

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

Пояснювальна записка  
до бакалаврської дипломної роботи

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО  
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ  
МОЛОКОЗАВОД»

Виконав: студент 4 курсу, групи E-17мс  
6.050701 – електротехніка та електротехнології  
(шифр і назва напрямку підготовки)

Гримчак К.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Вінниця - 2020 року



## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	6
1 ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ТА КОРОТКИЙ ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	7
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	11
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі .....	11
2.2 Розрахунок навантажень підприємства .....	14
3 ВИБІР ТА РОЗМІЩЕННЯ ПІДСТАНЦІЙ.....	16
3.1 Вибір трансформаторів ГПП.....	16
3.2 Вибір цехових ТП.....	18
3.3 Вибір місць для розміщення підстанцій.....	19
4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА .....	21
4.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання.....	21
4.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	22
5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ .....	26
5.1 Вибір схеми цехової мережі.....	26
5.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі....	27
6 ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	32
7. Охорона праці .....	37
ВИСНОВКИ.....	48
ЛІТЕРАТУРА.....	49
Додаток А. Графічна частина.....	51

## АНОТАЦІЯ

Гримчак К.П. Розробка системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Могилів-Подільський молокозавод» . Бакалаврська дипломна робота. Напрямок підготовки 6.050701(03) Електротехніка та електротехнологія – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. – с.52

В бакалаврській роботі розроблено систему електропостачання Могилів-Подільського молокозаводу на основі реальних вихідних даних. Проведені розрахунки електричних навантажень підприємства та одного з цехів, побудована картограма електричних навантажень, вибрані та розміщені підстанції. Обрані оптимальні схеми силової мережі 0,4 кВ та 10 кВ, вибрано високовольтне обладнання. Окремо розглянуто питання економії електроенергії в мережах освітлювальних установок підприємства.

стор. 52 , табл. 11, рис. 7, креслень 5, бібл.6.

## АННОТАЦИЯ

Гримчак К.П. Разработка системы электроснабжения Частного акционерного общества «Могилев-Подольский молокозавод». Бакалаврская дипломная работа Направление подготовки 6.050701(03) Электротехника и электротехнология - Винница: ВНТУ, ФЭЭЭМ, кафедра ЭСЭЭМ, 2020. - с.52

В бакалаврской дипломной работе разработана система электроснабжения Могилев-Подольского молокозавода на основе реальных исходных данных. Выполнены расчеты электрических нагрузок предприятия и одного из цехов, построена картограмма электрических нагрузок, выбраны и размещены подстанции. Выбраны оптимальные схемы силовых сетей 0,4 кВ и 10 кВ, выбрано высоковольтное оборудование. Также рассмотрен вопрос экономии электроэнергии в сетях осветительных установок предприятия.

стр. 52 , табл. 11, рис. 7, чертежей 5, библиограф. 6.

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Функціонування сучасних промислових підприємств тісно пов'язане з виконанням проектних робіт, які повинні спиратися на сучасні методи та вимоги до систем електропостачання. В роботі спроектована сучасна система електропостачання підприємства, яка забезпечує необхідні умови, пов'язані з енергозбереженням, надійністю та ін..

Підприємство відноситься до споживачів 2-ї категорії, перерва в електропостачанні яких впливає на недовипуск різної продукції та її якість. Тому система електропостачання підприємства повинна бути надійною, економічною, зручною і безпечною для експлуатації, забезпечувати можливість розширення і т.і.

**Мета роботи** – полягає у розрахунку основних елементів системи електропостачання підприємства, виборі оптимальних схем живлення, комутаційно-захисної апаратури, що в подальшій експлуатації забезпечить надійність, економічність та ефективність роботи підприємства.

**Основні задачі** – синтез оптимальної системи електропостачання, технічне та економічне обґрунтування проектних рішень, вибір сучасної комутаційно-захисної апаратури та провідників. Для вирішення даних задач:

- в першому розділі роботи проводиться розрахунок електричних навантажень цеху та підприємства;
- другий розділ присвячений вибору кількості та потужності ТП і місць їх розміщення;
- в третьому розділі проводиться розрахунок живлячої та розподільчої мережі підприємства;
- в четвертому та п'ятому розділах проведено розрахунок цехового електропостачання;
- в шостому розділі розглянуто питання щодо економії електроенергій в освітлювальних установках.

**Об'єктом** бакалаврської роботи є система електропостачання Могилів-Подільського молокозаводу.

**Предметом** даної роботи є проектування системи електропостачання підприємства.

Для виконання роботи використані **методи** впорядкованих діаграм Каялова Г.М., коефіцієнтів використання, коефіцієнтів попиту, коефіцієнту одночасності, коефіцієнтів питомого освітлення та загальні закони електротехніки.

# 1 ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ТА КОРОТКИЙ ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

На рисунку 1.1 представлено генеральний план молокозаводу, а в таблиці 1.1 – відомості про його електричні навантаження.

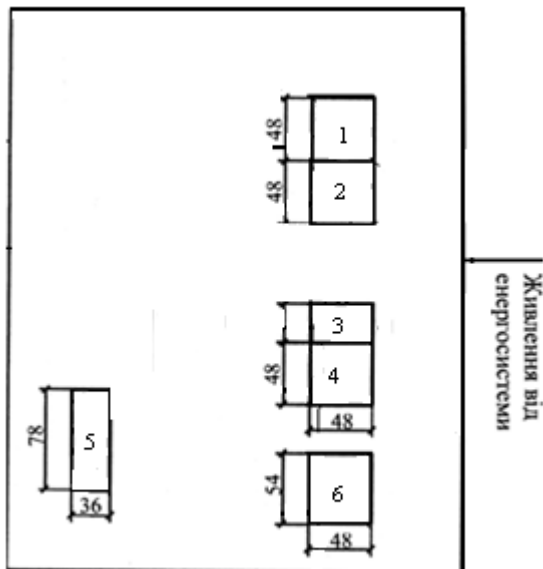


Рисунок 1.1– Генплан підприємства

Таблиця 1.1–Відомості про електричні навантаження заводу

Вузли живлення ЕП	$P_n$
1. Приймальний цех	700
2. Продуктовий цех	540
3. Технічний цех	650
4. Цех підготовки виробництва	380
5. Виробничий цех	210
6. Цех готової продукції	430

Джерелом живлення підприємства є підстанція з двообмоточними трансформаторами 2хТДН 110\10-16000 кВА, потужність короткого замикання в точці приєднання системи складає 45 МВА.

Нижче на рисунку 1.2 і в таблиці 1.2 наведені відповідно план цеху з розташуванням технологічного обладнання і відомості про електричні навантаження цеху.



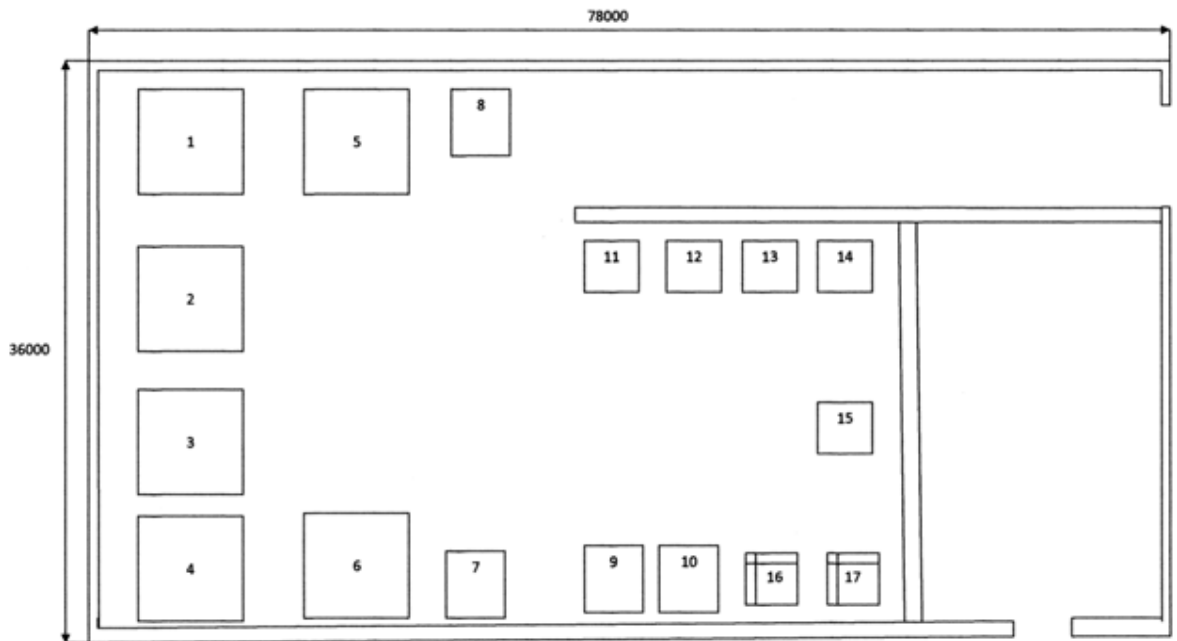


Рисунок 1.2- План цеху

Таблиця 1.2 - Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва обладнання	$P_n$ , кВт
1-2	Відділювач	12,0
3	Подрібнювач	18,5
4	Мийка	4,5
5-6	Дозувальна машина	11,0
7-8	Вакуум-фільтр	22,2
9-10	Вентилятор	1,1
11-12	Дозрівач	24,0
13	Мішалка	13,0
14	Циклон	1,5
15	Класифікатор	7,5
16	Міксер	7,5
17	Вібратор	18,5

## 1.1 Короткий опис технологічного процесу

Завод працює з сировиною господарств Могилів-Подільського району. Крім того переробляються вершки, що надходять від інших молочних заводів.

Вся сировина перед прийманням перевіряється лабораторією молокозаводу по наступних якісних показниках: температура, щільність, кислотність, жирність, група чистоти. Один раз в декаду ставиться редуцтазна проба. На основі результатів визначається ґатунок молока: перший, другий, не ґатункове молоко.

Молоко надходить в приймально-апаратний цех, де охолоджується до 8°C і по потребі резервується.

Основна маса молока направляється в апаратний цех, де в результаті сепарування на сепараторах ОСН-10 розділяється на вершки і відвійки (обрат).

Вершки надходять в маслоцех і на лінії П8-ОЛФ потужністю 1000 кг/год методом перетворення високожирних вершків переробляються на масло селянське і шоколадне.

Відвійки надходять в танки вакуум-випарного відділення, де охолоджуються і резервуються. На 2<sup>x</sup> вакуум-випарних установках Віганд-4000 кг випареної вологи молоко згущається до концентрації 45% сухих речовин і на розпилювальній сушилці ЦТ-500 висушується. Так виготовляється молоко сухе знежирене.

Частина молока в кількості 5-6т надходить на виробництво твердого сиру російського і звенигородського.

Частина молока в кількості 5т надходить в цех по виготовленню продукції із незбираного молока (цільномолочний), де виробляється продукція слідуючого асортименту:

1. молоко пастерізоване 2,5%;
2. молоко пастерізоване 3,2%;
3. молоко пастерізоване 2,5% в поліетиленових пакетах 1л;
4. сир із знежиреного молока, 5% жирності, 9% жирності;

5. сметана 15% жирності і фасована в полістиролові стаканчики місткістю 0,5кг і 0,25кг;

6. кефір 2,5% жирності в пакетах 1,0л;

7. ряжанка 2,5% жирності в пакетах 1,0л.

Холодом виробництво забезпечується від власної компресорної, де працюють 8 холодильних установок. Пар виробництво отримує від котельні птахокомбінату, потреба пару на годину 6 тон.

Миття автоцистерн здійснюється в типовому боксі механічно за допомогою миючої головки, дезинфекція гострим паром.

На заводі застосовується високотемпературний режим пастеризації, типи пастеризаторів ОКЛ-120, ПТ-10.

## 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

### 2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Розрахунок електричних навантажень споживачів приєднаних розподільчих пунктів (РП) здійснюємо методом коефіцієнта використання згідно 1 [1].

Проводиться розрахунок навантажень цехової мережі для РП-1.

Розраховуємо середню активну і реактивну потужність для ЕП:

- відділювач 1-2

$$P_c = n \cdot P_H \cdot K_B = 2 \cdot 12 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кВт},$$

$$Q_c = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 2 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 14,4 \text{ квар};$$

- подрібнювач 3

$$P_c = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 18,5 \cdot 0,8 = 14,8 \text{ кВт},$$

$$Q_c = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 1 \cdot 18,5 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 11,1 \text{ квар};$$

- мийка 4

$$P_c = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 4 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ кВт},$$

$$Q_c = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 1 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 2,4 \text{ квар};$$

- дозувальна машина 5,6

$$P_c = n \cdot P_H \cdot K_B = 2 \cdot 11 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$Q_c = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 2 \cdot 11 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 13,2 \text{ квар};$$

- вакуум-фільтр 7,8

$$P_c = n \cdot P_H \cdot K_B = 2 \cdot 2,2 \cdot 0,8 = 3,5 \text{ кВт},$$

$$Q_c = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 2 \cdot 2,2 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 2,6 \text{ квар}.$$

Розрахункові навантаження РП-1 визначаємо в такій послідовності:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} = \frac{19,2 + 14,8 + 3,2 + 17,6 + 3,5}{12 + 18,5 + 4 + 11 + 2,2} = 0,75 ,$$

$$n_e = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} = \frac{(2 \cdot 12)^2 + (1 \cdot 18,5)^2 + (1 \cdot 4)^2 + (2 \cdot 11)^2 + (2 \cdot 2,2)^2}{2 \cdot 12^2 + 1 \cdot 18,5^2 + 1 \cdot 4^2 + 2 \cdot 11^2 + 3 \cdot 2,2^2} = 5,73$$

де  $k_B$  – з таблиці 24-3 [2].

З таблиці 1.1 [1,с.10]  $K_M = 1,0$  і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів РП-1

$$P_M = K_M K_B P_H = 1,0 \cdot 90 = 90 \text{ кВт};$$

$$Q_M = 1,1 K_B P_H \operatorname{tg}\varphi = 1,1 \cdot 90 \cdot 0,75 = 74,3 \text{ квар.}$$

Якщо ефективне число електроприймачів менше 10 ( $n_e \leq 10$ ), то замість коефіцієнта 1,0 в формулі реактивної потужності використовуємо 1,1.

Визначаємо  $S_M$  електроприймачів РП-1:

$$S_M = \sqrt{(P_M^2 + Q_M^2)} = \sqrt{90^2 + 74,3^2} = 116,7 \text{ кВА.}$$

Розрахункові навантаження цеху визначаються в такій послідовності:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} = 0,75 ,$$

$$n_e = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} = 12 .$$

З таблиці 1.2 [1,с.11] знаходимо значення  $K_M = 0,9$  і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів цеху

$$P_M = K_M K_B P_H = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 168,6 = 113,8 \text{ кВт};$$

$$Q_M = K_M K_B P_H \operatorname{tg}\varphi = 1,1 \cdot 113,8 \cdot 0,75 = 93,9 \text{ квар.}$$

$$S_M = \sqrt{(P_M^2 + Q_M^2)} = \sqrt{113,8^2 + 93,9^2} = 147,5 \text{ кВА.}$$

Решта розрахунків навантаження цеху проводиться аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок силового навантаження цеху

Найменування ЕП	п, шт	Рн, кВт	п·Рн, кВт	Кв	tgφ	п·Рн·Кв, кВт	п·Рн·Кв·tgφ, квар	п·Рн <sup>2</sup>	пe	Км	Рм, кВт	Qм,квар	Sm,кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
РП-1													
Відділювач (1-2)	2	12,0	24	0,8	0,75	19,2	14,4	144					
Подрібнювач (3)	1	18,5	18,5	0,8	0,75	14,8	11,1	342,3					
Мийка (4)	1	4,0	4	0,8	0,75	3,2	2,4	16					
Дозувальна машина (5-6)	2	11,0	22	0,8	0,75	17,6	13,2	242					
Вакуум-фільтр (7-8)	2	22,2	44	0,8	0,75	35,2	26,4	968					
Всього РП-1	8	68	112,5	0,8	0,75	90	67,5	1712,3	6	1,0	90	74,3	116,7
РП-2													
Вентилятор (9-10)	2	1,1	2,2	0,8	0,75	1,8	1,4	2,4					
Дозрівач (11-12)	2	24,0	48,0	0,8	0,75	38,4	28,8	1152					
Мішалка (13)	1	13,0	13,0	0,8	0,75	10,4	7,8	169					
Циклон (14)	1	1,5	1,5	0,8	0,75	1,2	0,9	2,3					
Класифікатор (15)	1	7,5	7,5	0,8	0,75	6	4,5	56,3					
Міксер (16)	1	7,5	7,5	0,8	0,75	6	4,5	56,3					
Вібратор (17)	1	18,5	18,5	0,8	0,75	14,8	11,1	342,3					
Всього РП-2	9	73,1	98,2	0,8	0,75	78,6	58,0	1780,6	6	1,0	78,6	58,9	98,2
Всього навантаження цеху	17		210,7	0,8	0,75	168,6	125,5				168,6	133,2	214,9

## 2.2 Розрахунок навантажень підприємства

Розрахункові активна та реактивна потужності силового обладнання і розрахункова потужність освітлення цеху визначаємо за методом коефіцієнта попиту. Освітлення виконується лампами розжарювання.

Приклад розрахунку вказаних величин проведемо для виробничого цеху слідуочим чином:

$$P_{mc} = P_n \cdot K_n = 210 \cdot 0,6 = 126 \text{ кВт},$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 126 \cdot 0,48 = 60,5 \text{ квар},$$

$$P_{mo} = P_{пто} \cdot K_{по} \cdot F = 0,015 \cdot 0,85 \cdot 2808 = 35,8 \text{ кВт},$$

де  $K_n$  – коефіцієнт попиту [2],

$K_{по}$  – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження відповідно [1, с.15].

Розрахункові потужності виробничого цеху дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_m = P_{mc} + P_{mo} = 126 + 35,8 = 161,8 \text{ кВт},$$

$$Q_m = Q_{mc} = 60,5 \text{ квар}.$$

Всі розрахунки навантаження цехів проводяться аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначаємо:

- сумарне активне навантаження:

$$P_m = K_o (P_{mc} + P_{mo}) = 0,95 (1862 + 170,7) = 1931,1 \text{ кВт};$$

- сумарне реактивне навантаження:

$$Q_m = K_o \cdot Q_{mc} = 0,95 \cdot 1341 = 1273,9 \text{ квар},$$

де  $K_o = 0,95$  – коефіцієнт одночасності максимумів навантаження для  $0,3 < K_B < 0,5$  і 2-4 приєднань 10 кВ на збірних шинах РП [1];

- сумарне повне навантаження цеху:

$$S_m = \sqrt{(P_m^2 + Q_m^2)} = \sqrt{1931,1^2 + 1273,9^2} = 2313,4 \text{ кВА}.$$

Таблиця 2.2 - Розрахунок навантажень підприємства

№ з/п	Споживачі	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження				Всього		
		Рн, кВт	Кп	cosφ	tgφ	Рмс, кВт	Qмс, квар	F, м²	Рпит.о	Кпо	Рмо, кВт	Рм, кВт	Qм, квар	Sm, кВА
1	Приймальний цех	700	0,8	0,76	0,86	560	481,6	2304	0,016	0,85	31,4	591,4	481,6	762,7
2	Продуктовий цех	540	0,8	0,76	0,86	432	371,5	2304	0,014	0,85	27,4	459,4	371,5	590,8
3	Технічний цех	650	0,4	0,8	0,75	260	195	2304	0,016	0,85	31,3	291,3	195	350,5
4	Цех підготовки виробництва	380	0,6	0,9	0,48	228	109,5	1440	0,015	0,85	18,4	246,4	109,5	269,6
5	Виробничий цех	210	0,6	0,9	0,48	126	60,5	2808	0,015	0,85	35,8	161,8	60,5	172,7
6	Цех готової продукції	430	0,6	0,9	0,48	256	122,9	2592	0,012	0,85	26,4	282,4	122,9	307,9
	Всього по підприємству	2910				1862	1341	13752			170,7	2032,7	1341	2435,2



### 3 ВИБІР ТА РОЗМІЩЕННЯ ПІДСТАНЦІЙ

#### 3.1 Вибір трансформаторів ГПП

Номінальна потужність трансформаторів двотрансформаторної ГПП:

$$S_{\text{НОМ.Т}} \geq (0,5 \div 0,7)S_M = (0,5 \div 0,7) \cdot 2,44 = 1,22 \div 1,7 \text{ МВА.}$$

Вибираємо трансформатори ТМН-1600/35 - 2 шт [1]. Перевіримо допустимість аварійного перевантаження під час виходу з ладу одного трансформатора. Для цього використаємо типовий графік навантаження, який зображено на рис. 3.1.

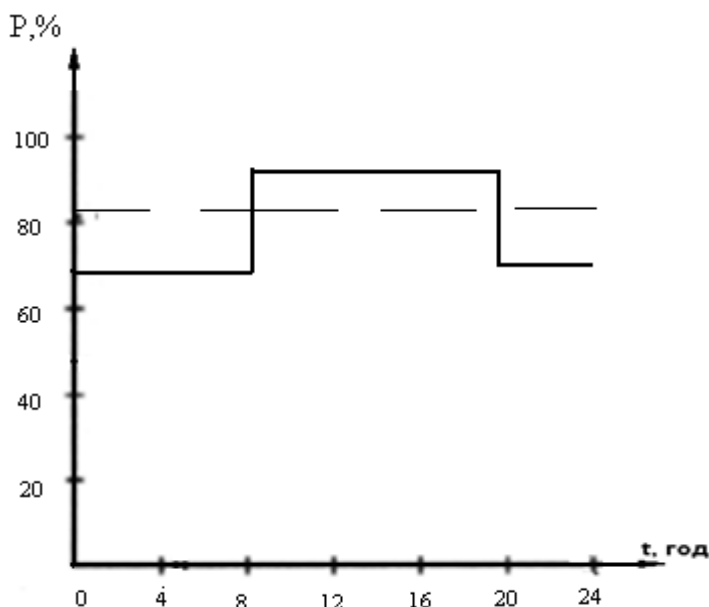


Рисунок 3.1 – Добовий графік навантаження для робочого дня

Проведемо лінію номінального навантаження

$$S_{\text{НОМ.Т}\%} = \frac{S_{\text{НОМ.Т}}}{S_M} \cdot 100 = \frac{1,6}{2,44} \cdot 100 = 82\% .$$

З графіка випливає, що тривалість перевантаження  $h' = 12$  год. Визначимо коефіцієнт початкового навантаження

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{НОМ.Т}}} \sqrt{\frac{\sum S_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum \Delta t_i}} = \frac{1}{82} \sqrt{\frac{70^2 \cdot 12}{12}} = 0,96.$$

Коефіцієнт перевантаження (середньоквадратичне значення)

$$K_2' = \frac{1}{S_{\text{НОМ.Т}}} \sqrt{\frac{\sum S_j^2 \cdot \Delta h_j}{\sum \Delta h_j}} = \frac{1}{74} \sqrt{\frac{70^2 \cdot 8 + 90^2 \cdot 12 + 70^2 \cdot 4}{12}} = 1,35.$$

Максимальне навантаження

$$K_{\text{МАХ}} = \frac{S_{\text{М}}}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{2,44}{1,6} = 1,49$$

Оскільки  $K_2' > 0,9 K_{\text{МАХ}} = 0,9 \cdot 1,49 = 1,35$ , то приймаємо  $K_2 = K_2' = 1,35$  і  $h = h' = 12$  год.

Порівнюючи значення  $K_2$  з допустимими перевантаженнями, наведеними в табл. 2.2 [1], можна зробити висновок про допустимість аварійних перевантажень вибраних трансформаторів.

Номінальна потужність трансформатора однострансформаторної ГПП вибирається з умови

$$S_{\text{НОМ.Т}} \geq (0,75 \div 0,8) S_{\text{М}} = (0,75 \div 0,88) \cdot 2,44 = 1,83 \div 2,1 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Перевіримо можливість застосування одного трансформатора ТМН-1600/35. Максимальний коефіцієнт навантаження  $K_{\text{МАХ}} = 1,49$  менший ніж  $K_{2,\text{доп}} = 1,5$ . Коефіцієнти  $K_2'$  і  $K_1$  розраховуються так само, як і у випадку двох трансформаторів. Тому  $K_2 = 1,35$  і  $h = 12$  год.

З табл. 2.1 [1] видно, що такі систематичні навантаження недопустимі. Тому в цьому випадку необхідно вибрати трансформатор ТМН-2500/35.

Остаточо приймається для встановлення на ГПП два трансформатори ТМН-1600/35.

### 3.2 Вибір цехових ТП

Номінальна потужність трансформаторів ТП визначається за формулою

$$S_{\text{НОМ.Т}} \geq S_{\text{М}} / N \cdot \beta_{\text{Т}},$$

де  $S_{\text{НОМ.Т.р}}$  – повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

$N$  – кількість трансформаторів ТП;

$\beta_{\text{Т}}$  – оптимальний коефіцієнт завантаження трансформатора цехової ТП (при проектуванні  $\beta_{\text{Т}} = 0,7 - 0,8$ ).

На підприємстві треба встановити 6 ТП. Вибір цехових ТП та коефіцієнти завантаження трансформаторів наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір цехових ТП

Цех	$S_{\text{М}}$ , кВ·А	$F$ , м <sup>2</sup>	Дані трансформаторів ТП		
			$S_{\text{НОМ.Т}}$ ,кВ·А	$N$ , шт	$k_3$
1. Приймальний цех	762,7	2304	400	2	0,53
2. Продуктовий цех	590,8	2304	400	2	0,68
3. Технічний цех	350,5	2304	400	1	0,87
4. Цех підготовки виробництва	269,6	1440	400	1	0,67
5. Виробничий цех	172,7	2808	250	1	0,69
6. Цех готової продукції	307,9	2592	400	1	0,77
Всього	2435,2	13752	-	10	-

### 3.3 Вибір місць для розміщення підстанцій

Проведемо розрахунок та вибір місця для розміщення підстанції на прикладі виробничого цеху. Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень.

Прийmemo радіус круга навантажень цеху №2  $r_2 \approx 50$  м. Тоді

$$m_p = \frac{S_{M2}}{\pi r_2^2} = \frac{2435,2}{3,14 \cdot 50^2} = 0,042 \text{ кВ А/м}^2.$$

Вибираємо  $m = 0,050$  кВА/м<sup>2</sup>. Визначаємо радіуси кругів при даному масштабі

$$r_1 = \sqrt{\frac{S_{M1}}{\pi m_p}} = \sqrt{\frac{172,7}{3,14 \cdot 0,05}} = 46 \text{ м.}$$

Розмір сектора освітлювального навантаження на картограмі навантажень розраховується так:

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{M.o.i}}{P_{M.i}}.$$

Розмір вказаного сектора для виробничого цеху:

$$\alpha_1 = 360 \cdot \frac{35,8}{126} = 102,3^\circ.$$

Аналогічно розраховані радіуси для інших об'єктів (табл. 3.2). Будуємо картограму навантажень. Координати центра електричних навантажень

$$x_0 = \frac{\sum_{k=1}^N P_{Mk} x_k}{\sum_{k=1}^N P_{Mk}}; \quad y_0 = \frac{\sum_{k=1}^N P_{Mk} y_k}{\sum_{k=1}^N P_{Mk}}.$$

$$x_0 = \frac{762,7 \cdot 600 + 590,8 \cdot 600 + 350,5 \cdot 600 + 269,6 \cdot 600 + 172,7 \cdot 150 + 307,9 \cdot 600}{762,7 + 590,8 + 350,5 + 269,6 + 172,7 + 307,9} = 551 \text{ м}$$

$$y_0 = \frac{762,7 \cdot 680 + 590,8 \cdot 750 + 350,5 \cdot 380 + 269,6 \cdot 450 + 172,7 \cdot 250 + 307,9 \cdot 150}{762,7 + 590,8 + 350,5 + 269,6 + 172,7 + 307,9} = 584 \text{ м}$$

Вирішення питання про розміщення ГПП в центрі електричних навантажень повинно бути погоджено з технологами і будівельниками. На рис. 3.2 показані місце для розміщення ГПП, яка зміщена відповідно ЦЕН за умовами безпеки [5]. ГПП розміщуємо ближче до ЦЕН на вільній території. Для ТП №1-6 передбачаємо установку в приміщенні цехів.

Таблиця 3.2 – Розрахунок картограми навантажень

Цех	Координати цехів		$P_{M,k}$ , кВт	$r_k$ , м	$\alpha$ , град
	$X_k$ , м	$Y_k$ , м			
1. Приймальний цех	600	680	762,7	122	20,2
2. Продуктовий цех	600	750	590,8	84	22,8
3. Технічний цех	600	380	350,5	64	43,3
4. Цех підготовки виробництва	600	450	269,6	58	29,1
5. Виробничий цех	150	250	172,7	46	102,3
6. Цех готової продукції	600	150	307,9	61	37,1
Всього			2435,2		

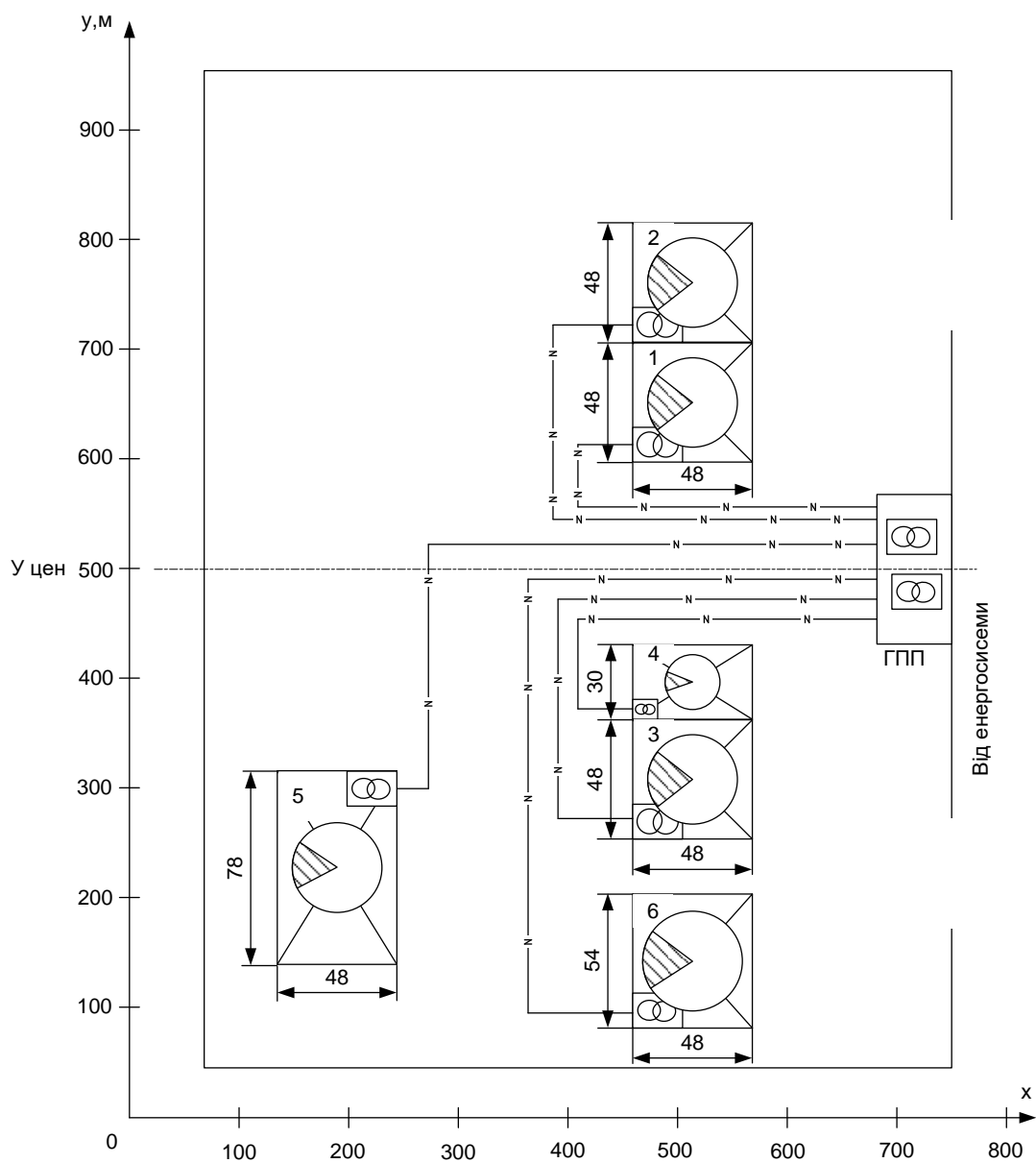


Рисунок 3.2 – План розміщення цехів підприємства

## 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

## 4.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

Трансформатори ГПП заживлено від ПС енергосистеми повітряною лінією 35 кВ , довжиною 3 км. Схему ГПП виконуємо тупиковою [1] з використанням принципу “два блоки лінія-трансформатор” (рис. 4.1). Схема “два блоки лінія-трансформатор” з роз'єднувачем (рис. 4.1) використовується при живленні від тупикових, переважно коротких (до 3 км) повітряних ліній напругою 35...220 кВ при потужності трансформаторів  $S_{НОМ.Т} < 6,3$  МВА. В цій схемі встановлюється тільки роз'єднувач на вводі.

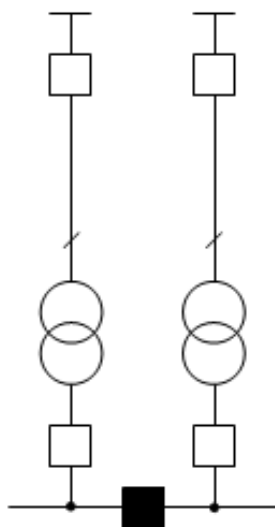


Рисунок 4.1 – Схема живлення ГПП (тупикова з використанням схеми “два блоки лінія-трансформатор”)

Захист та відключення трансформаторів в даній схемі забезпечується лінійним захистом та вимикачами районної підстанції енергосистеми .

Переріз проводів повітряної лінії, яка живить ГПП, визначається [2] за економічної густини струму

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}},$$

де  $j_{ек}$  – економічна густина струму ( $A/mm^2$ ), яка визначається по довідковій літературі [2] в залежності від  $T_{макс}$  – річної тривалості використання максимуму навантаження (3500 год.) і матеріалу проводу (алюміній);  $j_{ек} = 1,1 A/mm^2$ ;

$I_p$  – розрахунковий струм ГПП на стороні 35 кВ, А.

$$I_p = \frac{S_{Тном}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 35} \approx 26,4 \text{ А},$$

де  $S_{Тном}$  – потужність силового трансформатора ГПП.

Вибирається стандартний переріз проводу з довідкової літератури [2]

$$F_{ек} = \frac{26,4}{1,1} = 24 \text{ мм}^2;$$

$$F_{ст} = 25 \text{ мм}^2.$$

За наведеними розрахунками вибирається стандартний переріз проводу марки АС – 25 з  $I_{доп} = 130 \text{ А}$ .

Умова перевірки виконується

$$I_{доп} = 130 \text{ А} > I_p = 26,4 \text{ А}.$$

#### 4.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Вибираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ.

Оскільки ЦТП розміщені далеко одна від одної, то немає можливості встановити резервування за допомогою кабельних перемичок на низькій стороні трансформаторів. Конструктивно заводські мережі підприємства виконані кабелями, які прокладені в траншеях.



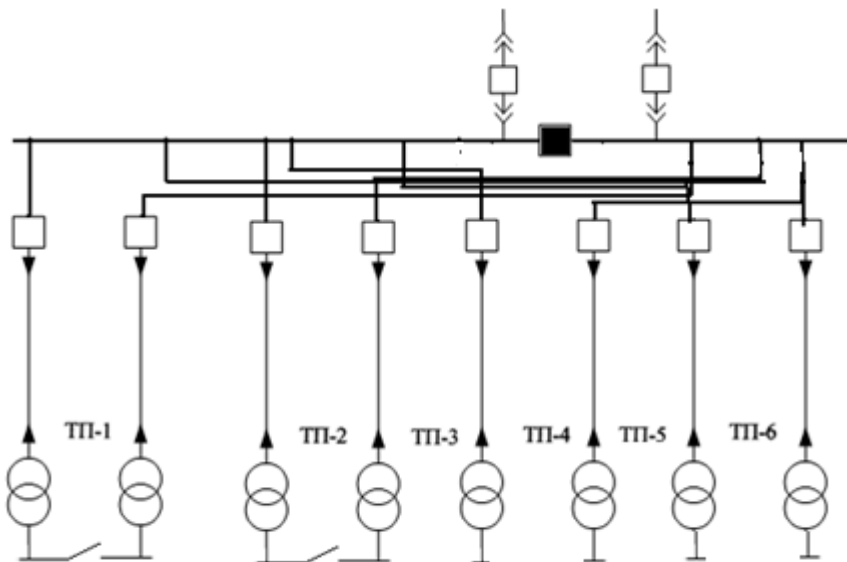


Рисунок 4.2 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі}, \quad (4.1)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{м.ав}, \quad (4.2)$$

де  $I_{м.ав}$  - розрахунковий максимальний струм для після аварійного режиму.

Розрахуємо струм для нормального режиму:

для ТП-1

$$I_M = = \frac{762,7}{\sqrt{3} \cdot 10_{\square}} = 44,1 \text{ А},$$

- для ТП-2

$$I_M = = \frac{590,8}{\sqrt{3} \cdot 10_{\square}} = 34,1 \text{ А},$$

- для ТП-3

$$I_M = = \frac{350,5}{\sqrt{3} \cdot 10_{\square}} = 20,2 \text{ А},$$

- для ТП-4

$$I_M = \frac{269,6}{\sqrt{3} \cdot 10} = 15,6 \text{ A},$$

- для ТП-5

$$I_M = \frac{172,7}{\sqrt{3} \cdot 10} = 9,9 \text{ A},$$

- для ТП-6

$$I_M = \frac{307,9}{\sqrt{3} \cdot 10} = 17,8 \text{ A}.$$

Розрахуємо струм для післяаварійного режиму

- для ТП-1,2 (2 трансформатора)

$$I_{\text{мав}} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 32,4 \text{ A},$$

- для ТП-3,4,6 (1 трансформатор)

$$I_{\text{мав}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,1 \text{ A},$$

- для ТП-5 (1 трансформатор)

$$I_{\text{мав}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,5 \text{ A}.$$

На стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі типу ВВ/TEL-10-12,5/630-У2-41.

Номінальний струм вимикачів 630 А. Власний час відключення вимикача 0,07 с.

Для внутрішньозаводської високовольтної мережі вибираємо броньовані кабелі з паперовою ізоляцією в алюмінієвій оболонці типу ААБ, які прокладені в траншеї. Вибір перерізу жил виконаємо за економічною густиною струму. Для кабелів з паперовою ізоляцією  $j_{\text{ек}} = 1,6 \text{ A/мм}^2$  при  $T_M = 2000$  год з таблиці 2.35 [2, с. 127].

Визначаємо економічний переріз провідників для живлення ТП-1:

$$S_{\text{ек}} = \frac{44,1}{1,6} = 27,6 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель ААБ перерізом 3х35 мм<sup>2</sup> з I<sub>доп</sub> = 115 А з таблиці 4.1 [1,с.142]. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	I <sub>м</sub> , А	I <sub>м.ав</sub> , А	Вимикач	I <sub>ном.в</sub> , А	S <sub>ек</sub> , мм <sup>2</sup>	Провідник	I <sub>доп</sub> , А
ГПП- ТП-1	44,1	32,4	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2- 41	630	27,6	ААБ-3х35	115
ГПП- ТП-2	34,1	32,4	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2- 41	630	21,3	ААБ-3х25	90
ГПП- ТП-3	20,2	23,1	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2- 41	630	12,6	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-4	15,6	23,1	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2- 41	630	9,8	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-5	9,9	14,5	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2- 41	630	6,2	ААБ-3х16	75
ГПП- ТП-6	17,8	23,1	ВВ/TEL-10-12,5/630-У2- 41	630	11,1	ААБ-3х16	75

## 5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ

## 5.1 Вибір схеми цехової мережі

Вибір схеми цехової мережі проводиться на прикладі виробничого цеху .

Враховуючи розташування електроприймачів, підведемо живлення до них від розподільчих пунктів (РП) (рис. 5.1).

Живлення обладнання в залежності від його розташування здійснюється від розподільчих пунктів РП-1 – РП-2, які в свою чергу живляться від трансформаторної підстанції (ТП), що розташована в даному цеху.

План електропостачання виробничого цеху зображений на рис. 5.1.

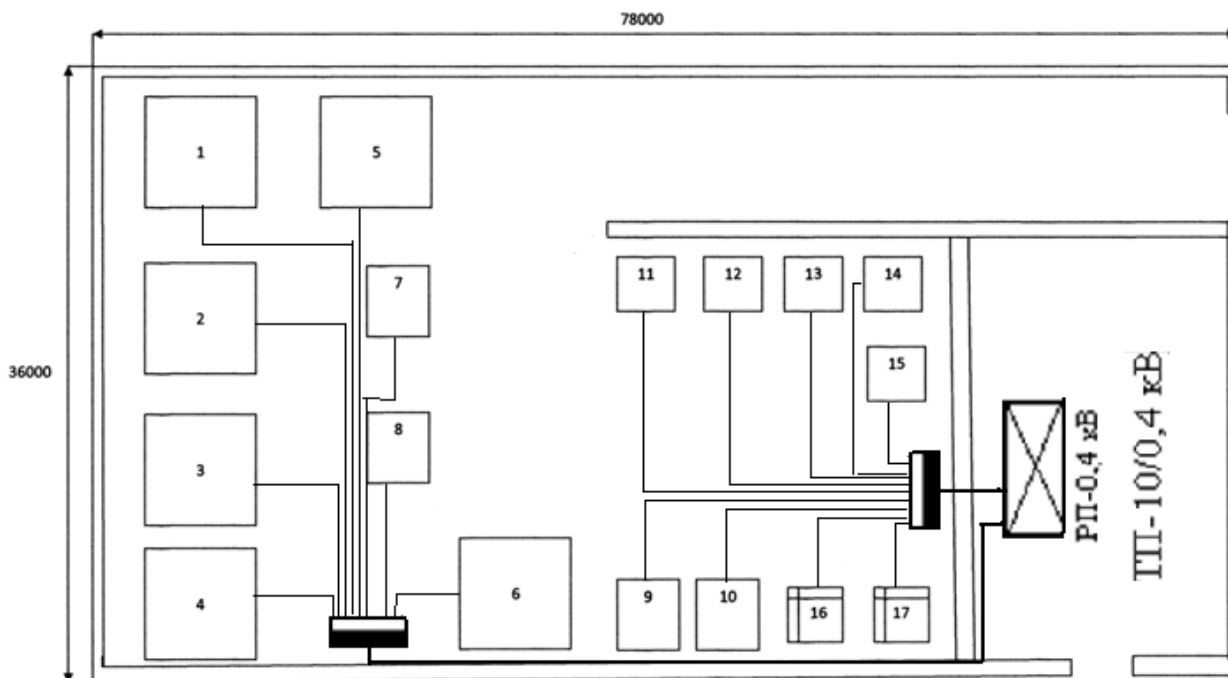


Рисунок 5.1 - План електропостачання виробничого цеху

## 5.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись такі умови

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M, \quad (5.1)$$

$$I_{с.в} \geq K_n I_n, \quad (5.2)$$

де  $I_{н.розч}$  - номінальний струм самозапуску,

$I_{с.в}$  - струм спрацювання відсічки,

$K_{відс}$  - коефіцієнт відстроювання, що визначається з умов надійності відстроювання захисту від перевантажень і його неспрацювання (повернення) при (після) пуску або самозапуску,

$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_n}$  - розрахунковий струм окремого електроприймача чи РП в цілому

при  $U_n = 0,38 \text{ кВ}$ ,

$K_n$  - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки,

$I_n$  - піковий (пусковий) струм.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від ТП до РП-1.

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{116,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 177,3 \text{ А.}$$

Піковий струм визначаємо за формулою:

$$I_n = I_M - K_{в} I_{н.макс} + I_{п.макс}, \quad (5.3)$$

де  $I_{н.макс}$ ,  $I_{п.макс}$  - номінальний і піковий струми найбільш потужних електроприймачів, а  $K_{в}$  - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача.

$$I_n = 177,3 - 0,8 \frac{22,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,92 \cdot 0,9} + 5 \frac{22,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,92 \cdot 0,9} = 347,4 \text{ А.}$$

Вибираємо для встановлення на лініях від ТП до РП автоматичні вимикачі серії ВА з напівпровідниковим розчіплювачем (селективні). Розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки для лінії ТП – РП-1:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M = 1,1 \cdot 177,3 = 195,1 \text{ А},$$

$$I_{с.в} \geq K_H I_{II} = 1,5 \cdot 347,4 = 521,1 \text{ А}.$$

Значення  $K_{відс}$  і  $K_H$  для різних типів вимикачів наведені в таблиці 5.1 [1,с.78].

За розрахованими значеннями струмів вибираємо селективний автоматичний вимикач фірми Інтерелектрокомплект ІЕК- Україна серії ВА 55-37 з напівпровідниковим розчіплювачем з номінальним струмом вимикача 250 А, номінальним струмом розчіплювача 250 А та струмом спрацювання відсічки 700 А.

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ВА для ліній від ТП до РП-2. Технічні дані таких вимикачів приведені в таблиці Б.7 додатку Б [1,с.136].

На лініях, що підходять безпосередньо до електроприймачів вибираємо автоматичні вимикачі серії ВА з тепловим і електромагнітними розчіплювачами. Виберемо автоматичний вимикач для лінії від РП-1 до ЕП-1-2.

Розрахунковий та піковий струми для цих ліній:

$$I_M = \frac{I_2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,92 \cdot 0,9} = 18,1 \text{ А}.$$

$$I_{II} = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 18,1 = 90,5 \text{ А}.$$

За умовами вибору автоматичних вимикачів розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M = 1 \cdot 18,1 = 18,1 \text{ А},$$

$$I_{с.в} \geq K_H I_{II} = 2,1 \cdot 90,5 = 190,1 \text{ А}.$$

За розрахованими значеннями струмів вибираємо автоматичний вимикач ВА 51-25 з тепловим і електромагнітними розчіплювачами з номінальним

струмом вимикача 25 А, номінальним струмом розчіплювача 20 А та струмом спрацювання відсічки 200 А (кратність струму 10).

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ВА 51 з тепловими і електромагнітними розчіплювачами для решти ліній, що підходять безпосередньо до електроприймачів. Технічні дані таких вимикачів приведені в таблиці Б.3 додатку Б [1,с.136]. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок комутаційно-захисної апаратури цеху

Лінія	S <sub>м</sub> , кВА	I <sub>м</sub> , А	I <sub>п</sub> , А	Тип захисного апарата	I <sub>ном.в.</sub> , А	I <sub>н</sub> розч (розр), А	I <sub>н</sub> розч, А	I <sub>св</sub> (розр), А	I <sub>св</sub> , А
1	2	3	4	5	6		8		10
ТП - РП1	116,7	177,3	347,4	ВА 55-37	250	195,1	250	521,1	500
ТП - РП2	98,2	149,2	272,8	ВА 55-37	250	164,1	250	409,2	500
РП1-1-2	12,0	18,2	91	ВА 51-25	25	18,2	20	191,1	250
РП1-3	18,5	28,1	140,5	ВА 51-31	100	28,1	31,5	295,1	300
РП1-4	4,0	6,1	30,5	ВА 51-25	25	6,1	6,3	64,1	100
РП1-5-6	11,0	16,7	83,5	ВА 51-25	25	16,7	20	175,4	250
РП1-7-8	22,2	33,7	22,2	ВА 51-31	100	33,7	40	46,6	100
РП2-9-10	1,1	1,7	8,5	ВА 51-25	25	1,7	6,3	17,9	40
РП2-11-12	24,0	36,5	182,5	ВА 51-31	100	36,5	40	383,3	500
РП2-13	13,0	19,8	99	ВА 51-25	25	19,8	20	207,9	300
РП2-14	1,5	2,3	11,5	ВА 51-25	25	2,3	6,3	24,2	40
РП2-15	7,5	11,4	57	ВА 51-25	25	11,4	16	119,7	250
РП2-16	7,5	11,4	57	ВА 51-25	25	11,4	16	119,7	250
РП2-17	18,5	28,1	140,5	ВА 51-31	100	28,1	31,5	295,1	300

Відповідно вимог правил влаштування електроустановок вибираємо наступні способи прокладки ліній:

- від ТП до РП-1,РП-2 - прокладка кабелю з алюмінієвими жилами марки АВВГ в полівінілхлоридній оболонці в трубах, прокладених в підлозі;

- від РП-1-2 до всіх ЕП - прокладка алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в трубах, прокладених в підлозі.

Вибираємо переріз кабелю на ділянці від ТП до РП-1. Вибираємо переріз кабелю АВВГ(3х120+1х50), для якого:

$$I_{\text{доп}} = 200 \cdot 0,92 = 184 \text{ А} \geq I_{\text{м}} = 177,3 \text{ А.}$$

Вибір перерізів від ТП до РП-2 здійснюємо аналогічно.

Від РП-1 до ЕП-1-2 вибираємо переріз проводу з умови:

$$I_{\text{доп}} = 23 \text{ А} \geq I_{\text{м}} = 18,2 \text{ А.}$$

Допустимий тривалий струм для проводів АПВ прокладених в трубі складає 23 А, що відповідає перерізу 3х4+1х2,5.

Аналогічно обираємо переріз решти провідників АПВ. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Вибір провідників цехової мережі

Лінія	$I_{\text{м}}, \text{ А}$	$I_{\text{н розч}}, \text{ А}$	Тип провідника	Спосіб прокладки	$S, \text{ мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	$L, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП - РП1	177,3	250	АВВГ	в підлозі в трубі	3х150+1х50	184	46,5
ТП - РП2	149,2	250	АВВГ	в підлозі в трубі	3х95+1х50	156,4	58,5
РП1-1-2	18,2	20	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	42,5
РП1-3	28,1	31,5	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х10)	37	36,5
РП1-4	6,1	6,3	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	10,5
РП1-5-6	16,7	20	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	55,5
РП1-7-8	33,7	40	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х10)	37	34,5
РП2-9-10	1,7	6,3	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	25,5
РП2-11-12	36,5	40	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х10)	37	38,5
РП2-13	19,8	20	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	29,5
РП2-14	2,3	6,3	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	25,5
РП2-15	11,4	16	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	22,5
РП2-16	11,4	16	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х4)	23	25,5
РП2-17	28,1	31,5	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х10)	37	24,5

Перевіримо втрати напруги на найбільш віддаленого споживача ЕП-5-6:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{нум}} R_{\text{нум}} + Q_{\text{нум}} X_{\text{нум}}}{U_{\text{ном}}}$$

$$\Delta U_{\text{ТП-1-ЕП-5}} = \Delta U_{\text{ТП-1-РП-1}} + \Delta U_{\text{РП-1-ЕП-5}},$$

$$\Delta U_{\text{ТП-1-РП-1}} = \frac{90 \cdot 0,208 + 78,6 \cdot 0,059}{380} \cdot 46,5 = 2,63 \text{ В.}$$



$$\Delta U_{\text{PI-1-EI-5}} = \frac{19,2 \cdot 5,21 + 14,4 \cdot 0,09}{380} 25,3 = 2,34 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{\text{TI-1-EI-13}} = 2,63 + 2,34 = 4,97 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{\% \text{ PI-3-EI-13}} = \frac{4,97}{380} 100 = 1,3 \% - \text{ дана втрата напруги } \epsilon \text{ допустима[2] .}$$

## 6 ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Обстеження освітлювальних установок великих промислових підприємств, розташованих у різних районах країни, дозволили отримати чисельний матеріал про відхилення живлячої напруги в освітлювальних мережах від номінального значення. У багатьох випадках ці відхилення лежать у межах від -10 до +25%. Наявність перенапруги в мережах приводить до двох негативних наслідків: збільшенню споживаною освітлювальною установкою потужності й прискореному скороченню термінів служби джерел світла.

Для оцінки перевитрати електроенергії, що відбувається через перенапруги, необхідно визначити можливий ріст споживаної потужності залежно від живлячої напруги для різних джерел світла ламп розжарювання й газорозрядних ламп низького й високого тиску.

Відповідно до співвідношень (6.1) - (6.3) для ламп розжарювання:

$$\Delta \epsilon = P_H (1 - K_U^{1.58}) t_{\text{зниж}} \quad (6.1)$$

- для ламп ДРЛ:

$$\Delta \epsilon = P_H (2,43 - 2,43 K_U) t_{\text{зниж}} \quad (6.2)$$

- для люмінесцентних ламп:

$$\Delta \epsilon = P_H (1,26 - 1,26 K_U) t_{\text{зниж}} \quad (6.3)$$

де,  $\Delta P$  - потужність одного світильника при номінальній напрузі, кВт;  $t_{\text{зниж}}$  - час зниження напруги на протязі року, ч. характеристики ламп розжарювання можуть бути апроксимовані функцією:

$$\frac{P}{P_H} = \left( \frac{U}{U_H} \right)^{\frac{8}{5}} \quad (6.4)$$

де  $U_H$  і  $U$  - номінальна й фактична напруга на джерелі світла;  $P_H$  і  $P$  — потужність, споживана джерелом світла при номінальній і фактичній напрузі.

Аналіз зміни потужності, споживаної газорозрядними лампами при зміні живлячої напруги, слідує робити для комплексу «лампа – пускорегулюючий апарат». Основна частка додаткової потужності, споживаної освітленням при перевищенні номінальної напруги, доводиться саме на баластовий опір ПРА.

При збільшенні напруги живильної мережі струм лампи й, отже, струм у ланцюзі включеного послідовно баластового опору збільшується, напруга на баластовому опорі також підвищується, а на лампі - зменшується.

Оскільки активний опір лампи порівняно мало, зміна споживаної нею потужності практично невідчутно, у той час як споживання потужності баластом зростає значно.

Електричні параметри всіх газорозрядних ламп залежать від схем їхнього включення. При будь-яких схемах параметри ламп значно менше залежать від напруги живильної мережі, чим параметри ламп розжарювання.

Потужність, споживана комплектом «люмінесцентна лампа - дросель», міняється зі зміною напруги в межах  $\pm 10\%$  відповідно до співвідношення:

$$\frac{\Delta P}{P_H} \approx 2 \frac{\Delta U}{U_H} \quad (6.5)$$

де  $\Delta P$  — приріст або зменшення споживаної потужності при зміні напруги від номінального до фактичного;  $P_H$  — потужність, споживана при номінальній напрузі;  $U$  — фактична напруга в лампі;  $U_f$  — номінальна напруга;  $\Delta U$  — зміна напруги від номінального до фактичного ( $\Delta U = U - U_f$ ).

При включенні люмінесцентної лампи послідовно з індуктивно-ємнісним баластом коефіцієнт у правій частині вираження (6.2) трохи менше 2. Надалі збільшення споживаної потужності (у відсотках номінальної) розраховувалося по співвідношенню (6.2).

Залежність потужності й терміну служби ламп типу ДРЛ від зміни напруги лінійна в межах зміни рівня напруги від номіналу на  $\pm 10\%$ . Для потужності споживаної комплектом «лампа ДРЛ-ПРА» справедливе співвідношення:

$$\frac{\Delta P}{P_H} = 2.43K_U - 1.43 \quad (6.6)$$

де  $K_U = \frac{U}{U_n}$ . Із цього треба, що зміна рівня напруги на 1% на затисках комплекту викликає зміну споживаної потужності на 2,4%.

Результати розрахунків збільшення споживаної потужності залежно від перевищення напруги для різних джерел світла, розраховані по співвідношеннях (6.1) — (6.2), наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 Збільшення потужності, що споживається в залежності від перевищення напруги.

Збільшення потужності, що споживається, % для ламп	Перевищення напруги, %						
	0	1	2	3	4	5	6
Розжарювання	0	1,6	3,2	4,7	8,1	11,5	16,4
Люмінесцентні	0	2,0	4,0	6,0	10,0	14,0	20,0
Ртутні типу ДРЛ	0	2,4	4,9	7,2	12,2	17,0	24,3
Металогалогені	0	1,5	3	4,5	7,5	10,5	15
	0	2	4	5	10	14	18
Натрієві	0	2,8	5,6	8,4	14	19,6	28
Високого тиску	0	2,0	8,0	11	18	23	34

Перенапруги в мережах, як правило, існують не постійно, а лише протягом деякого часу. Тому аналіз результатів, представлених у табл. 6.1, не дозволяє сказати, якою буде перевитрата електроенергії на освітлення. Однак співставлення

наведених величин дає можливість оцінити, у який з освітлювальних установок перевитрата може бути більше за інших рівних умов. Для металлогалогених ламп вплив перенапруг позначається в досить великому ступені (приблизно так само, як і для люмінесцентних ламп), а для натрієвих ламп високого тиску відносне збільшення потужності вище, ніж для інших джерел світла.

Перевищення напруги в мережі приводить також до зниження терміну служби джерел світла й, отже збільшенню наведених і експлуатаційних витрат на освітлення

Оскільки кількість ламп необхідних для експлуатації, назад пропорційно строку їхньої служби, можна оцінити відносна зміна кількості необхідних ламп залежно від перевищення напруги, по співвідношенню:

$$\frac{N}{N_H} = \frac{\tau_n}{\tau_\phi} \quad (6.7)$$

де  $N_H$  ,  $N$  - кількості ламп, необхідні для експлуатації висвітлення при номінальному й фактичному рівнях живлячої напруги;  $\tau_n$  і  $\tau_\phi$  — термін служби ламп при розрахунковій і фактичній напрузі.

Результати розрахунків наведені в табл. 6.2. З її видно, що збільшення напруги живлення на 5% приводить до зниження терміну служби ламп накаливання вдвічі, а газорозрядних ламп - в 1,2 рази. Відповідно до цього різко зростає кількість ламп, необхідних для експлуатації освітлювальних установок, а виходить, і експлуатаційні витрати. Наведені розрахунки показують, що для забезпечення раціональної витрати електроенергії й зниження витрат на освітлення необхідно обмежувати перевищення напруги.

Таблиця 6.2 Зниження терміна служби ламп і збільшення їх необхідної кількості в залежності від перевищення напруги.

Параметри	Перевищення напруги, %						
	0	1	2	3	4	5	6
Відносний термін служби ламп, %:							
- розжарювання	100,0	87,1	75,8	66,2	50,5	38,7	78
- газорозрядні	100,0	95,0	93,0	90,0	85,0	80,0	73,0
Кількість ламп, необхідних для експлуатації, %							
- розжарювання	100,0	114,0	132,0	151,0	198,0	258,0	1284,0
- газорозрядні	100,0	105,0	108,0	111,0	118,0	125,0	137,0

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

У бакалаврській роботі розробляється система електропостачання Могилів-Подільського молокозаводу. У сироробному цеху молокозаводу передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці. Усі металеві не струмопровідні частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електромонтерів, що обслуговують обладнання сироробного цеху []:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена та понижена рухомість повітря.

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

### 7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Роботи по обслуговуванню електродвигунів.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

При роботі на електродвигуні напругою вище 1000 В або механізму, який він приводить в рух, зв'язаній з доторканням до струмоведучими або обертаючими частинами, з електродвигуна повинна бути знята напруга.

В електроустановках вище 1000 В з кожної сторони, звідки до комутаційних апаратів може бути подана напруга на робоче місце, повинен бути видимий розрив, який створений від'єднанням або зняттям шин та проводів, відключенням роз'єднувачів, зняттям запобіжників, а також відключенням роз'єднувачів та вимикачів навантаження, за винятком тих, у яких автоматичне включення здійснюється пружинами, встановленими на самих апаратах.

При роботах за межами КРУ на відхідних ПЛІ або КЛІ на підключеному до них обладнанні візок з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ".

При накладенні заземлювачів у шафах КРУ у випадку роботи на відходячих ПЛІ необхідно враховувати наступні вимоги: ПЛІ напругою вище 1000 В заземлюються в усіх РУ і у секційних комутаційних апаратах, де відключена лінія.

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів та характер роботи, перераховані вище міри можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю проводів від комутаційного апарату або обладнання, на якому повинна проводитись робота.

Розшиновку або від'єднання кабелю при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.



Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відхідних шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження).

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливо обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, повинні бути закриті та заперті на замок засувки цих механізмів, а також прийняті заходи для гальмування ротора електродвигунів.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

Ремонт і наладку електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконуючим механізмом, регулюючих органів та запірної арматури, можна проводити по розпорядженню. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на вивід електропривода в ремонт, наладку. Про це повинен бути зроблений запис при оформленні розпорядження.

При роботі на електродвигуні заземлення встановлюється на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ.

Вмикання електродвигуна для перевірки до повного закінчення роботи проводиться після виводу бригади з робочого місця.

Після випробування проводиться повторний допуск з оформленням в наряді. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

## 7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 7.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий Холодний	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

### 7.3 Виробниче освітлення

#### Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО ( $\epsilon$ ). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО<sup>III</sup> при природному та сумісному освітленнях.

Характеристика зорової роботи - роботи середньої точності;

Розряд - VIII;

Підрозряд зорової роботи - а;

Контраст об'єкту розпізнавання - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Характеристика фону - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Бокове КЕО, %:

-природне 1,5;

-суміщене 0,9

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_n = e_n \cdot m = 1,5 \cdot 0,75 = 1,2 \% , \quad (7.1)$$

де  $e_n$  - значення КЕО для будинків;

$m$  - коефіцієнт сонячності клімату - 0,75, вікна зорієнтовані на схід.

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75лк;

Для забезпечення нормативного значення  $e_{min}$  передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

#### 7.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left( \frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left( \frac{U}{U_0} \right), \quad (7.2)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$P$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість,  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 7.2- Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

### 7.5 Вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальні	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

## 7.6 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення сироробного цеху молокозаводу за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д - негорючі речовини і матеріали в

холодному стані з зонами П-Іа, де розташовані тверді горючі речовини (сири). Цехи розташовані у будівлях II ступеня вогнестійкості.

Таблиця 7.4 - Мінімальні межі вогнестійкості та мінімальні межі розповсюдження полум'я по будівельних конструкціях.

	Стіни				Колони	Сходові клітини, балки, марші	Плити, настили та інші несучі конструкції, переkritтя	Елементи переkritтя	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити настили і прогони	Балки, ферми
II	2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

В проектуваному приміщенні, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м<sup>2</sup> наступна: до 1 - 100 м<sup>2</sup>.

Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів показана в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 - Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів

Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup>	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Кількість людей на 1 м ширини Евакуаційного виходу(дверей)
1440	Д	II	35

На території підприємства встановлено 3 пожежних щита. До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщуються в ньому, слід включати: вогнегасники ВП-5 - 2шт., ящик з піском - 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті 2м x 2м - 1шт., гаки - 3шт., лопати - 2шт., ломи - 2шт., сокири - 2шт.

## ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено систему електропостачання Могилів-Подільського молокозаводу.

В результаті розраховано електричні навантаження підприємства та його цехів, з врахуванням коефіцієнтів використання, коефіцієнтів попиту, коефіцієнту одночасності, коефіцієнтів питомого освітлення.

Було обрано оптимальну схему системи електропостачання, що забезпечила кращу надійність.

Було вибрано перерізи живлячих ліній від ТП до електроприймачів, враховуючи лінії від ЦТП та РП, високовольтні вимикачі 10 кВ та вимикачі цехової мережі 0,4 кВ. Зроблено висновки про правильність вибору комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової і заводської мереж. До встановлення прийнято електрообладнання вітчизняних виробників.

Обрана схема електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення підприємства електроенергією.

Окремо розглянуто питання економії електроенергії в мережах освітлювальних установок молокозаводу.

Всі розрахунки виконувалися за діючими нормативними документами та ДСТУ.



## ЛІТЕРАТУРА

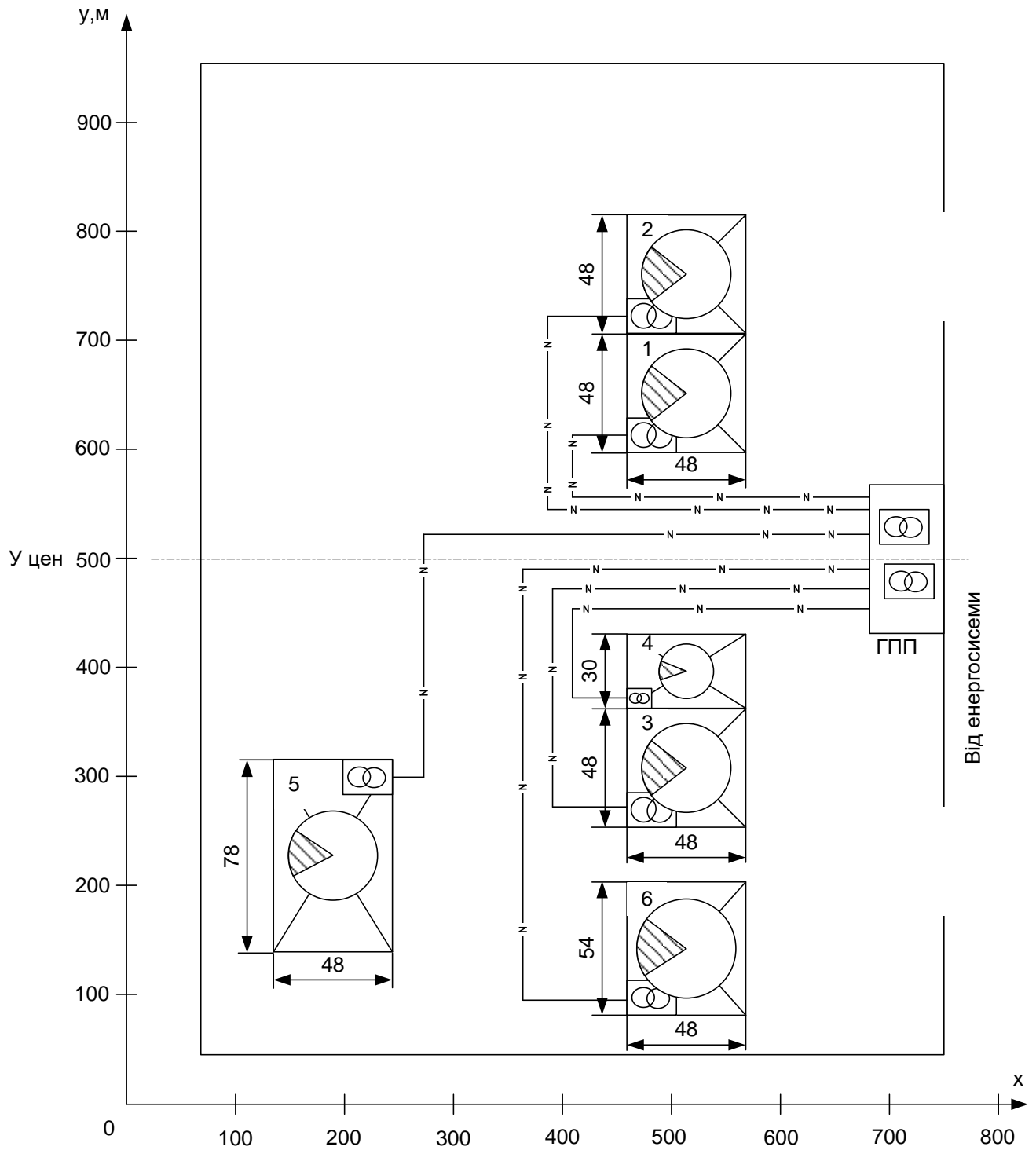
1. Справочник по проектированию электроснабжения. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576с.
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
3. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», 2009.
4. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок.
5. ГОСТ 14209-97 Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.
6. ГОСТ 30323-95 Короткие замыкания в электроустановках
7. СН 174-75 Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятия.
8. Федоров А.А. «Справочник по ЭПП», М.: 1972г.
9. Методические указания к курсовому проекту по ЭПП, «ВПИ», 1989г.
10. Б.Н. Неклепаев «ЭЧСиП Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования», М.: Энергоатомиздат, 1989г.
11. Л.Д. Рожкова «Электрооборудование станций и подстанций» М.: Энергоатомиздат, 1987г.
12. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» Вінниця: ВНТУ, 2005р.
13. Методические указания к выполнению курсового проекта и расчетных работ по курсу «Электроснабжение промышленных предприятий. Расчет и выбор электрической сети цеха» /М.С. Добжинский и др. - Винница: ВПИ, 1989.
14. Неклепаев Б.И., Крючков Й.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
15. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий. - Минск: Высшая школа, 1988. - 360 с.
16. Правила устройства электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 648 с.

17. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. - М.: Энергия, 1980. - 600 с.

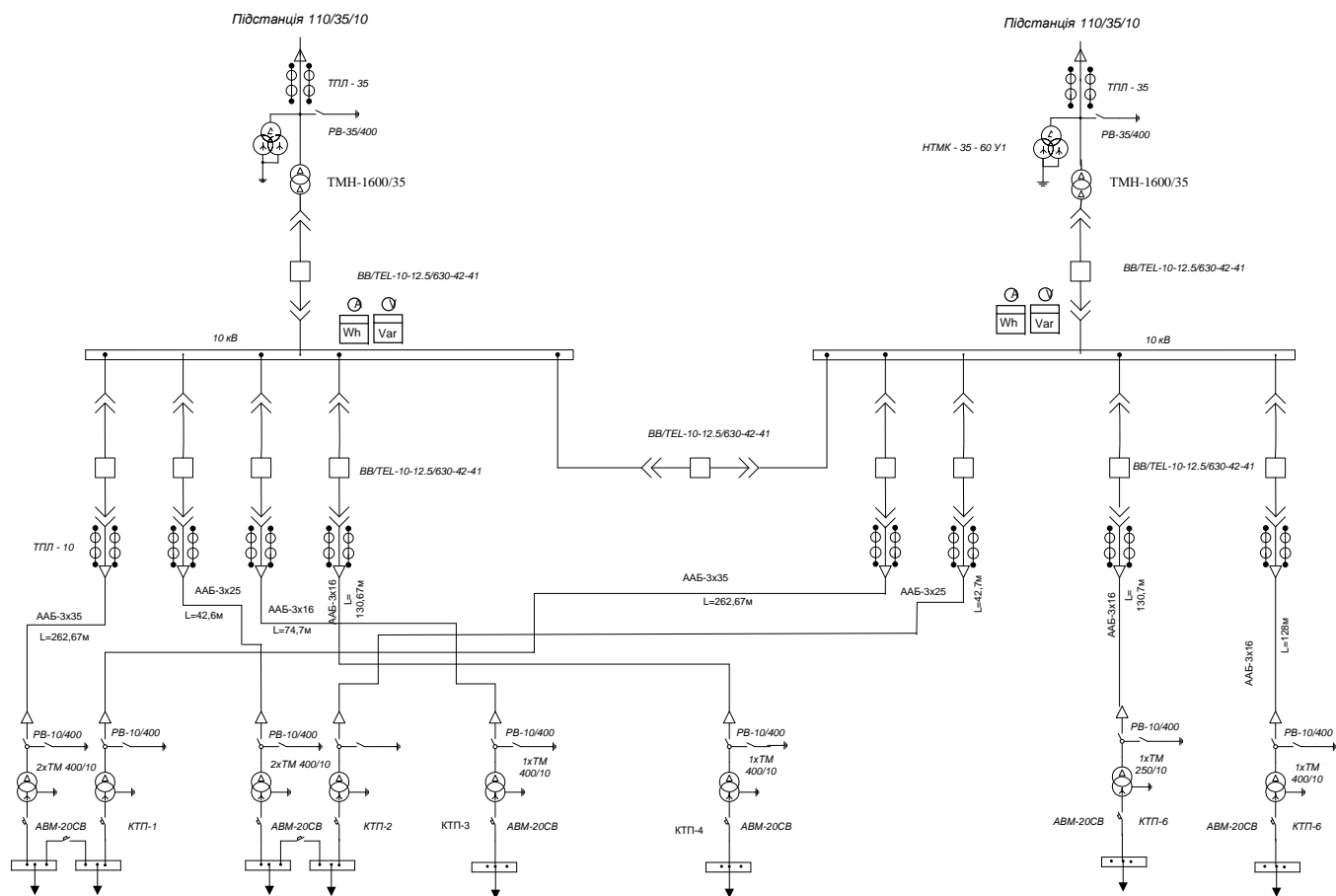
18. Каталог освітлювальних пристроїв та установок – Режим доступу <http://electrocontrol.com.ua/stati-sxemy-i-spravochnaya-informaciya/sravnitelnaya-karakteristika-kondensatornyx-ustanovok-aku-kku-ukm-58-ukrm.html>

## ДОДАТКИ

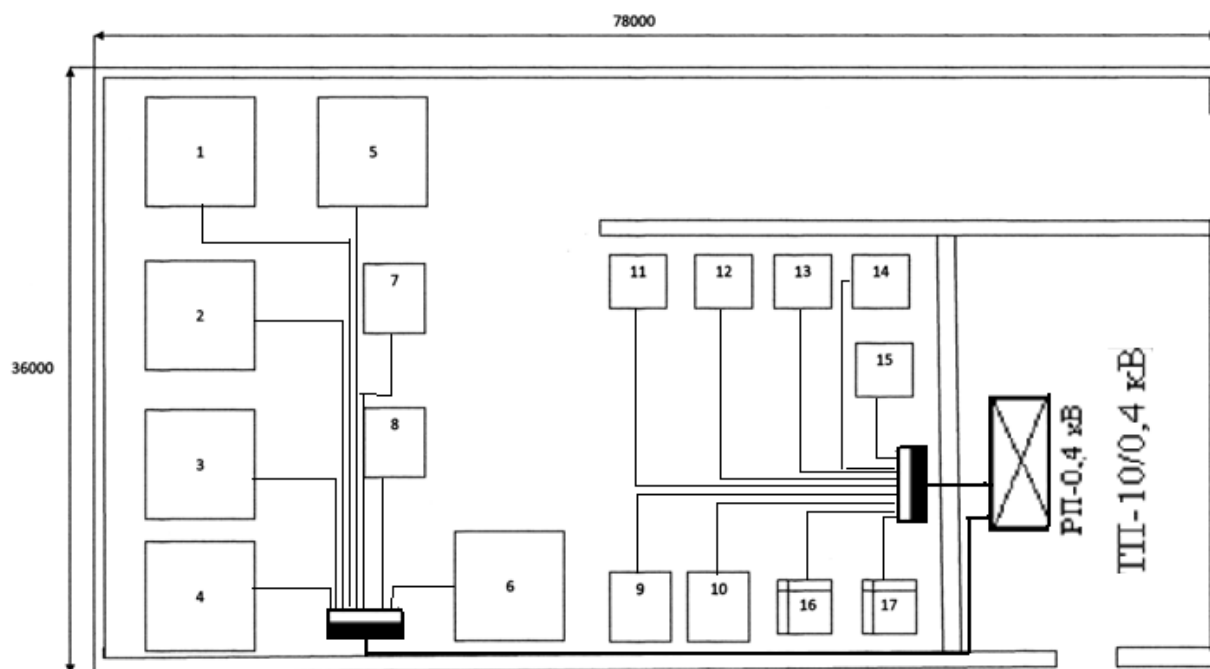
Додаток А Графічна частина  
Генеральний план



## Однолінійна схема електропостачання



## План цеху з силовою мережею





## ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ

- для ламп розжарювання:

$$\Delta \epsilon = P_H (1 - K_U^{1,58}) t_{\text{зниж}}$$

- для ламп ДРЛ:

$$\Delta \epsilon = P_H (2,43 - 2,43 K_U) t_{\text{зниж}}$$

- для люмінесцентних ламп:

$$\Delta \epsilon = P_H (1,26 - 1,26 K_U) t_{\text{зниж}}$$

де,  $\Delta P$  - потужність одного світильника при номінальній напрузі, кВт;  $t_{\text{зниж}}$  - час зниження напруги на протязі року, ч.

Зниження терміна служби ламп і збільшення їх необхідної кількості в залежності від перевищення напруги.

Параметри	Перевищення напруги, %						
	0	1	2	3	4	5	6
Відносний термін служби ламп, %:							
- розжарювання	100,0	87,1	75,8	66,2	50,5	38,7	78
- газорозрядні	100,0	95,0	93,0	90,0	85,0	80,0	73,0
Кількість ламп, необхідних для експлуатації, %							
- розжарювання	100,0	114,0	132,0	151,0	198,0	258,0	1284,0
- газорозрядні	100,0	105,0	108,0	111,0	118,0	125,0	137,0