ЕЛ. URL: <https://ukrelcom.com/catalog/12.pdf>

19. Розподільчі комірки ЩО-04. URL: <https://ukrelcom.com/catalog/9.pdf>

20. Каталог LS Electric. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/lsis>

21. Лічильник електроенергії. URL: <https://schetchiki.com.ua/schetchiki-elektroenergii/iskra-mt174-t1-detail>

22. Трансформатори струму ТШ-0,66-2, Т-0,66. URL:

<https://www.megommetr.com/product-category/production-uk/transformers/>

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Амперметр електронний трифазний ЦА0204. URL:

https://www.megommetr.com/index.php/ua/ampermetry/product/99-ampermetr-tsa0204/category_pathway-41

24. Сивко В.Й. Розрахунки з охорони праці: навчальний посібник. Житомир. ЖІТІ, 2001. 152 с.

					<i>ЛНТУ.971067.000 ПЗ</i>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		