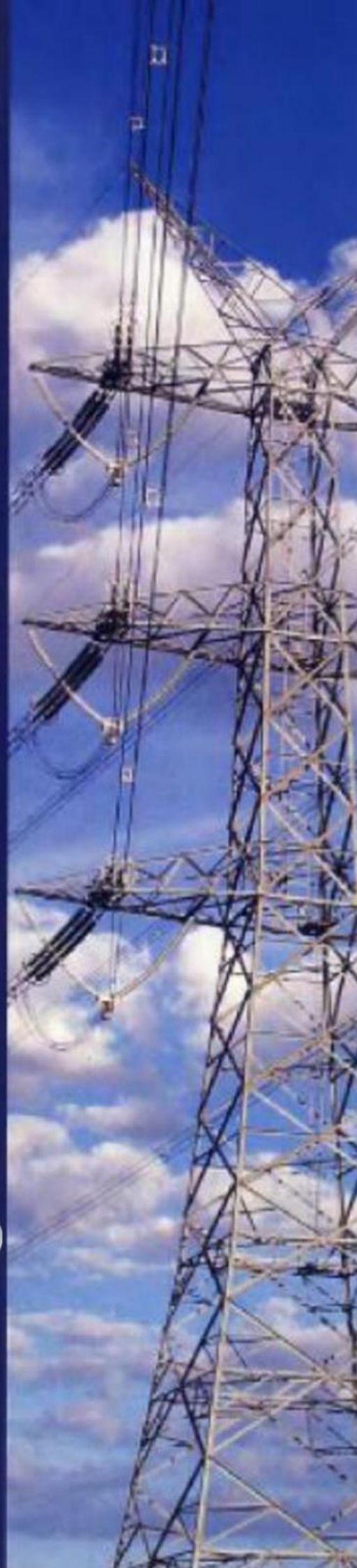


О.Д.Демов., В.В.Вержук

# Р ОЗРАХУВАННЯ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА



**О.Д.Демов  
В.В.Вержук**

# **РОЗРАХУВАННЯ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

**Навчальний посібник**

**Вінниця  
ВНТУ  
2006**

**УДК 621.311 (075)**

**Д 31**

*Рецензенти:*

**В.М.Кутін**, доктор технічних наук, професор

**Л.Б.Терешкевич**, кандидат технічних наук, доцент

**В. І. Нагул**, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

**Демов О.Д., Вержук В.В.**

**Д 31 Розрахування та вибір електричної мережі промислового підприємства.** Навчальний посібник з курсового проектування. - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 98 с.

В посібнику висвітлено практичні аспекти проектування систем електропостачання промислових підприємств, які стосуються розрахування електричних навантажень, вибору і розміщення підстанцій, розрахування внутрішньозаводських та цехових мереж. Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програмою дисципліни "Електропостачання промислових підприємств".

УДК 621.311 (075)

© О.Демов, В.Вержук, 2006

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Мета проектування та характеристика вихідних даних.....	5
2. Розрахунок навантажень заводу та побудова їх картограми .....	8
3. Вибір місця розташування ЦРП та потужностей ТП.....	14
4. Техніко-економічні розрахунки вибору схеми заводської мережі.....	16
5. Вибір елементів заводської мережі .....	18
6. Розрахунок струмів короткого замикання в заводській мережі.....	20
7. Перевірка вибраних вимикачів.....	22
8. Перевірка вибраних кабелів.....	23
9. Побудова електромережі цеху.....	24
10.Розрахунок навантажень цеху.....	25
11.Розрахунок і вибір елементів цехової розподільчої мережі.....	34
12.Розрахунок струмів короткого замикання в електромережі цеху та перевірка чутливості автоматів.....	42
Література.....	46
Додаток А. Технічні дані автоматичних вимикачів напругою до 1000 В.....	49
Додаток Б. Вихідні дані.....	54
Додаток В. Організаційні питання курсового проектування.....	90
Додаток Г. Зразок завдання.....	94

## ВСТУП

Проектування систем електропостачання промислових підприємств є складною і відповідальною задачею. Прийняття проектних рішень безпосередньо впливає на об'єм і трудомісткість монтажних робіт, зручність та безпечність експлуатації установок систем електропостачання.

Основними вимогами, які висуваються до проектів систем електропостачання, є надійність електропостачання споживачів та економічність. Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування пристроїв автоматики і релейного захисту.

Метою курсового проектування є закріплення і систематизація теоретичних знань, отриманих при вивченні дисципліни “Електропостачання”, набуття практичних навичок проектування систем електропостачання.

В проекті розглядаються такі основні задачі: розрахунку електричних навантажень; розрахунку заводського електропостачання; розрахунку цехового електропостачання.

Розрахунок електричних навантажень проводиться на різних рівнях системи електропостачання з застосуванням методів упорядкованих діаграм та коефіцієнта попиту.

Розрахунок заводського електропостачання зводиться до вибору схеми та її елементів. При цьому найбільш важливими є розрахунок струмів короткого замикання, вибір кабелів та високовольтних вимикачів.

Розрахунок цехового електропостачання полягає у виборі схеми розподільної мережі цеху, провідників і комутаційних захисних апаратів, розрахунок струмів короткого замикання, перевірки чутливості та селективності захисту.

Перевагою цього посібника є те, що він виконаний у вигляді реального курсового проекту. Це дозволяє виконувати проект у тій формі, і з використанням тих принципів, які викладені в посібнику. Але студент не повинен копіювати рішень, які викладені в посібнику, оскільки кожне підприємство має свої особливості електропостачання, а їх потрібно враховувати при проектуванні.

В посібнику приведені основні технічні характеристики елементів мереж, це значно допомагає при виконанні проекту.

Функціональні обов'язки студента і нормативні вимоги до курсових проектів приведені в додатку В.

Автори вдячні студентам групи ЗЕСЕ-00 Мельник В.О. та групи ЕМ-02 Закревській О.П. за допомогу в підготовці до друку посібника.

## 1 Мета проектування та характеристика вихідних даних

В курсовому проекті, відповідно до заданих вихідних даних, необхідно спроектувати систему електропостачання заводу та заданого цеху. Для цього в проекті необхідно виконати наступне:

1. Визначити розрахункові навантаження заводу. 2. Вибрати місця для розташування підстанцій. 3. Провести вибір мережі заводу. 4. Вибрати елементи мережі заводу. 5. Розрахувати струми короткого замикання в заводській мережі. 6. Провести перевірку вибраних елементів на дію струмів короткого замикання. 7. Визначити розрахункові навантаження ремонтно-механічного цеху. 8. Вибрати схему цехової мережі та її елементів. 9. Зробити розрахунки струмів короткого замикання в цеховій мережі. 10. Провести перевірку чутливості захисної апаратури цехової мережі.

В проекті також необхідно виконати такі креслення:

1. Генплан заводу з нанесенням розподільної мережі.
2. Принципіальна електрична схема мережі заводу.
3. План механічного цеху з нанесенням його розподільної мережі.
4. Розрахунково - монтажна таблиця системи електропостачання.

### Вихідні дані

Таблиця 1.1 – Характеристика споживачів заводу

Назва цеху	Номінальна потужність, кВт	Площа цеху, м <sup>2</sup>
1. Виробничий корпус	1500	1244,8
2. Допоміжний корпус	755	714,2
3. Цех сухого молока	440	1114,2
4. Цех дитячого молока	200	959,1
5. Мийка цистерн	30	1114,2
6. Масло цех	100	2481,6
7. Градирня сухого молока	30	179,5
8. Насосний	24	171,4
9. Сирний цех	140	1346,9
10. Вентиляторна градирня	50	208,1
11. Ам'ячна компресорна	200	171,4
12. Каналізаційно-насосна станція	100	459,1
13. Гараж	0,5	1302,1
14. Заводоуправління	18	673,4
15. Склад цистерн	0,8	275,5
16. Ремонтно – механічний	285	194
17. Склад	0,6	1346,9
18. Водонапірна башта	20	78,53

На рис.1.1 показано генплан заводу, який може живитися від підстанції 110/10кв, розташованої на відстані 1,5 км від підприємства. Потужність короткого замикання на шинах 10 кв підстанції – 200 мва.

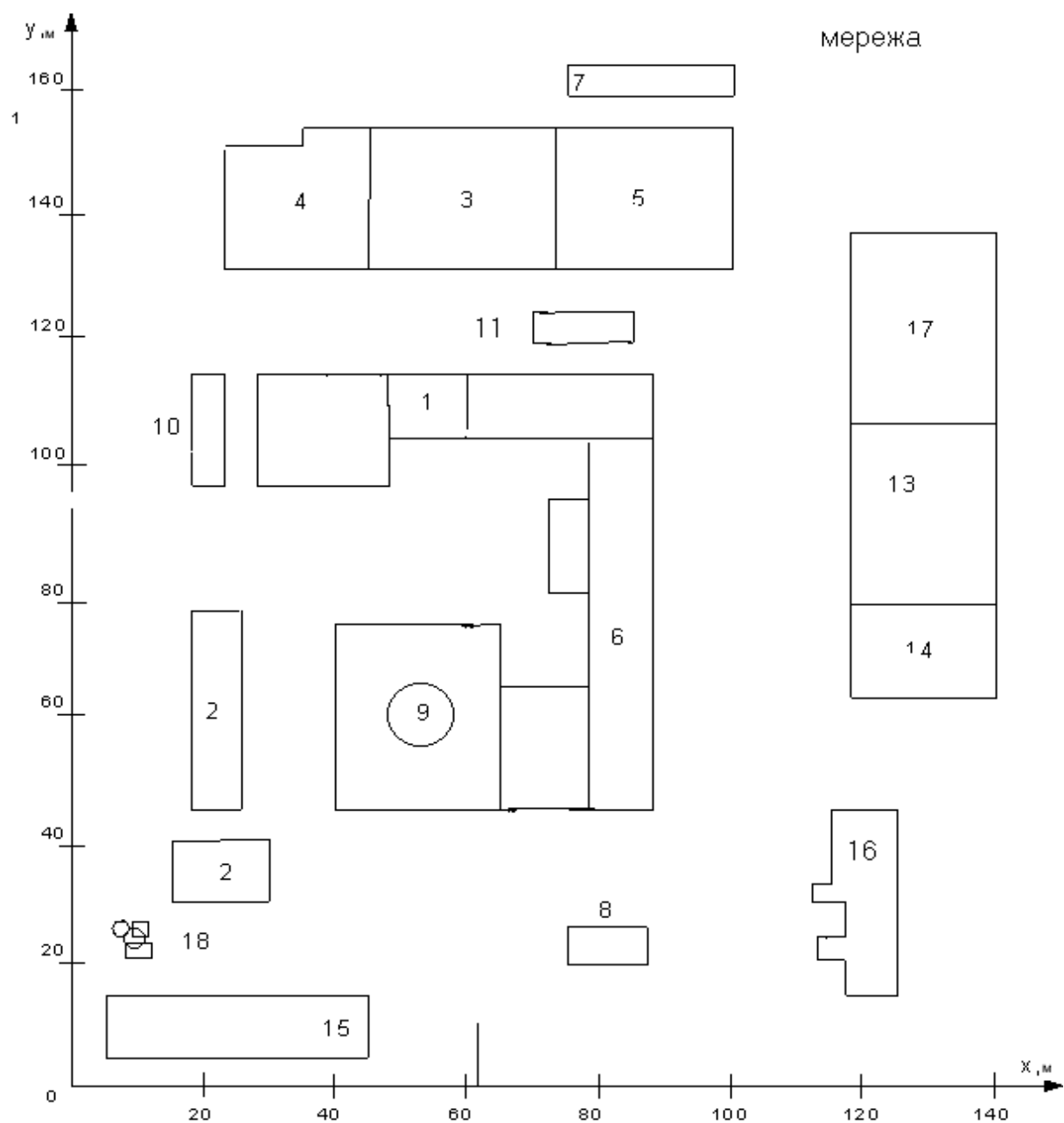


Рисунок 1.1 – Генплан заводу

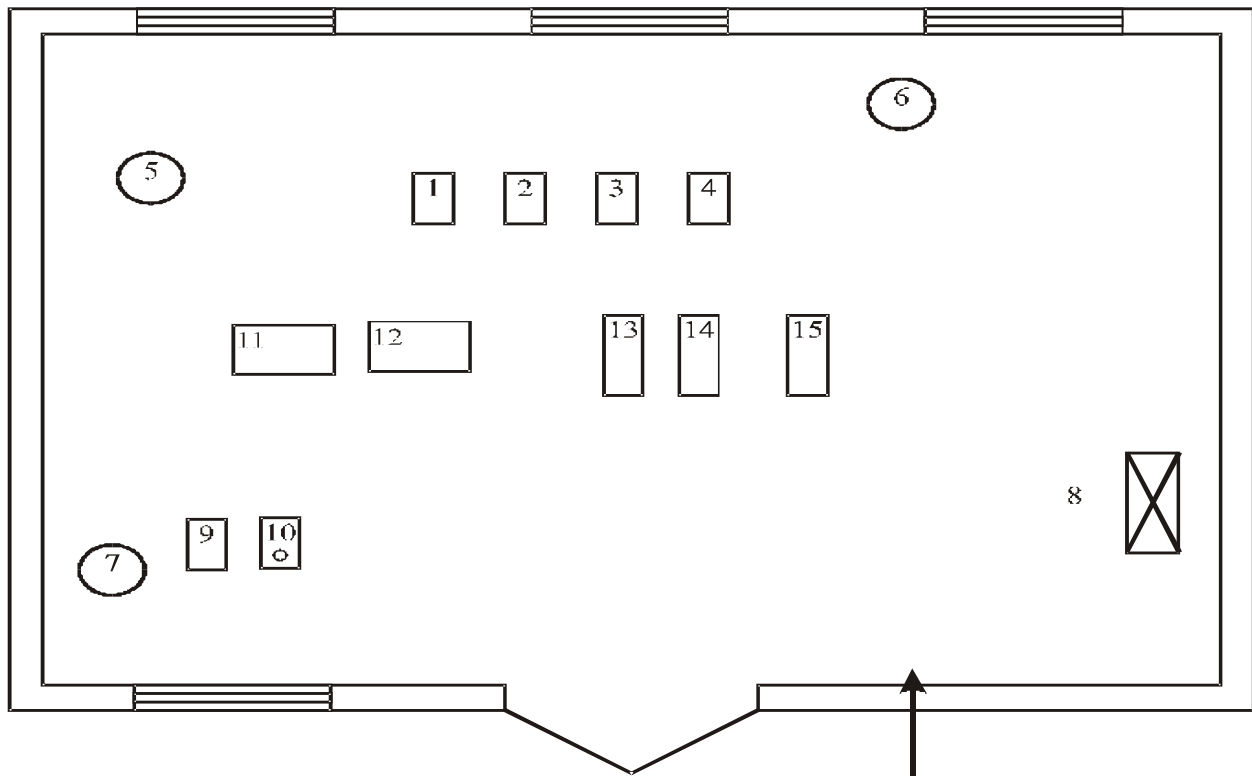


Рисунок 1.2 – План ремонтно-механічного цеху

Таблиця 1.2 – Характеристика споживачів цеху

Номер на плані	Назва електроприймача	Кількість	$P_H$ , кВт
1, 2	Металорізальні станки	2	32
3, 4	Металорізальні станки	2	25
5, 6, 7	Вентилятор	3	20
8	Кран-балка ПВ 40%	1	35
9	Металорізальний станок	1	15
10	Електрованна	1	20
11, 12, 13	Металорізальний станок	3	10
14, 15	Металорізальні станки	2	12

Енергосистема постачає електроенергію за тарифом 27,5 коп./кВт\*год.



## 2 Розрахунки навантажень заводу та побудова їх картограм

Основою вибору всіх елементів системи електропостачання є розрахунки величин електричних навантажень.

Максимальні активні, реактивні та повні навантаження цехів  $P_m$ ,  $Q_m$ ,  $S_m$  розраховуються за коефіцієнтом попиту. Розрахунок вказаних величин проводиться так:

а) активне навантаження:

$$P_m = P_n \cdot K_n,$$

де  $P_n$  – номінальна потужність навантаження;

$K_n$  – коефіцієнт попиту (величини коефіцієнтів попиту деяких цехів приведені в табл. 2.1);

б) активне навантаження освітлювальних установок:

$$P_{m.o} = p_{\text{пит.о}} \cdot K_{n.o} \cdot S,$$

де  $p_{\text{пит.о}}$  – питоме освітлювальне навантаження (див. табл. 2.2);

$S$  – площа цеху;

$K_{n.o}$  – коефіцієнт попиту для освітлювального навантаження (див. табл. 2.3);

в) сумарне активне навантаження:

$$P_{m\Sigma} = P_m + P_{m.o}.$$

г) сумарне реактивне навантаження:

$$Q_{m\Sigma} = P_{m\Sigma} \cdot \tan \varphi,$$

де  $\tan \varphi$  – тангенс зсуву фаз цехового навантаження (див. табл. 2.1);

д) сумарне повне навантаження цеху;

$$S_{m\Sigma} = \sqrt{P_{m\Sigma}^2 + Q_{m\Sigma}^2}.$$

Для прикладу розглянемо розрахунок навантаження виробничого корпусу (на генплані об'єкт №1).

$$P_{m1} = 1500 \cdot 0,7 = 1050 \text{ кВт}; \quad P_{m.o1} = 0,95 \cdot 0,015 \cdot 1244,8 = 17,7 \text{ кВт};$$

$$P_{m\Sigma} = 1050 + 17,7 = 1067,7 \text{ кВт}; \quad Q_{m1} = 1050 \cdot 0,6 = 640,5 \text{ кВАр};$$

$$S_{m\Sigma} = \sqrt{1067,7^2 + 640,5^2} = 1245,01 \text{ кВа}$$

Таблиця 2.1 – Показники електричних навантажень цехів

Найменування цехів	Коефіцієнти		
	Використання, $K_B$	потужності, $\cos \varphi$	попиту $K_n$
Адміністративно-побутовий	-	0,7	0,6
Деревообробний	0,54	0,73	0,66
Складальний	0,4	0,65	0,5

Продовження таблиці 2.1

Найменування цехів	Коефіцієнти		
	Використання, $K_B$	потужності, $\cos\varphi$	попиту $K_P$
Зварювальний	0,3-0,5	-	0,4-0,6
Інструментальний	0,35	0,5	0,4
Калориферний	-	0,75	0,7
Компресорна станція	-	0,8-0,85	0,85-0,9
Котельня	-	0,7	0,7
Кузня	0,25-0,35	-	0,4
Лабораторія	0,25	-	0,3-0,5
Механічний	-	0,5	0,2-0,4
Насосний	-	0,75	0,7-0,8
Підготовчий	0,55	0,65	0,65
Прядильний	-	0,85	0,9
Ремонтно-механічний	-	0,65	0,5
Склад готової продукції і сировини	-	0,8	0,4-0,5
Сировинні млини	0,72	0,85	-
Термічний	-	-	0,85
Ткацький	-	0,65	0,85
Транспортний	-	0,65	0,3-0,5
Фарбувальний	-	0,82-0,84	0,6-0,7
Цементні млини	0,8	0,85	0,85
Цукрові заводи	-	-	0,55

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти попиту освітлювальних навантажень,  $K_{п.о}$ 

Найменування об'єкта	$K_{п.о}$	Найменування об'єкта	$K_{п.о}$
Невеликі виробничі будівлі та торговельні приміщення	1,0	Виробничі будівлі, які складаються з кількох окремих приміщень	0,85
Виробничі будівлі, які утворюють окремі великі прольоти	0,95	Лабораторні і контрольно-побутові будівлі, лікувальні, дитячі та навчальні заклади	0,8
Адміністративні будівлі, бібліотеки, підприємства загального харчування	0,9	Складські будівлі, розподільні пристрої і підстанції	0,6
		Зовнішнє і аварійне освітлення	1,0

Таблиця 2.3 – Орієнтовна питома густина навантажень на 1 м<sup>2</sup> корисної площі виробничих будівель

Найменування цеху, корпусу, заводу	Густина навантаження, Вт/м <sup>2</sup>	
	силового	освітлювально-го, при лампах розжарювання
Цех термічної обробки	260-280	12-19
Механічні і складальні цехи	300-580	11-16
Механоскладальні цехи	280-390	12-19
Електрозварювальні і термічні цехи	300-600	13-15
Цехи металоконструкцій	350-390	11-13
Інструментальні цехи	330-560	15-16
Деревообробні і модельні цехи	75-140	15-18
Блоки допоміжних цехів	260-300	17-18
Інженерні корпуси	270-330	16-20
Центральні заводські лабораторії	130-290	20-27
Заводи гірничо-шахового обладнання	400-420	10-13
Заводи бурового обладнання та гідрообладнання	260-330	14-15
Заводи кранобудування	330-350	10-11
Заводи нафтової апаратури	220-270	17-18

Всі розрахунки навантаження цехів проводяться аналогічно. Результати розрахунків заносяться в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунки навантажень заводу

Назва приміщення	Силове навантаження					Освітлювальне Навантаження				Сумарне навантаження			
	$P_n$ кВт	$K_n$	$\cos\varphi$ / $\operatorname{tg}\varphi$	$P_m$ кВт	$Q_m$	$F, \text{ м}^2$	$P_{н.о}$ кВт/ $\text{м}^2$	$K_{н.о}$	$P_{м.о}$ кВт	$P_{p\Sigma}$ кВт	$Q_{p\Sigma}$ кВАр	$S_{p\Sigma}$ кВА	$\text{СПИТ}$ кВт/ $\text{м}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Виробничий корпус	1500	0,7	0,85/0,61	1050	640,5	1244,8	0,015	0,95	17,74	1067,7	640,5	1245,01	0,86
2. Допоміжний корпус	755	0,65	0,85/0,61	490,75	299,36	714,2	0,017	0,8	9,71	500,5	299,36	583,7	0,85
3. Цех сухого молока	440	0,52	0,85/0,61	228,8	139,56	1114,2	0,015	0,95	15,88	244,7	139,56	281,7	0,23
4. Цех дитячого молока	200	0,5	0,85/0,61	100	61	959,1	0,017	0,8	13,04	113,04	61	128,45	0,12
5. Мийка цистерн	30	0,45	0,95/0,32	13,5	4,32	1114,2	0,012	0,6	8,02	21,52	4,32	21,95	0,02
6. Масло цех	100	0,8	0,85/0,61	80	48,8	2481,6	0,016	0,8	31,76	111,76	48,8	121,95	0,05
7. Градирня сухого молока	30	0,75	0,85/0,61	22,5	13,73	179,5	0,017	0,95	2,89	25,4	13,73	28,87	0,14
8. Насосна	24	0,6	0,95/0,32	14,4	4,6	171,4	0,017	0,6	1,75	16,15	4,6	16,79	0,09
9. Сирний цех	140	0,58	0,85/0,61	81,2	49,53	1346,9	0,025	0,8	26,94	108,14	49,53	118,94	0,08

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10. Вентиляторна градирня	50	0,75	0,85/0,61	37,5	22,88	208,1	0,018	0,8	2,99	40,5	22,88	46,52	0,19
11. Аміачна компресорна	200	0,6	0,95/0,32	120	38,4	171,4	0,017	0,8	2,33	122,33	38,4	128,22	0,71
12. Каналізаційно-насосна станція	100	0,4	0,95/0,32	40	12,8	459,1	0,015	0,8	5,51	45,51	12,8	47,28	0,1
13. Гараж	0,5	0,45	0,95/0,32	0,225	0,072	1302,1	0,012	0,6	9,38	9,61	0,072	9,61	0,01
14. Заводоуправління	18	0,6	0,95/0,32	10,8	3,46	673,4	0,015	0,6	6,06	16,86	3,46	17,21	0,03
15. Склад цистерн	0,8	0,5	0,95/0,32	0,4	0,13	275,5	0,018	0,6	2,96	3,36	0,13	3,36	0,012
16. Ремонтномеханічний цех	285	0,4	0,95/0,32	114	36,48	194	0,015	0,8	2,33	116,33	36,48	121,9	0,59
17. Склад	0,6	0,45	0,95/0,32	0,27	0,096	1346,9	0,017	0,6	13,74	14,01	0,086	14,01	0,01
18. Водонапірна башта	20	0,4	0,95/0,32	8	2,56	78,53	0,018	0,6	0,85	8,85	2,56	9,21	0,11
Всього	3893,9					14035				2586,27	1379,2	2944,6	

В мережах даного підприємства передбачається встановлення компенсуювальних пристроїв. Частка вхідної реактивної потужності  $a = 0,3$  і величина реактивної потужності, яку повинно споживати підприємство з енергосистеми :

$$Q_{1e} = a \cdot P_{pV} = 0,30 \cdot 2586,27 = 775,88 \text{ кВАр}$$

Відповідно, розрахункове навантаження підприємства:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{1e}^2} = \sqrt{2586,27^2 + 775,88^2} = 2700,14 \text{ кВА},$$

а середня величина питомої густоти навантаження всього заводу:

$$S_{\text{num}} = \frac{S_{\Sigma}}{F} = \frac{2700,14}{14035} = 0,19 \quad \frac{\text{кВа}}{\text{м}^2}$$

### **Побудова картограми і визначення центра електричних навантажень**

Для вибору місця розташування джерела живлення (центрального розподільного пункту 10 кВ) визначаємо координати центра електричних навантажень (ЦЕН) за формулами:

$$X_o = \frac{\sum P_{mi} \cdot X_i}{\sum P_i}, \quad Y_o = \frac{\sum P_{mi} \cdot Y_i}{\sum P_i},$$

де  $P_{mi}$  – розрахункові потужності  $i$ -го цеху.

$X_i, Y_i$  – координати  $i$ -го цеху, відповідно, на осях  $x$  і  $y$ .

Беремо величини  $P_{mi}$  з табл.2.4, координати  $x_i$  і  $y_i$  з рисунка 2.1 і розраховуємо:

$$X_o = (1067,7 \cdot 55 + 500,5 \cdot 20 + 244,7 \cdot 60 + 113,04 \cdot 33 + 21,52 \cdot 87 + 111,76 \cdot 83 + 25,4 \cdot 87 + 16,15 \cdot 81,5 + 108,14 \cdot 52,5 + 40,5 \cdot 21 + 122,33 \cdot 77 + 45,51 \cdot 23 + 9,61 \cdot 130 + 16,86 \cdot 130 + 3,36 \cdot 25 + 287,3 \cdot 121 + 14,01 \cdot 130 + 8,85 \cdot 10) / 2586,27 = 61,5 \text{ м}$$

$$Y_o = (1067,7 \cdot 109 + 500,5 \cdot 62 + 244,7 \cdot 143 + 113,04 \cdot 143 + 21,52 \cdot 143 + 111,76 \cdot 72 + 25,4 \cdot 162 + 16,15 \cdot 22 + 108,14 \cdot 59 + 40,5 \cdot 105 + 122,33 \cdot 77 + 45,51 \cdot 34 + 9,61 \cdot 91 + 16,86 \cdot 70 + 3,36 \cdot 10 + 287,3 \cdot 30 + 14,01 \cdot 122 + 8,85 \cdot 23) / 2586,27 = 96,04 \text{ м}$$

Координати ЦЕН показано на генплані.

Для раціонального розміщення цехових трансформаторних підстанцій будуюмо картограму навантажень, яка складається з кіл, нанесених на генплан. Радіуси цих кіл обчислюються за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{mi}}{\pi \cdot m_p}},$$

де  $P_{mi}$  – розрахункова потужність  $i$ -го цеху;

$m_p$  – масштаб навантаження;

Для прикладу обраховуємо радіус кола для 1-го цеху при  $m_p = 1,25$

$\kappa Bm/m^2$

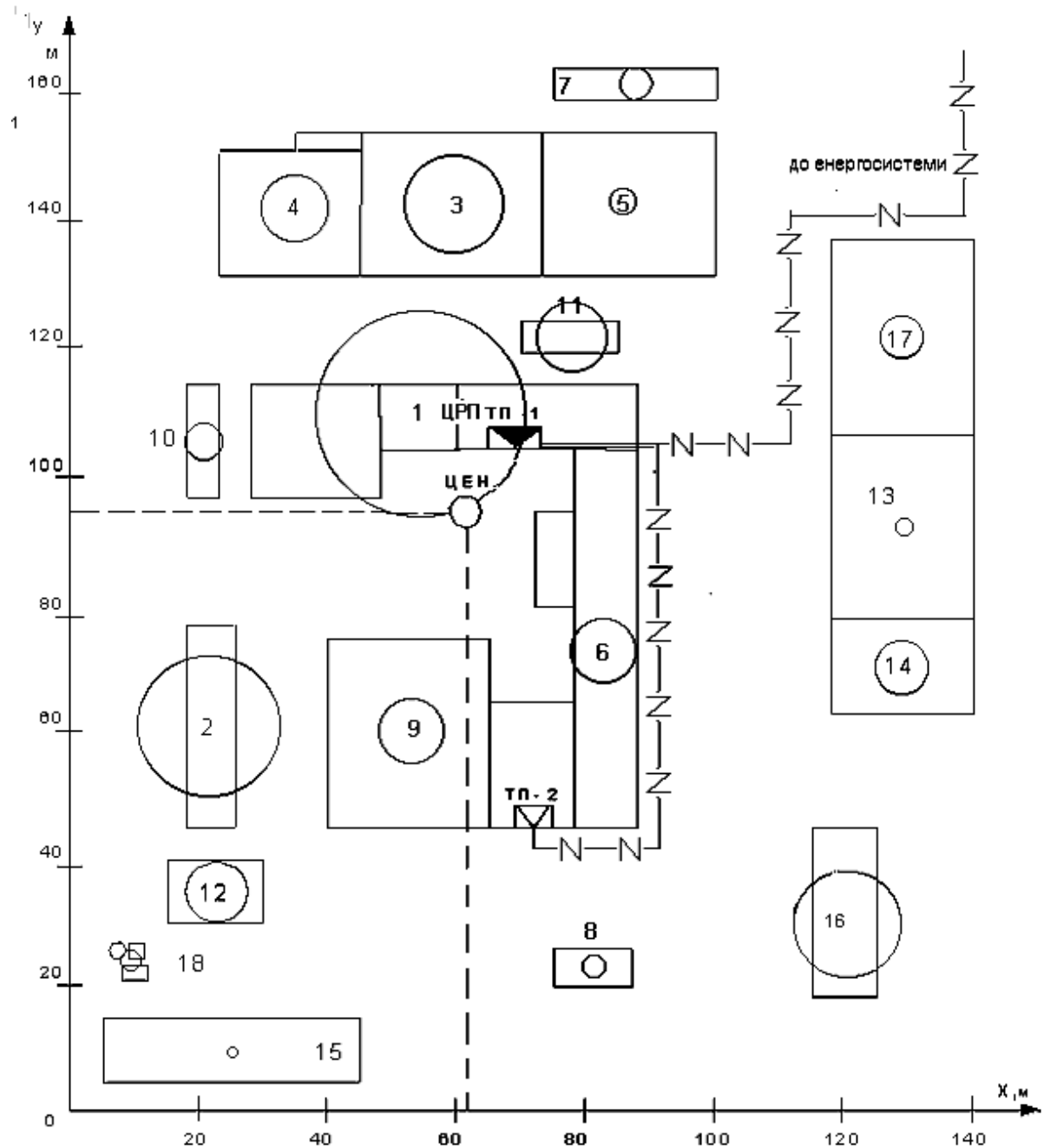


Рисунок 2.1 – Генплан підприємства з картограмою навантажень

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p\Sigma 1}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{1067.7}{3.14 \cdot 1.25}} = 16,5 \text{ м}$$

Розмір сектора освітлювального навантаження на картограмі навантажень розраховується так:

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

Розмір вказаного сектора для 1-го цеху:

$$\alpha_1 = 360 \cdot \frac{17,74}{1067,7} = 5,98^\circ.$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми навантажень

№ цеху координати цехів	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>x, м</i>	55	20	60	33	87	83	87	81,5	52,5	21
<i>y, м</i>	109	62	143	143	143	72	162	22	59	105
<i>r, м</i>	16,5	11,3	7,9	5,4	2,3	5,3	2,5	2	5,2	3,2
<i>α, градус</i>	6	7	23,4	41,5	134,2	102,3	41	39	89,7	26,6
№ цеху координати цехів	11	12	13	14	15	16	17	18		
<i>x, м</i>	77	23	130	130	125	121	130	10		
<i>y, м</i>	77	34	91	70	10	30	122	23		
<i>r, м</i>	5,6	3,4	1,6	4,3	0,9	8,5	3,6	1,9		
<i>α, градус</i>	6,8	43,6	351,4	129,4	317,14	2,9	353	34,6		

### 3 Вибір місця розташування ЦРП та потужностей ТП

Центральний розподільний пункт (ЦРП) розташовуємо на генплані поблизу ЦЕН, це дозволяє мінімізувати затрати на спорудження заводської мережі.

Оскільки  $S_{\text{пит}} = 0,2 \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$ , то відповідно до існуючих рекомендацій, вибираємо потужність трансформаторів ТП 630 і 1000 кВА. В табл. 3.1 показано цехи, які приєднані до ТП і два варіанти потужностей ТП.



Таблиця 3.1 – Варіанти під'єднання цехів до ТП

Характеристика ТП	№ цехів, які живляться від ТП	Сумарне навантаження, $S_{\Sigma}$ кВа	Коефіцієнт завантаження, КЗ
І-й варіант			
ТП1- 1000 кВА	1, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 17	1921,55	0,96
ТП2 - 630кВА	2, 6, 8, 9, 12, 15, 16	1023,13	0,85
2-й варіант			
ТП1- 1000 кВА	1, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 17	1921,55	0,96
ТП2-1000 кВА	2, 6, 8, 9, 12, 15, 16	1023,13	0,51

Приведені в табл.3.1 коефіцієнти завантаження трансформаторів для обох варіантів розраховуються так:

$$K_z = \frac{S_{\Sigma}}{2 \cdot S_{ном}}$$

де  $S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{mi}$  – сумарне навантаження ТП, кВА;

$S_{pi}$  – навантаження і-го цеху, який під'єднаний до ТП,  $i = 1, \dots, n$ ;

$n$  – кількість цехів, які живляться від ТП;

$S_{ном}$  – номінальна потужність трансформатора.

В табл. 3.2 приведені техніко-економічні характеристики ТП.

Таблиця 3.2 – Характеристики трансформаторів ТП

Позначення на схемі	Тип трансформатора	$S_{ном}$ кВА	$U_{ном}$ , кВ		Напру-га КЗ, $U_{кз}\%$	Втрати КЗ, кВт	Втрати ХХ, кВт
			ВН	НН			
ТП1	ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	12,2	2,5
ТП2	ТМ-630/10	630	10	0,4	5,5	8	2,5

#### 4 Техніко-економічні розрахунки вибору схеми заводської мережі

Відповідно до двох варіантів ТП, показаних в табл. 3.1, розглянемо два варіанти заводської мережі.

В обох варіантах схема має вигляд, показаний на рис. 4.1. Більш економічний варіант схеми відповідає мінімальним затратам на спорудження заводської мережі:

$$Z = K \cdot (1 + a) + \Delta W_{\text{тр}} \cdot b ,$$

де  $K$ - капітальні затрати на спорудження мережі (див. табл.4.1);

$a = 0,12$ – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, ремонт і заробітну плату;

$\alpha = 27,5$  коп/кВт\*год. - тариф на електроенергію;  $\Delta W_{\text{тр}}$  - втрати в трансформаторах.

Втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta W_{\text{тр}} = \left[ 2 \cdot \Delta P_{\text{хх}} + \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{2} \left( \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ном.}}} \right)^2 \right] \cdot \tau ,$$

де  $\Delta P_{\text{хх}}$ ,  $\Delta P_{\text{кз}}$  – втрати, відповідно, холостого ходу і короткого замикання в трансформаторах ТП;

$S_{\text{ном}}$  – номінальна потужність трансформатора ТП;

$\tau$  – величина максимальних втрат визначається по кривій в залежності від тривалості використання максимуму (див. рис. 4.2).

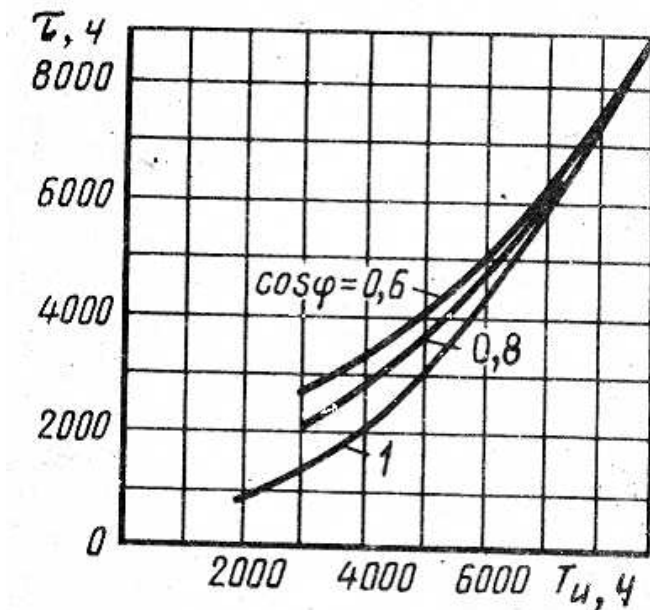


Рисунок 4.2 – Крива визначення часу максимальних втрат

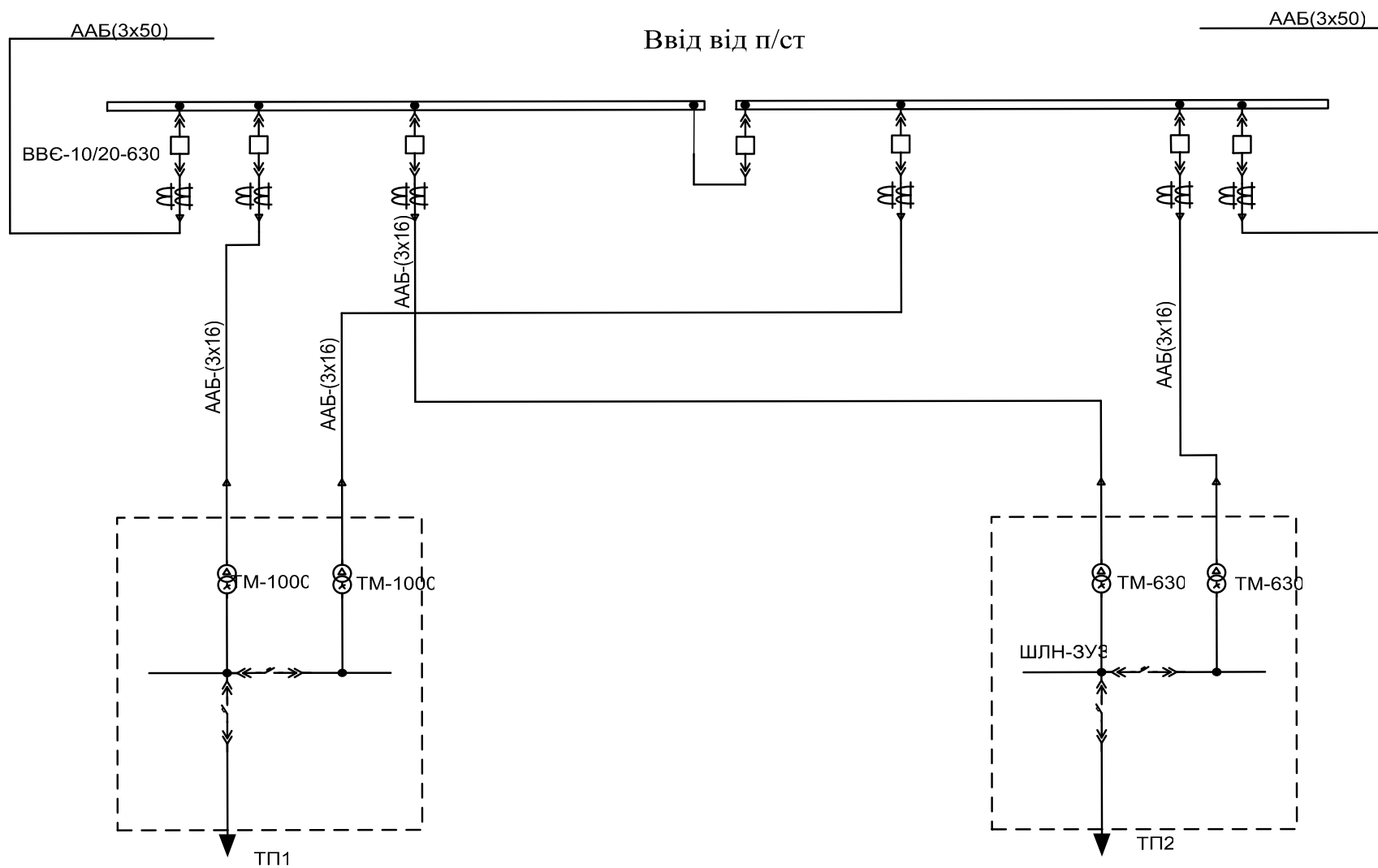


Рисунок 4.1 – Електрична схема електропостачання підприємства

Величини  $K_{тр}$ ,  $\Delta P_{хх}$ ,  $\Delta P_{кз}$  приведені в табл. 3.2 і 4.1.

Розраховуємо річні затрати для обох варіантів:

#### 1-й варіант

$$\Delta W_{TP1} = (2 \cdot 2,45 + \frac{12,2}{2} \cdot (\frac{1921,55}{2 \cdot 1000})^2) \cdot 3000 = 31592,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta W_{TP2} = (2 \cdot 2,45 + \frac{8,0}{2} \cdot (\frac{1023,13}{2 \cdot 630})^2) \cdot 3000 = 22912,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$З_1 = (31592,5 + 22912,3) \cdot 0,275 + (25470 + 30650) \cdot (1 + 0,12) = 77843,3 \text{ грн}$$

#### 2-й варіант

$$\Delta W_{TP1} = (2 \cdot 2,45 + \frac{12,2}{2} \cdot (\frac{1921,55}{2000})^2) \cdot 3000 = 31592,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta W_{TP2} = (2 \cdot 2,45 + \frac{12,2}{2} \cdot (\frac{1023,13}{2000})^2) \cdot 3000 = 19489,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$З_2 = (31592,5 + 19489,1) \cdot 0,275 + 2 \cdot 30650 \cdot (1 + 0,12) = 82703,44 \text{ грн}$$

Оскільки сумарні затрати в першому варіанті менші, ніж в другому, то 1-й варіант є більш економічним.

Таблиця 4.1 – Комплектні трансформаторні підстанції (КТП)-6-10/0,4

Напруга, кВ	Кількість і потужність трансформаторів, кВА	Тип та кількість шаф	Повна вартість, тис. грн.
6-10/0,4	1х400	КБ-1	5,04
	2х400	КБ-2; КБ-3; КБ-4	10,84
	1х630	КН-2; КН-4	13,14
	2х630	2 КН-2; КН-3; 3 КН-4	25,47
	1х1000	2 КН-4; КН-2	16,50
	2х1000	2 КН-2; 2 КН-3; 4 КН-4	30,65

## 5 Вибір елементів заводської мережі

Для схеми, поданої на рис. 4.1, вибираємо вимикачі і кабельні лінії.

Перерізи живильних ліній від підстанції 110/10 кВ системи до ЦРП 10 кВ вибираємо за допустимим струмом. Розрахунковий струм цих ліній в нормальному режимі:

$$I_{жс} = \frac{2700}{2\sqrt{3}10} = 77,9 \text{ А};$$

в аварійному режимі:

$$I_{жс}^a = \frac{2700}{\sqrt{3} \cdot 10} = 155,9 \text{ А};$$

Відповідно вибираємо кабель, прокладений в землі, ААБ 3×50 з  $I_{\text{доп}} = 175\text{А}$ . Аналогічно вибираємо від ЦРП 10 кВ до ТП1

$$I_{\text{ТП 1}} = \frac{1921,5}{2 \sqrt{3} 10} = 55,47 \text{ А}$$

від ЦРП до ТП2

$$I_{\text{ТП 2}} = \frac{1023,13}{2 \sqrt{3} 10} = 29,54 \text{ А}$$

марку кабелю ААБ 3×16 з  $I_{\text{доп}} = 90\text{А}$ .

Попередній вибір високовольних вимикачів проводимо за напругою установки і розрахунковими струмами. Технічні характеристики вимикачів приведені в табл. 5.1. Для встановлення на ЦРП вибираємо вакуумні вимикачі типу ВВЕ-10/20/630 з  $I_{\text{ном.в}} = 630\text{А}$ . Повний час вимкнення вимикача 0,05 с. Результати розрахунків приведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.1 – Основні характеристики вакуумних вимикачів

Параметри	Норма		
	10 кВ	35 кВ	110 кВ
Номінальна напруга, кВ	10		
Найбільша робоча напруга, кВ	12		
Номінальний струм, А	630, 1000, 1600	1600, 2500	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20	31,5	20
Повний час вимкнення, с, не більше	0,05	0,05	0,07
Власний час увімкнення, с, не більше	0,2	0,3	0,3
Струм увімкнення, кА:	20		
Найбільший пік, кА	52	80	51
Початкове діюче значення періодичної складової (струм термічної стійкості), кА	20	31,5	20
Час проходження струму термічної стійкості, с	3	-	-

Таблиця 5.2 - Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	Струм лінії, А	Аварійний струм лінії, А	Вимикач	$I_{ном.в}$ А	Марка кабелю	$I_{доп}$ А
С - ЦРП	77,9	155,9	ВВЕ-10/20/630	630	ААБ 3×50	175
ЦРП - ТП1	55,47	110,94	ВВЕ-10/20/630	630	ААБ 3×16	90
ЦРП - ТП2	29,54	59,08	ВВЕ-10/20/630	630	ААБ 3×16	90

## 6 Розрахунок струмів короткого замикання в заводській мережі

Розрахунки струмів короткого замикання (КЗ) проводяться з метою перевірки елементів заводської мережі на дію цих струмів. Наприклад, для перевірки вимикача, встановленого на лінії від ЦРП до ТП1, проведемо розрахунки струмів КЗ в точках  $K_1$ ,  $K_2$ , показаних на рис. 6.1.

Схема заміщення мережі для розрахунку струмів КЗ в точках  $K_1$ ,  $K_2$  приведена на рис. 6.1

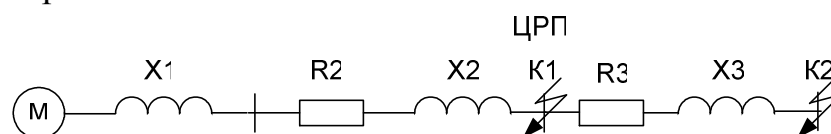


Рисунок 6.1 – Схема заміщення мережі

$X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – індуктивні опори, відповідно, системи, кабельних ліній від системи до ЦРП та від ЦРП до ТП1;  $R_2$ ,  $R_3$ , – активні опори кабельних ліній аналогічних ділянок. Індуктивний опір системи:

$$x_1 = \frac{U^2}{S_{кз}} = \frac{10^2}{200} = 0.5 \text{ Ом};$$

Результати розрахунків опорів кабельних ліній приведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Розрахунок параметрів ліній

Лінія	Марка кабелю	Довжина, м	$r_{пит}$ , мОм/м	$X_{пит}$ , мОм/м	R, Ом	X, Ом
С - ЦРП	ААБ 3×50	1500	0,77	0,066	1,155	0,099
ЦРП - ТП1	ААБ 3×16	20	2,4	0,084	0,048	0,002
ЦРП - ТП2	ААБ 3×16	100	2,4	0,084	0,24	0,008

Знаходимо періодичні складові струмів трифазного КЗ

**в точці К1:**  $I_{k1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_1} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 1.67} = 3.465 \text{ кА},$

де  $Z_1 = \sqrt{R_2^2 + (X_1 + X_2)^2} = \sqrt{1.155^2 + (0.5 + 0.099)^2} = 1.67 \text{ Ом};$

**в точці К2:**  $I_{k2} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_2} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 1.712} = 3.372 \text{ кА},$

де

$$Z_2 = \sqrt{(R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2} = \sqrt{(1.155 + 0.048)^2 + (0.5 + 0.099 + 0.002)^2} = 1.71 \text{ Ом}$$

Значення аперіодичної складової струму КЗ в момент часу  $t$  визначається за формулою:

$$i_{at} = \sqrt{2} I_K e^{-\frac{t}{T_a}},$$

де  $T_a$  – постійна часу загасання аперіодичної складової струму;

$$T_a = X_\Sigma / f R_\Sigma,$$

де  $X_\Sigma, R_\Sigma$  – результуючі опори від енергосистеми (джерела) до точки КЗ,  $f$  – промислова частота 50 Гц.

Відповідно розраховуємо постійні часу згасання аперіодичної складової струму короткого замикання:

для точки К1 -  $T_{a1} = 0.599 / 50 \cdot 1.155 = 0.0104 \text{ с.}$

для точки К2 -  $T_{a2} = 0.601 / 50 \cdot 1.603 = 0.0075 \text{ с.}$

Розрахунковий час початку розмикання контактів вимикача  $\tau$  визначається за формулою:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{в.в},$$

де  $t_{pz.min}$  – мінімальний час спрацювання релейного захисту (приймається рівним 0,01 с);

$t_{в.в}$  – власний час вимкнення вимикача (до моменту розходження головних контактів) і для вимикача ВВЭ-10-20/630 дорівнює 0,05с.

$$\tau = 0.01 + 0.05 = 0.06 \text{ с.}$$

Розраховуємо аперіодичну складову струму в точках К1, К2:

$$i_{at1} = \sqrt{2} \cdot 3.465 \cdot e^{-\frac{0.06}{0.0104}} = 0.001 \text{ кА.}$$

$$i_{at2} = \sqrt{2} \cdot 3.372 \cdot e^{-\frac{0.06}{0.0075}} = 0.001 \text{ кА.}$$

Ударний струм КЗ, необхідний для перевірки вимикачів на динамічну стійкість, розраховується для моменту часу  $t = 0.01 \text{ с}$  за формулою:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} I_K \left( 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right)$$

в точках: К1 -  $i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot 3.465 \cdot \left( 1 + e^{-\frac{0,01}{0,0104}} \right) = 6.77 \text{ кА.}$

К2 -  $i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot 3.372 \cdot \left( 1 + e^{-\frac{0,01}{0,0075}} \right) = 6.03 \text{ кА.}$

Тепловий імпульс  $B_k$  струмів КЗ при живленні від системи визначається за формулою:

$$B_k = I_K^2 (\tau + T_a).$$

Відповідно розраховуємо для точок:

К1 -  $B_{k1} = 3.465^2 \cdot (0,06 + 0.0104) = 0,84 \text{ кА}^2 \times \text{с.}$

К2 -  $B_{k2} = 3.372^2 \cdot (0,06 + 0.0075) = 0,76 \text{ кА}^2 \times \text{с.}$

## 7 перевірка вибраних вимикачів

Відповідно до вимог, високовольні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, динамічну та термічну стійкість до дії струмів КЗ. Перевірка комутаційної здатності здійснюється за умови:

$$I_{н.відк} \geq I_{nt}$$

де  $I_{н.відк}$  - номінальний струм вимкнення вимикача;

$I_{nt}$  – відповідно, миттєві значення періодичної складової струму КЗ на момент початку розходження контактів вимикача, тобто на момент початку розмикання.

Умова характеризує здатність до розмикання симетричної складової струму КЗ. Перевірка вимикачів на динамічну стійкість до дії струмів КЗ здійснюється за умови:

$$i_{дин} \geq i_{уд},$$

де  $i_{дин}$  - максимальне миттєве значення повного струму електродинамічної стійкості, який проходить через вимикач і не пошкоджує його.

Перевірка вимикачів на термічну стійкість до дії струмів КЗ здійснюється за умови:



$$I_t^2 t \geq B_K$$

де  $I_t$  - струм термічної стійкості вимикача протягом часу  $t$  ;  
 $B_K$  - розрахункове значення теплового імпульсу.

Перевіримо вибраний вимикач на лінії від ЦРП до ТП1 ВВЭ-10-20/630 на комутаційну здатність і стійкість до дії струмів КЗ. Умови вибору вимикача і порівняльні дані приведені в табл. 7.1

Таблиця 7.1 – Вибір вимикача на лінії від ЦРП до ТП1

Умови вибору	Дані вимикача	Дані розрахунків	Висновок
$I_{н.відк} \geq I_{пт}$	$I_{н.відк} = 20 \text{ кА}$	$I_{пт} = I_{по} = 3,465 \text{ кА}$	Задовольняє вимоги
$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$	$i_{уд} = 6,77 \text{ кА}$	Задовольняє вимоги
$I_m^2 t_m \geq B_K$	$I_m^2 t_m = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 1.45 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	Задовольняє вимоги

Отже, даний вимикач може бути використаний. Аналогічно перевіряємо інші вимикачі.

## 8 Перевірка вибраних кабелів

Переріз вибраних кабелів перевіряють на термічну стійкість до дії струмів КЗ за умовою:

$$s \geq s_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T} \cdot 10^3,$$

де  $s_{\min}$  – мінімальний переріз провідника за умовою термічної стійкості;  
 $C_T$  - термічний коефіцієнт. Для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами і паперовою ізоляцією при напрузі 10 кВ  $C_T = 92 \text{ А} \cdot \text{сек}^{0.5} / \text{мм}^2$ .

Перевіримо кабель від ЦРП до ТП1 на термічну стійкість до дії струмів.

$$s_{\min} = \frac{\sqrt{1.45 \cdot 10^3}}{92} = 13.08 < 50 \text{ мм}^2$$

Отже, переріз даного кабелю задовольняє умови термічної стійкості.

Якісний аналіз отриманого результату показує, що інші кабелі також задовольняють умови термічної стійкості.

## 9 Побудова електромережі цеху

Схема електричної розподільної мережі цеху виконується на основі таких принципів:

- а) групи електроприймачів (ЕП) приєднані до одного розподільного пункту (РП) або розподільного шинопроводу (ШР), формуються в залежності від їх територіального розміщення і технологічного процесу;
- б) кількість ліній, приєднаних до РП, не повинна перевищувати 12;
- в) ЕП можуть приєднуватися до РП, ШР за радіальною, магістральною та змішаною схемами.

На основі аналізу розміщення ЕП, їх номінальних потужностей та з урахуванням приведених рекомендацій, вибрана радіально-магістральна мережа цеху (рис.9.1). Живлення обладнання передбачається від розподільних пунктів РП1, ШРА1,2 які приєднані до центрального розподільного пункту (ЦРП). Схема нанесена на план цеху, який показаний на рис.9.2.

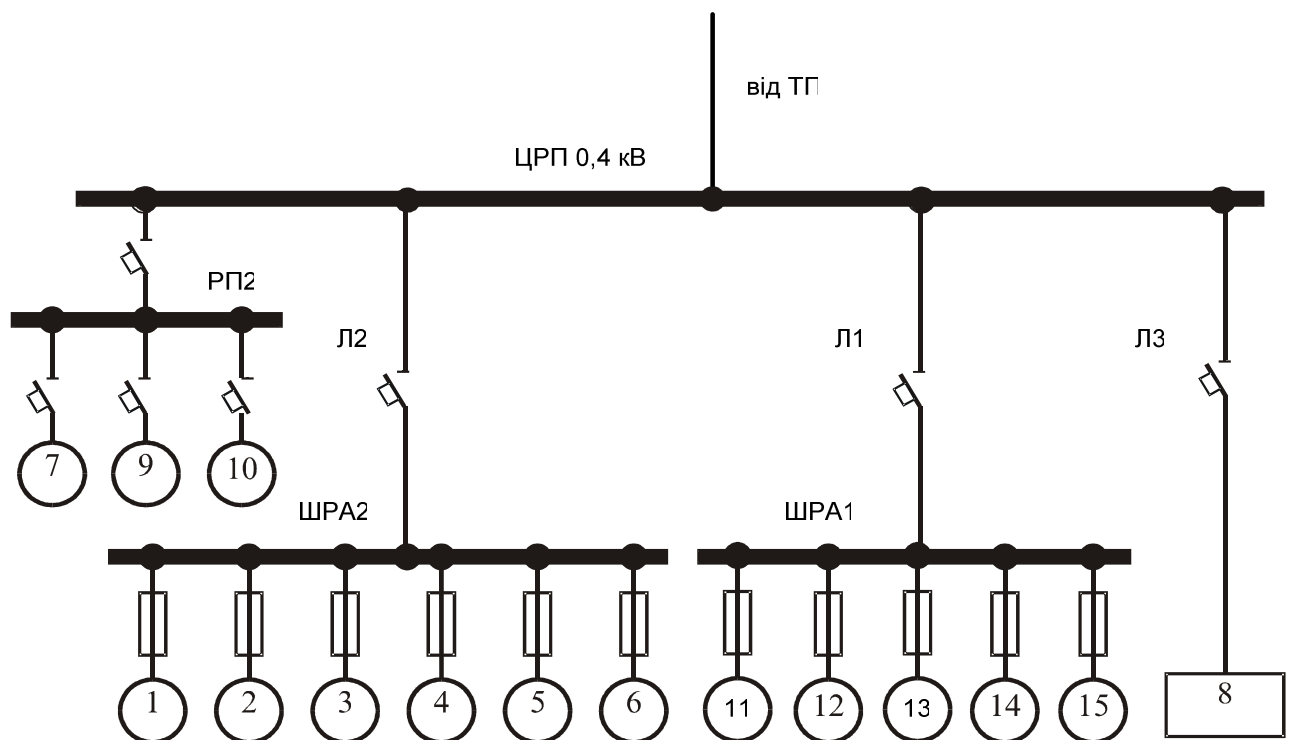


Рисунок 9.1 – Схема електричної розподільної мережі цеху

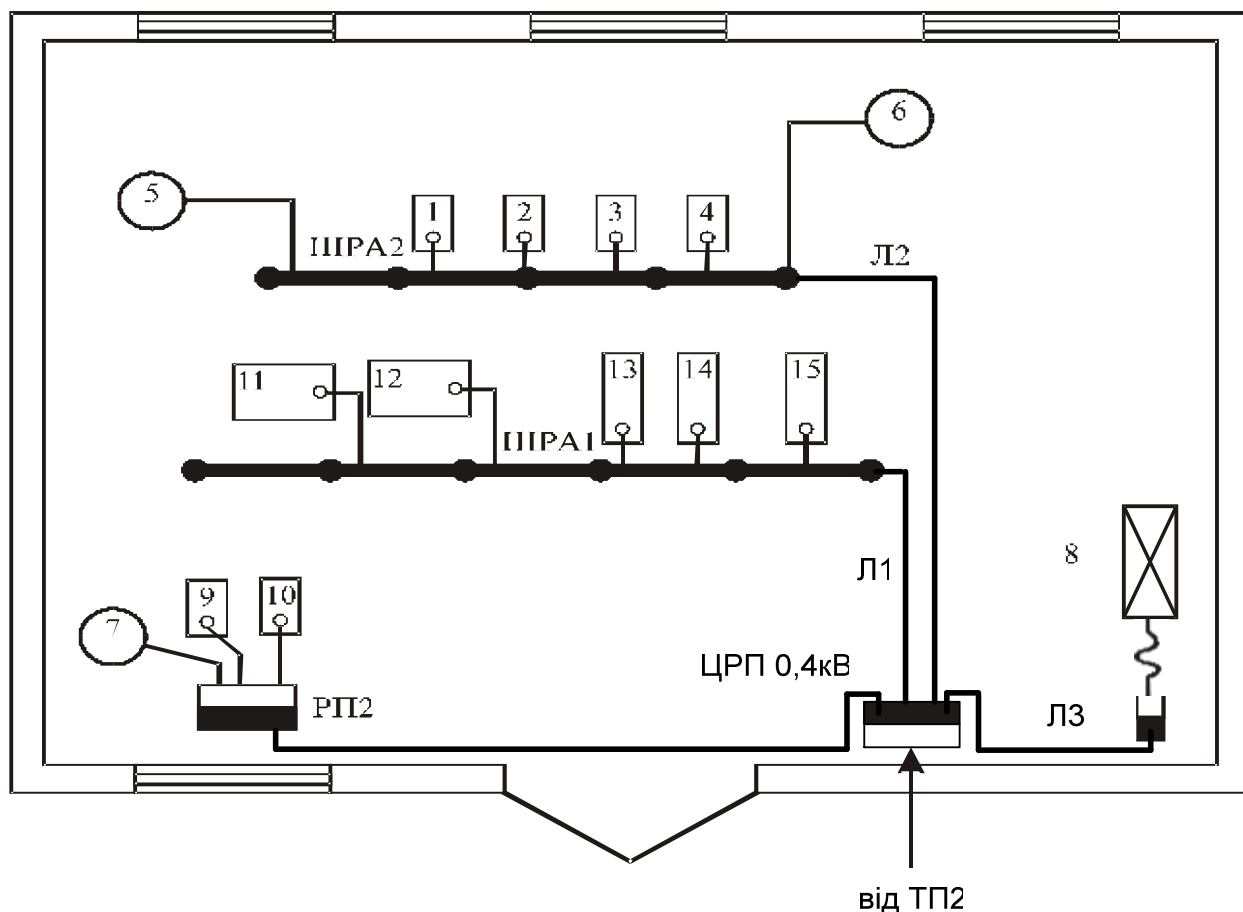





Рисунок 9.2 – План ремонтно-механічного цеху з нанесенням розподільної мережі

Умовні позначення:

-  - розподільний пункт;
-  - шинопровід на опорних конструкціях;
-  - шафа керування.

## 10 Розрахунок навантажень цеху

Порядок виконання розрахунку навантажень цеху такий:

1. Всі ЕП, приєднані до кожного РП, поділяються на дві групи:
  - зі змінним графіком навантаження (гр. А) (коефіцієнт використання  $K_B \leq 0,6$ , електропривод станків);
  - з практично постійним графіком навантаження (гр. Б) ( $K_B > 0,6$ , вентилятори, насоси, компресори і т.д.). Числові значення  $K_B$  приведені в табл. 10.1.
2. Визначаємо встановлену потужність:
  - для електроприймачів з тривалим режимом роботи:

$$P_{BCT} = P_{НОМ}$$

- для електроприймачів з повторно-короткочасним режимом роботи:

$$P_{BCT} = P_{НОМ} \cdot \sqrt{ПВ},$$

де ПВ – паспортна тривалість роботи споживача протягом циклу.

Таблиця 10.1 – Значення коефіцієнтів використання і потужності споживачів

Найменування приймачів	Коефіцієнти	
	Використання, $K_B$	потужності, $\cos \varphi$
Металорізальні верстати дрібносерійного виробництва з нормальним режимом роботи: дрібні токарні, стругальні, довбальні, фрезерні, свердлильні, карусельні та розточувальні	0.12-0.14	0.4-0.5
Те ж, при багатосерійному виробництві	0.16	0.5-0.6
Штампувальні преси, автомати, верстати: револьверні, обдирні, зубофрезерні, великі токарні, стругальні, фрезерні, карусельні і розточувальні	0.17	0.65
Приводи молотів, кувальних машин, волочильних верстатів, очисних барабанів, бігунів і ін.	0.2-0.24	0.65
Переносний електроінструмент	0.06	0.5
Вентилятори і екстаустери	0.6-0.65	0.8
Насоси, компресори, двигуни-генератори	0.7	0.8
Крани, візки при ТВ=25%	0.05	0.5
Те ж, при ТВ=40%	0.1	0.5
Елеватори, транспортери, шнеки, не заблоковані конвеєри	0.4	0.75
Елеватори, транспортери, шнеки, заблоковані конвеєри	0.55	0.75
Зварювальні трансформатори дугового зварювання	0.2	0.4
Однопостові зварювальні двигуни-генератори	0.3	0.6
Багатопостові зварювальні двигуни - генератори	0.5	0.7
Зварювальні машини шовні	0.2-0.5	0.7

Продовження таблиці 10.1

Найменування приймачів	Коефіцієнти	
	використання, $K_v$	потужності, $\cos \varphi$
Те ж, стикові і точкові	0.2-0.25	0.6
Зварювальні дугові автомати	0.35	0.5
Печі опору з автоматичним завантаженням виробів, сушильні шафи, нагрівальні прилади	0.75-0.8	0.95
Печі опору з неавтоматичним завантаженням виробів	0.5	0.95
Індукційні печі низької частоти	0.7	0.35
<i>Сировинний цех виробництва цементу</i>		
Головний привод сировинних млинів	0.72	0.85
Низьковольтне устаткування	0.56	0.75
Шлам-насоси	0.56	0.75
Бовтанки	0.62	0.8
Дробарки	0.54	0.8
Кранові мішалки шламу	0.38	0.5
Екскаватори	0.4	0.7
Транспортери сировини	0.5	0.75
<i>Цех випалу</i>		
Обертові печі без холодильників	0.7	0.8
Те ж, з холодильниками	0.6	0.7
Головні приводи печей	0.7	0.8
Димососи печей	0.7	0.8
Механізми пилозбирання	0.46	0.65
Вентилятори технологічні	0.57	0.75
Транспортери клінкера	0.45	0.7
Холодильники	0.53	0.75
Електрофільтри	0.6	0.85
<i>Цех сухого помолу</i>		
Механізми цементних млинів	0.8	0.85
Головний привод цементних млинів	0.85	0.85-0.9 (випереджальний)
Низьковольтне устаткування цементних млинів	0.48	0.75
Пакувальна	0.4	0.7
Грейферні крани	0.5	0.6
Пневмогвинтові насоси (фулер-насоси)	0.48	0.75
Сушильне відділення	0.6	0.75
Живильники, дозатори	0.6	0.78

Продовження таблиці 10.1

Найменування приймачів	Коефіцієнти	
	використання, $K_B$	потужності, $\cos \varphi$
Вугільні млини	0.7	0.83
Електрокалорифери	0.6	0.88
<i>Загальнозаводські навантаження</i>		
Компресори	0.75	0.85
Водонасоси	0.8	0.8
Вентилятори сантехнічні	0.64	0.75
Електричне освітлення:		
лампи розжарювання	0.85	1.0
лампи люмінесцентні	0.85-0.9	0.95

3. Визначаємо, відповідно, середні величини – активну і реактивну потужності за найбільш навантажену зміну:

$$P_{3M} = K_B \cdot P_{НОМ}; \quad Q_{3M} = P_{3M} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де  $P_{3M}$  - середня активна потужність за зміну, кВт;

$P_H$  - сумарна номінальна встановлена потужність групи електроприймачів, кВт;  $Q_H$  – середня реактивна потужність, кВАр;  $\operatorname{tg} \varphi$  — коефіцієнт реактивної потужності.

4. Розраховуємо величину  $K_B$  для групи ЕП:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{\text{вi}} \cdot P_{НОМi}}{\sum_{i=1}^n P_{НОМi}}.$$

5. Відповідно до табл.10.2, розрахуємо ефективну кількість електроприймачів  $n_e$ . В залежності від величини коефіцієнта використання навантаження  $K_B$ , ефективної кількості електроприймачів  $n_e$ , знаходимо коефіцієнт максимуму активної потужності  $K_M$  (табл.10.3).

6. Розрахункові навантаження визначають за формулами:  
для групи А:

$$P_M = K_M \cdot P_{3M}, \quad Q_M = \begin{cases} 1.1 \cdot Q_{3M}, & \text{якщо } n_e \leq 10 \\ Q_{3M}, & \text{якщо } n_e > 10 \end{cases}$$

для групи Б:

$$P_M = P_{3M}, \quad Q_M = Q_{3M}$$

7. Знаходимо розрахункове повне навантаження:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$$

Таблиця 10.2 – Визначення максимальних електричних навантажень ( $P_M$ ,  $Q_M$ )

Фактична кількість електроприймачів в групі	$m = \frac{P_{\text{МАКС}}}{P_{\text{МИН}}}$	$n_e$	$P_M$	$Q_M$
Три і менше	Не визначаються		$P_M = \Sigma P_{\text{НОМ}}$	Для ЕП тривалого режиму ( $\cos\varphi=0.8$ ), $Q_M = 0.75 \cdot P_M$ і для ЕП ПКР ( $\cos\varphi=0.75$ ) $Q_M = 0.87 \cdot P_M$
Більше трьох	m<=3, n <sub>e</sub> = n При визначенні нехтуємо найменшими ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5% номінальної потужності групи		$P_M = K_M \cdot P_{3M}$	При n <sub>e</sub> <=10 $Q_M = 1.1 \cdot Q_{3M}$ , при n <sub>e</sub> >10 $Q_M = Q_{3M}$
	m>3 (точного визначення m не вимагається)	$n_E = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{НОМ}}}{P_{\text{НОМ МАКС}}}$ , $n_e \leq 4$	$P_M = \Sigma K_3 \cdot P_{\text{НОМ}}$ (допускається приймати K <sub>3</sub> =0.9 для ЕП з тривалим режимом роботи і K <sub>3</sub> =0.75 для ЕП з ПКР)	Для ЕП з тривалим режимом $\cos \varphi = 0.85 \cdot P_M$ $Q_M = 0.75 \cdot P_M$ ; ЕП з ПКР $\cos \varphi = 0.7$ $Q_M = P_M$
		$n_E = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{НОМ}}}{P_{\text{НОМ МАКС}}}$ якщо n <sub>e</sub> >=4 (при n <sub>e</sub> > n приймається рівним n)	$P_M = K_M \cdot P_{3M}$	При n <sub>e</sub> =10 $Q_M = 1.1 \cdot Q_{3M}$ , при n <sub>e</sub> >10 $Q_M = Q_{3M}$
		$n_E = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{НОМ}}}{P_{\text{НОМ МАКС}}}$ якщо n <sub>e</sub> >200	$P_M = P_{3M}$	$Q_M = Q_{CM}$
Якщо більше 75% встановленої потужності розрахункового вузла складають ЕП з практично постійним графіком навантаження (насоси водопостачання, вентилятори, опалювальні та нагрівальні регульовані пристрої і т. д.)			$P_M = P_{3M}$	$Q_M = Q_{3M}$
При наявності в розрахунковому вузлі ЕП зі змінним P <sub>M</sub> і постійними графіками навантажень P <sub>M</sub>			$P_M = P_M' + P_M'' = P_M' + P_{3M}$	$Q_M = Q_M' + Q_{3M}''$

Примітка.  $P_{\text{макс.}}$ ,  $P_{\text{мін.}}$  – величини потужностей, відповідно, найбільш і найменш потужних споживачів.

Таблиця 10.3 - Коефіцієнти максимуму  $K_M$  для різних коефіцієнтів використання  $K_B$  в залежності від  $n_e$ .

$n_e$	Значення $K_M$ при $K_B$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14
5	3,23	2,87	2,42	2,	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,1
7	2,88	2,48	2,1	1,8	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,4	1,3	1,2	1,08
9	2,56	2,2	1,9	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08
10	2,42	2,1	1,84	1,6	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,2	1,13	1,07
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07
18	1,91	1,7	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06
20	1,84	1,65	1,5	1,34	1,24	1,2	1,15	1,11	1,06
25	1,71	1,55	1,4	1,28	1,21	1,17	1,14	1,1	1,06
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,1	1,05
40	1,5	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05
50	1,4	1,3	1,23	1,16	1,14	1,11	1,1	1,08	1,04



Для прикладу розрахуємо, відповідно, середні активну і реактивну потужності за найбільш навантажену зміну для ЕП №11,12,13:

$$P_{3M11} = k_B \cdot P_{HOO11} = 0.14 \cdot 30 = 4.2 \text{ кВт};$$

$$Q_{3M11} = P_{3M11} \cdot \text{tg} \varphi = 4.2 \cdot 0.7 = 2.94 \text{ кВАр}.$$

Для ЕП 14, 15 середню активну і реактивну потужності визначаємо так само:

$$P_{3M14} = k_B \cdot P_{НОМ14} = 0.22 \cdot 24 = 5.28 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{3M14} = P_{3M14} \cdot \text{tg} \varphi = 5.28 \cdot 0.7 = 3.7 \text{ (кВАр)}.$$

Середні активна і реактивна потужності ШРА1, відповідно, дорівнюють:

$$P_{3M}^{III1} = 4.2 + 5.28 = 9.48 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{3M}^{III1} = 2.94 + 3.7 = 6.64 \text{ (кВАр)}.$$

Розрахуємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{НОМi}}{\sum_{i=1}^n P_{НОМi}} = \frac{0.14 \cdot 30 + 0.22 \cdot 24}{30 + 24} = 0.175;$$

$$n_e = \frac{(\sum P_{НОМ})^2}{\sum P_{НОМ}^2} = \frac{(10 + 10 + 10 + 12 + 12)^2}{10^2 + 10^2 + 10^2 + 12^2 + 12^2} = 4.96.$$

В таблиці 10.2 знаходимо  $K_M = 2.8$  і розраховуємо максимальну активну, реактивну і повну потужності:

$$P_M^{III1} = 2.8 \cdot 9.48 = 26.54 \text{ кВт};$$

$$Q_M^{III1} = 1.1 \cdot 6.64 = 7.304 \text{ кВАр};$$

$$S_M = \sqrt{26.54^2 + 7.304^2} = 27.53 \text{ кВА}$$

Розрахунки для інших ліній, розподільних пунктів та цеху загалом проводимо так само і заносимо їх в таблицю 10.4.

Таблиця 10.4 – Розрахунок силового навантаження цехової мережі

Вихідні дані							Розрахункові величини		Ефективне число ЕП $n_e$	Коефіцієнт розрахункового навантаження, $K_m$	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А
За завданням технологів				m	За довідниковими даними		$K_B \cdot P_n$	$K_B \cdot P_n \cdot \text{tg} \varphi$			Активна, кВт $P_M$	Реактивна, квар $Q_M$	Повна, кВА $S_M$	
Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт.	Номінальна потужність, кВт			Коефіцієнт використання, $K_B$	Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi / \text{tg} \varphi$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ШРА1, Гр.А														
11, 12, 13	3	10	30		0.14	0.8/0.7	4.2	2.94						
14, 15	2	12	24		0.22	0.8/0.7	5.28	3.7						
Всього ШРА1	5		54		0.175		9.48	6.64	4.96	2.8	26.54	7.3	27.3	
ШРА2, Гр.А														
1, 2	2	32	64		0.14	0.8/0.7	8.96	6.27						
3, 4	2	25	50		0.25	0.8/0.7	12.5	8.75						
Всього Гр.А	4		114		0.19		1.46	15.02	3.94	2.9	62.23	16.52	64.38	
ШРА2, Гр.Б														
5,6	2	20	40		0.8	0.8/0.7	32	22.4			32	22.4	39.06	
Всього ШРА2	6		154								94.23	38.92	102	
ЛЗ, Гр.А														
8	1	22.1	22.1		0.06	0.4/2.27	1.33	3.02			22.1	50.32	55	
Всього ЛЗ	1		22.1								22.1	50.32	55	

Продовження таблиці 10.4

Вихідні дані							Розрахункові величини		Ефективне число ЕП $n_e$	Коефіцієнт розрахункового навантаження, $K_m$	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, $A$
За завданням технологів				m	За довідниковими даними		$K_B \cdot P_H$	$K_B \cdot P_H \cdot \text{tg}\varphi$			Активна, кВт $P_M$	Реактивна, квар $Q_M$	Повна, кВА $S_M$	
Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт.	Номінальна потужність, кВт			Коефіцієнт використання $K_B$	Коефіцієнт потужності $\cos\varphi/\text{tg}\varphi$								
		Одного ЕП $P_H$	Загальна $P_H = n \cdot P_H$											
РП1, Гр. Б														
7	1	20	20		0.8	0.8/0.7	16	11.2			16	11.2	19.53	
РП1, Гр.А														
9	1	15	15		0.14	0.8/0.7	2.1	1.47			15	10.5	18.31	
10	1	20	20		0.2	0.8/0.7	4	2.8			20	14	24.41	
Всього РП1														
Гр. А	2		35				6.1	4.27			35	24.5	42.7	
Гр. Б	1		20				4	2.8			16	11.2	19.53	
РП2	3		55				10.1	7.07			51	35.7	62.24	
Всього по ЦРП														
Гр. А	12		225.1		0.17		38.37	28.95	8.9	2,19	84,03	63,4	105,26	
Гр. Б	3		60				36	25.2			36	25.2	43.94	
ЦРП	15		285.1				74.37	54.15			120,03	88,6	149,2	

## 11 розрахунок і вибір елементів цехової розподільної мережі

Мережа цеху вибрана в розділі 9 і показана на рис. 9.1.

### Рекомендації щодо вибору елементів цехової мережі

Вибір елементів мережі цеху рекомендується проводити за алгоритмом, показаним на рис. 11.1.

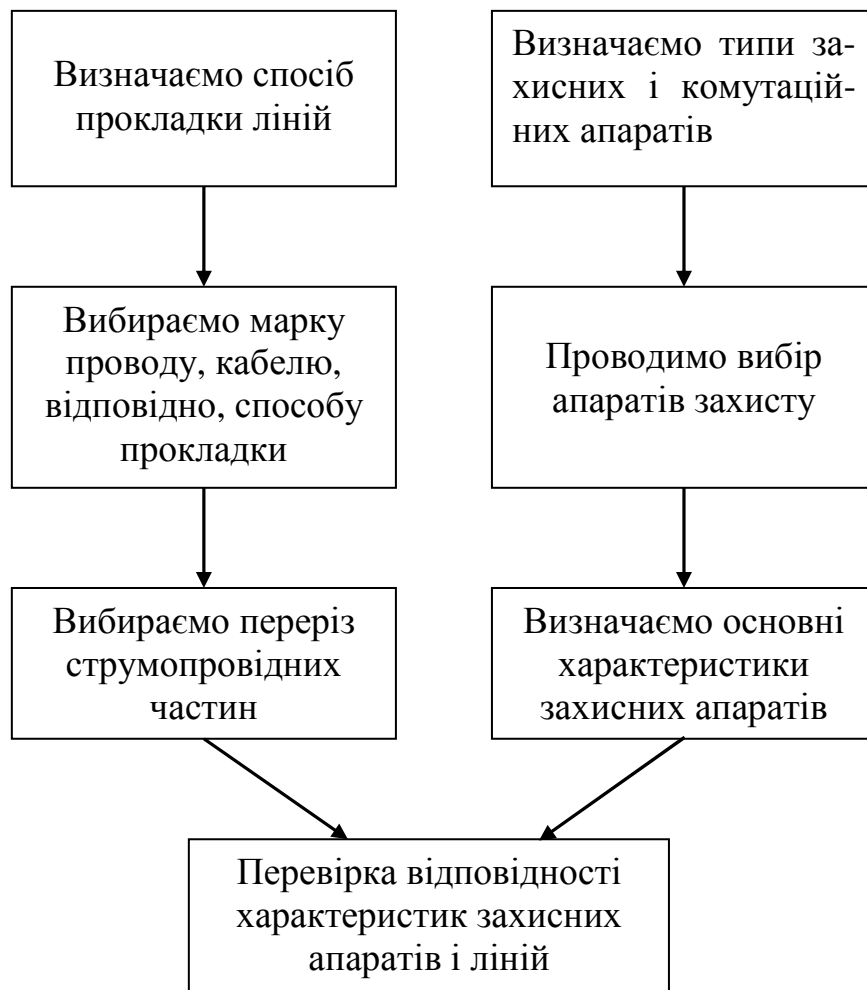


Рисунок 11.1 – Алгоритм вибору елементів мережі цеху

Розподільна мережа цеху виконується кабелями, проводами і шинпроводами. Вибрані перерізи ліній повинні задовольняти ряд вимог, тобто надійно працювати в нормальних і післяаварійних режимах. В табл. 11.1 показані найбільш важливі критерії і дані рекомендації з їх застосування.

Таблиця 11.1 – Критерії вибору елементів мережі

№ п/ п	Критерій вибору перерізу	Вид цехових мереж (1000 В)	
		Силові	Освітлювальні
1.	За нагріванням	розрахунковий	перевірочний
2.	За втратою напруги	перевірочний	розрахунковий
3.	За економічністю густини струму	—	—
4.	За механічною міцністю	—	перевірочний
5.	За термічною стійкістю до дії струмів коротких замикань	—	—
6.	За електродинамічною стійкістю	—	—

### Вибір проводів, кабелів, плавких запобіжників та автоматичних вимикачів

Вибір елементів проводиться, відповідно, до приведених вище рекомендацій в такій послідовності:

- вибираємо спосіб прокладання ліній, марку проводів та кабелів;
- визначаємо переріз проводів і кабелів за допустимим нагріванням;
- визначаємо, до яких з двох груп, відповідно, належить мережа, тобто потрібно її захищати від перенавантаження і струмів короткого замикання чи тільки від струмів короткого замикання;
- підбираємо відповідний захисний апарат;
- перевіряємо чи відповідає вставка захисного апарата допустимому струму лінії.

1. Відповідно до вимог правил влаштування електроустановок, вибираємо такі способи прокладання ліній:

від ТП2 до центрального розподільного пункту 0,4 кв (ЦРП 0,4) – прокладання кабелю в траншеї; від ЦРП 0,4кв до РП2, ШРА1 та ШРА2 – відкрите прокладання кабелю з алюмінієвими жилами марки ААВГ в полівінілхлоридній оболонці по стінах, з кріпленням скобами; від ШРА1 до ЕП (11–15), від ШРА2 до ЕП (11–15), від РП2 до ЕП (7, 9, 10) – всі електроприймачі приєднані алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в трубах, прокладених в підлозі; від РП1 до ЕП8 (шафи керування) прокладений провід АПВ в трубі; від шафи керування до кран-балки - використовується мідний гнучкий кабель КРПО.

2. Площі перерізу проводів вибираються в залежності від допустимої величини навантаження  $I_{\text{доп}}$

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_M}{K_{\text{п}}},$$

де  $K_{\Pi}$  - коефіцієнт, який враховує умови прокладання проводу;  $I_{\text{м}}$  - розрахунковий струм лінії. Струм в лінії від ЦРП 0,4кв до ШРА1 визначається так:

$$I_{\text{м}} = \frac{27,53}{1,73 \bullet 0,38} = 41,8 \text{ A}$$

Відповідно до табл.11.2, вибираємо кабель ААВГ 3\*16+1\*10 з  $I_{\text{доп}}=55 \text{ A}$  ( $55 > 41,8$ ).

Таблиця 11.2 – Допустимий тривалий струм для проводів

Переріз струмо- провідної жили, $\text{мм}^2$	Струм А для проводів, прокладених:					
	відкрито	В одній трубі				
		двох одно- жильних	трьох одно- жиль- них	чоти- рьох одно- жиль- них	Одного дво- жильно- го	одного три- жильно- го
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

Результати аналогічних розрахунків приведені в табл. 11.3.  
За розрахунковими струмами шинопроводів та даними табл. 11.4

$$I_{\text{шра1}} \frac{27,3}{\sqrt{3} * 0,4} = 40,14 \text{ a}; \quad I_{\text{шра2}} = \frac{102}{\sqrt{3} * 0,4} = 150 \text{ a}.$$

вибираємо розподільний шинопровід ШРА 73 з номінальним струмом 250 А.

Таблиця 11.3 – Вибір струмопровідних частин

Лінія	$S_m$ , кВА	$I_m$ , А	$I_{доп}$ , А	$S$ , мм <sup>2</sup>	Марка	Спосіб прокладки
ТП2 – ЦРП 0,4кВ	110,5	168	190	120	ААВГ	в траншеї
ЦРП 0,4 кВ– РП2	69,24	95,6	105	70	—//—	по стінах на скобах
ЦРП0,4 – ШРА1	27,5	42,0	55	16	—//—	—//—
ШРА1 – ЕП 11–13	12,8	19,4	21	4	—//—	в підлозі, в трубі
ШРА1 – ЕП 14, 15	4,6	7,0	16	2,5	—//—	—//—
ЦРП 0,4кВ – ШР2	102	155	165	95	—//—	по стінах на скобах
ШР2 – ЕП 1, 2	40,90	62,0	65	25	—//—	в підлозі, в трубі
ШР2 – ЕП 3, 4	32,0	48,6	55	16	—//—	—//—
ШРА – ЕП 5, 6	25,60	39,0	55	16	—//—	—//—
РПІ – ЛЗ (ЕП 8)	55,0	83,5	105	50	КРПО	тросова проводка
РП2 – ЕП 7	19,5	30,0	38	10	АПВ	—//—
РП2 – ЕП 9	18,3	28,0	29	6	—//—	—//—
РП2 – ЕП 10	24,4	37,5	38	10	—//—	—//—

Таблиця 11.4 – Характеристики розподільних шинопроводів

Тип	Номінальний струм, $I_{ном}$ , А	Динамічна стійкість, кА	Переріз робо- чої шини, мм <sup>2</sup>
Магістральні змінного струму			
ШМА-73,	1600	70	2(90×80)
ШЗМ-16,	2500	70	2(120×10)
ШМА-68Н	4000	100	1(160×12)
Розподільні чотирипровідні			
ШРА-73	250	15	35×5
	400	25	50×5
	630	35	80×5
	100	10	3,5×11
ШРМ-75			

3. На ділянці розподільної мережі (ШРА1,2 – ЕП) необхідно передбачити захист тільки від струмів к.з., тому, що в електрообладнанні станків встановлені теплові реле для захисту від перевантажень.

Для захисту від струмів короткого замикання і можливих технологічних перевантажень всі лінії, які відходять від ЦРП 0,4кв, захищені автоматичними вимикачами, розташованими в силових шафах. Живильні лінії (ЦРП 0,4кв - ШРА1,2; РП2) виконані провідниками з горючою оболонкою і прокладені відкрито, тому для їх захисту потрібно на ЦРП 0,4кв передбачити автоматичні вимикачі.

### Вибір запобіжників

Вибір запобіжників проводимо у відповідності з такими умовами:

$$I_{H.ЗАП} \geq I_M; \quad I_{ВСТ} \geq I_M; \quad I_{ВСТ} \geq \frac{I_n}{\alpha},$$

де  $I_{H.ЗАП}$  — номінальний струм запобіжника;  $I_n = I_M \cdot n$ ,  $n$  — кратність пускового струму двигуна,  $n = 5 \div 7$ ;  $I_{ВСТ}$  — номінальний струм плавкої вставки;  $\alpha$  — коефіцієнт, який враховує умови пуску двигуна;  $\alpha = 1,6$  — для важких умов пуску;  $\alpha = 2,5$  — для легких умов пуску.

Дані запобіжників приведені в табл. 11.5. Для ділянки ШРА-ЕП 6 вибираємо запобіжник марки ПН2-100:

$$I_{H.ЗАП} \geq 39 \text{ А}; \quad I_{ВСТ} \geq 39 \text{ А}; \quad I_{ВСТ} \geq \frac{I_n}{\alpha} = \frac{7 \times 39}{2.5} = 109.2 \text{ А}.$$

Таблиця 11.5 – Характеристики запобіжників

Тип	Номінальна напруга $U_{ном}$ , В	Номінальний струм $I_{ном}$ , А		Межа струму вимкнення, кА (при $U=380\text{В}$ )
		запобіжника	плавкої вставки	
ПНП-60	~500	60	6,10,15,20,25,30,40,60	10
ПН2-100	~380	100	30,40,50,60,80,100	100
ПН2-250		250	80,100,120,150,200,250	100
ПН2-400		400	200,250,300,400	40
ПН2-600		600	300,400,500,600	25

Дані вибраного запобіжника, відповідно, такі:

$$I_{H.ЗАП} = 100 \text{ А}; \quad I_{ВСТ} = 100 \text{ А}; \quad \text{і граничний струм комутації: } I_{ГРАН} = 100 \text{ кА}.$$



Результати розрахунків з вибору запобіжників приведені в табл.11.6.  
Таблиця 11.6 – Результати розрахунків з вибору запобіжників

Ділянка	$I_M, A$	$I_n/\alpha, A$	Технічні дані			
			Тип	$I_{н.з.ап}, A$	$I_{вст}, A$	$I_{гран}, kA$
ШРА2-ЕП 6	39	78	ПН2-100	100	80	100
ШРА2-ЕП 4	48,6	97,2	ПН2-100	100	100	100
ШРА2-ЕП 3	48,6	97,2	ПН2-100	100	100	100
ШРА2-ЕП 2	62	124,2	ПН2-250	250	150	100
ШРА2-ЕП 1	62	124,2	ПН2-250	250	150	100
ШРА2-ЕП 5	39	78	ПН2-100	100	80	100
ШРА1-ЕП 15	7	14	ПН2-100	100	20	100
ШРА1-ЕП 14	7	14	ПН2-100	100	30	100
ШРА1-ЕП 13	19,4	38,8	ПН2-100	100	40	100
ШРА1-ЕП 12	19,4	38,8	ПН2-100	100	40	100
ШРА1-ЕП 11	19,4	38,8	ПН2-100	100	40	100

### Вибір автоматичних вимикачів

При виборі автоматів необхідно перевірити виконання таких умов:

$$I_{нр} \geq \kappa_{від} I_M; \quad I_{СПР.е} \geq \kappa_n I_n$$

де  $I_{СПР.е}$  — струм спрацювання електромагнітного розчеплювача;  $I_{нр}$  — номінальний струм розчеплювача автомата;  $\kappa_{від}$ ,  $\kappa_n$  — коефіцієнти, відповідно, налагодження та надійності (див.табл.11.7);  $I_n$  — максимальне значення струму в лінії.

Таблиця 11.7 – Розрахункові коефіцієнти автоматичних вимикачів

Тип автомата	Розчеплювач		$\kappa_{відс}$	$\kappa_n$
ВА, АЗ700, АП50, АЗ110	Комбінований		1	2,1
ВА, АЗ700, АЗ790	Напівпровідниковий		1,1...1,6	1,5
"Електрон"	напівпро- відниковий	РМТ	1,27	1,6
		МТЗ-1	1	2,2
А В М	Електромагнітний		1,2	1,8
АЗ120 -АЗ140	Комбінований		1	1,9

Для ліній, які живлять групу ЕП, пусковий струм визначається так:

$$I_{лп} = I_{ПУСК}^{\max} + \left( I_M^{\wedge} - K_B \cdot I_H^{\max} \right),$$

де  $I_{ПУСК}^{\max}$ ,  $I_H^{\max}$ ,  $K_B$  — відповідно, пусковий, номінальний струми і коефіцієнт використання найбільш потужного двигуна;  $I_M^{\wedge}$  — сумарний розрахунковий струм лінії.

Вибираємо автомат для ділянки ЦРП-ШРА1

$$I_{нр} \geq 42 \text{ А}; \quad I_{СПР.е} \geq 1.25 \cdot [19.4 \cdot 5 + (42 - 0.14 \cdot 19.4)] = 436.6 \text{ А}.$$

Найбільший пусковий струм в ЕП-13 -19.4\*4,5=87,3А

Технічні характеристики автоматичних вимикачів приведені в додатку А.

Технічні дані вибраного вимикача:

ТИП: АЗ710Б;  $I_{н.р.} = 80 \text{ А}$ ;

$I_{нр} = 50 \text{ А}$ ;  $I_{спр.е} = 630 \text{ А}$ ;

$I_{гран} = 36 \text{ кА}$ ,

Результати розрахунків з вибору автоматів приведено в табл. 11.8.

Таблиця 11.8 – Вибір автоматів

Ділянка	$I_M, \text{ А}$	$I_{ПУСК}^{\max}, \text{ А}$	$K_B$	$I_H^{\max}, \text{ А}$	$1.25 \cdot I_{лп}, \text{ А}$	Технічні дані вимикача				
						$I_{н.р.}, \text{ А}$	$I_{нр}, \text{ А}$	$I_{спр.е}, \text{ А}$	$I_{гран}, \text{ кА}$	Тип
ЦРП-ШР1	42	97	0,14	19,4	437	80	50	630	36	АЗ710Б
ЦРП-ШР 2	155	310	0,14	62	570	160	160	630	36	—//—
ЦРП-ЕП8	83,6	418	0,14	83,6	-	80	80	630	36	—//—
РП2-ЕП 7	30	150	0,14	30	-	40	32	400	18	—//—
РП2-ЕП 9	28	140	0,14	28	-	40	32	400	18	—//—
РП2-ЕП 10	37,5	188	0,14	37,5	-	40	40	400	18	—//—
ЦРП-РП 2	95,6	188	0,2	37,5	345	160	100	400	74	—//—

Відповідно до приведених даних, вибираємо конструктивне виконання РП.

### Перевірка відповідності вставки захисного апарата і допустимого струму ліній

Перевірка відповідності вставки захисного апарата і допустимого

струму ліній проводиться відповідно з вимогами табл. 11.9

Таблиця 11.9 – Умови забезпечення захищеності провідників від перевантажень

Захисний апарат	Мережі, які вимагають захисту від перевантажень		Мережі, які не вимагають захисту від перевантажень (з умови чутливості захисту від КЗ)
	з горючою ізоляцією (полівінілхлоридна, поліетиленова, гума)	з негорючою ізоляцією (паперова, вулканізований поліетилен)	
Запобіжник	$I_{\text{доп}} \geq 1,25I_{\text{н.вст}}$	$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.вст}}$	$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{н.вст}}}{3}$
Вимикачі з комбінованим розчеплювачем	$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.розч}}$	$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.розч}}$	$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.розч}}$
Вимикачі з напівпровідниковим розчеплювачем	$I_{\text{доп}} \geq 1,25I_{\text{н.розч}}$	$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.розч}}$	$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.розч}}$
Для вимикачів тільки з електромагнітним розчеплювачем	$I_{\text{доп}} \geq 1,25I_{\text{с.ем}}$	$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{с.ем}}$	$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{с.ем}}}{4,5}$

Перевіримо, чи виконуються записані умови в табл.11.9 для всіх ліній цеху. Результати розрахунків приведені в табл.11.10.

Таблиця 11.10 – Результати розрахунків для всіх ліній цеху

Лінія	$I_3$ , А	$K_3$	$K_3 \cdot I_3$ , А	$I_{\text{доп}}$ , А	Висновок про виконання умови
ЦРП-РП2	100	1	100	105	умова виконується
ЦРП-ШР1	50	1	50	55	умова виконується
ШР1-ЕП 11-13	40	0,33	13,2	21	умова виконується
ШР1-ЕП 14, 15	30	0,33	9,9	16	умова виконується
ШР2-ЕП 1, 2	150	0,33	49,5	65	умова виконується
ШР2-ЕП 3, 4	100	0,33	33	55	умова виконується
ШР2-ЕП 5, 6	80	1	80	55	умова виконується
ЦРП-ЕП8	80	1	80	105	умова виконується
РП2-ЕП 7	32	1	32	28	умова виконується
РП2-ЕП 9	32	1	32	29	Умова не виконується
РП2-ЕП 10	40	1	40	38	умова виконується



За генпланом знайдемо довжину кабелю  $l_{\text{кб}} = 40$  м і розрахуємо опори: індуктивний  $x_{\text{кб}} = 0,065 \cdot 40 = 2,6$  мОм; активний  $r_{\text{кб}} = 0,549 \cdot 40 = 22$  мОм; опір петлі фази-нуль  $z_{\text{Ф-н}} = 1,59 \cdot 40 = 63,6$  мОм.

Опір інших ділянок розраховується аналогічно, а результати розрахунків приведені в табл. 12.2. При цьому використовуються дані табл.12.3-12.5. Наприклад, за табл.12.3 знаходимо опір трансформатора потужністю 1000кВА з напругою 10 / 0,4 кВ:  $x_T = 8,6$  мОм,  $r_T = 1,7$ мОм.

Значення струму однофазного КЗ в точці К1:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{Z_T^{(1)}/3} = \frac{220}{\left(\sqrt{(8,6^2 + 2,6)1,7^2}\right)/3 + 63,6} \cdot 10^3 = \frac{220}{66,5} \cdot 10^3 = 3,3 \cdot 10^3 \text{ А},$$

в точці К2:

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{66,5 + 1,13 \cdot 10} \cdot 10^3 = \frac{220}{77,8} \cdot 10^3 = 2,83 \cdot 10^3 \text{ А},$$

в точці К3:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{77,8 + 9,88 \cdot 4} \cdot 10^3 = \frac{220}{117,32} = 1,87 \cdot 10^3 \text{ А}.$$

В інших точках розрахунки проводимо аналогічно.

Таблиця 12.2 – Величини опорів ділянок

Назва ділянки	Величини опорів ділянок							
	Активний			Індуктивний			Петлі фаза-нуль	
	Питомий опір, мОм/м	Довжина лінії, м	Опір, мОм	Питомий опір, мОм/м	Довжина лінії, м	Опір, мОм	Питомий опір, мОм/м	Опір мОм
ТП-ЦРП0,4	0,549	40,0	22,0	0,065	40,0	2,6	1,59	63,6
ЦРП0,4-РП2	0,405	10	24,3	0,064	10	3,84	1,13	11,3
РП2-С10	3,84	4	134,4	0,088	4	3,08	9,88	345,8

Відповідно до заданих величин коефіцієнтів чутливості, в табл.12.6 перевіримо автомати АЗ710Б на чутливість до струмів короткого замикання на ділянках:

ЦРП0,4КВ – РП2

$$K_{q2} = \frac{I_{K2}^{(1)}}{I_{cnpA2}} = \frac{2830}{400} = 7.07 > 1.25,$$

де 1.25 – величина коефіцієнта чутливості, відповідно, (табл. 12.6) для ав-  
томата

та РП2 – С10 (електрованна)

$$K_{q3} = \frac{I_{K3}^{(1)}}{I_{cnpA3}} = \frac{1870}{400} = 4,67 > 1.25.$$

Таблиця 12.3 – Опори понижувальних трансформаторів 10(6) 0,4кВ, мОм

З'єднання обмоток	S <sub>ном.т</sub> , кВ·А	U <sub>к</sub> , %	R <sub>т</sub>	X <sub>т</sub>	R <sub>от</sub>	X <sub>от</sub>	Z <sub>от</sub> <sup>!</sup>
У/У <sub>Н</sub>	100	4,5	31,5	65	254	582	779
	160	4,5	16,6	41,7	151	367	486
	250	4,5	9,4	27,2	96,5	235	311
	400	4,5	5,5	17,1	55,6	149	195
	630	5,5	3,1	13,6	30,2	95,8	128
	1000	5,5	1,7	8,6	19,6	60,6	81
	1600	5,5	1	5,4	16,3	50,0	63,5
Д/У <sub>Н</sub>	160	4,5	16,6	41,7	135	16,6	41,7
	250	4,5	9,4	27,2	86,3	9,4	27,2
	400	4,5	5,9	17	54	5,9	17
	630	5,5	3,4	13,5	42	3,4	13,5
	1000	5,5	1,9	8,6	26,4	1,9	8,6
	1600	5,5	1,1	5,4	16,5	1,1	5,4
	2500	5,5	0,64	3,46	10,56	0,64	3,46

U<sub>к</sub> – напруга короткого замикання

Таблиця 12.4 – Питомі опори кабелів з алюмінієвими жилами, мОм/м

Переріз жил, мм <sup>2</sup>	R <sub>пит</sub>	X <sub>пит</sub>	Z <sub>ф-н</sub>
3×4 + 1×2,5	9,610	0,098	24,08
3×6 + 1×4	6,410	0,094	15,43
3×10 + 1×6	3,840	0,088	9,88
3×16 + 1×10	2,400	0,084	5,92
3×25 + 1×16	1,540	0,072	3,70
3×35 + 1×16	1,100	0,068	3,35
3×50 + 1×5	0,769	0,066	2,22
3×70 + 1×5	0,549	0,065	1,59
3×95 + 1×0	0,405	0,064	1,13
3×120+1×0	0,320	0,064	1,05
3×150 + 1×70	0,256	0,063	0,82
3×185 + 1×70	0,208	0,063	0,73

Таблиця 12.5 – Питомі опори шинопроводів, мОм/м

Тип шинопроводу	I <sub>ном.ш</sub> , А	R <sub>ш</sub>	X <sub>ш</sub>	Z <sub>ф-н</sub>
ШМА 68П	4000	0,013	0,015	0,103
-«-	2500	0,02	0,02	0,112
ШМА 73(16)	1600	0,031	0,022	0,160
ШМА4	3200	0,015	0,007	0,053
-«-	2500	0,017	0,008	0,082
-«-	1600	0,03	0,014	0,087
-«-	1250	0,034	0,016	0,086
ШЗМ 16	1600	0,014	0,006	0,07
ШРА73	630	0,1	0,13	0,33
-«-	400	0,15	0,17	0,38
-«-	250	0,21	0,21	0,59
ШРА 4	630	0,1	0,13	-
ШРА 4	400	0,15	0,17	-
-«-	290	0,21	0,21	-

Таблиця 12.6 – Умови перевірки чутливості захисних апаратів до дії струмів КЗ

Захисний апарат	Нормальні приміщення	Вибухонебезпечні приміщення
Запобіжник	$I_{н.вст} \leq \frac{I_{к.мин}^{(1)}}{3}$	$I_{н.вст} \leq \frac{I_{к.мин}^{(2)}}{4}$
Автоматичні вимикачі з тепловим або напівпровідниковим розчеплювачем	$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.мин}^{(1)}}{3}$	$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.мин}^{(1)}}{6}$
Автоматичні вимикачі тільки з електромагнітним розчеплювачем	$I_{с.ем} \leq \begin{cases} I_{к.мин}^{(1)} / 1,4 & \text{при } I_{ном.в} \leq 100 \text{ А,} \\ I_{к.мин}^{(1)} / 1,25 & \text{при } I_{ном.в} > 100 \text{ А} \end{cases}$	

### Література

1. Справочник по проектированию электроснабжения /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др.- М.: Энергоатомиздат, 1990.-576 с.
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию /Под ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987.– Т.1 – 580 с., Т.2 – 591 с.
3. Указания по расчету электрических нагрузок (РТМ 36.18.32.4-92)- М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992.
4. Справочная книга по светотехнике /Под ред. Ю.Г. Айзенберга.- М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
5. Методические указания к выполнению курсового проекта и расчетных работ по курсу “Электроснабжение промышленных предприятий”. Расчет и выбор электрической сети цеха /Сост. М.С. Добжинский, Н.П. Свиридов, А.Д. Демов, В.А. Климчук, В.П. Степурина. – Винница : ВПИ, 1989. – 64 с.
6. Овчаренко А.С., Розинский Д.И. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий. – Киев: Техніка, 1989.– 287 с.
7. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
8. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет /А.С. Овчаренко и др. – Киев: Техніка, 1985. – 185 с.



9. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.
10. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергия, 1980. – 600 с.
11. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
12. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 176 с.
13. ГОСТ 28249-89. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
14. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1973. – 584с.
15. Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий (РТМ 36.18.32.6-92) // Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – М.: Тяжпромэлектро-проект, 1993, №2. – С. 22-53.
16. Рогальский Б.С. Компенсация реактивной мощности. Методы расчета и средства управления. – Киев : УМК ВО, 1990. – 60 с.
17. Внешнее и внутризаводское электроснабжение. Методические указания к выполнению курсового проекта и расчетных работ по курсу “Электроснабжение промышленных предприятий“ / Сост. Б.С. Рогальский, А.Д. Демов, Л.Б. Терешкевич. – Винница : ВПИ. – 1988. – 44 с.
18. Рюденберг Р. Эксплуатационные режимы электроэнергетических систем и установок. – Л.: Энергия, 1981. – 578с.
19. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. – Вінниця: ВДТУ, 2001 – 71 с.

Додаток А

**Технічні дані автоматичних вимикачів напругою до 1000 В**

Таблиця А.1 – Автоматичні вимикачі серії А3700 з тепловими і електромагнітними розчеплювачами

Тип	Номінальний струм вимикача, А	Номінальний струм розчеплювача, А	Струм спрацювання електромагнітного розчеплювача, А	Діюче значення номінального струму вимкнення, кА
А3716 Б	160	32, 25, 20, 16 80, 63, 50, 40 160, 125, 100	630	
	160	63, 50, 40, 32 160, 125, 100, 80	1600	
А3726 Б	250	250, 200, 160	2500	
А3736 Б	400	400, 320, 250	4000	
А3746 Б	630	630, 500, 400	6300	
А3712 Б	80	-	250, 400	35
	160	-	630, 1000, 1600	75
А3722 Б	250	-	800, 1600, 2000, 2500	75
А3732 Б	400	-	1250, 1600, 2500, 3200, 4000	100
А3742 Б	630	-	2000, 4000, 5000, 6300	100

Таблиця А.2 – Автоматичні вимикачі серії А3700 з напівпровідниковими розчеплювачами

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	Струм спрацювання електромагнітного розчеплювача, А	Миттєве значення номінального струму вимкнення, кА
A3714 Б	32 40 80 160	32, 25, 20, 16 40, 32, 25, 20 80, 63, 50, 40 160, 125, 100, 80	1600 1600 1600 1600	14 18 35 75
A3724 Б	160 250	160, 125, 100, 80 250, 200, 160	2500 2500	75 75
A3734 Б	250 400	250, 200, 160 400, 320, 250	4000 4000	100 100
A3744 Б	400 630	400, 320, 250 630, 500, 400	6300 6300	100 100
A3734 С	250 400	250, 200, 160 400, 320, 250	- -	50 50
A3744 С	400 630	400, 320, 250 630, 500, 400	- -	60 60

Таблиця А.3 – Автоматичні вимикачі серії ВА 51 з тепловими і електромагнітними розчеплювачами

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.роз}}$	Діюче значення номінального струму вимкнення, кА
ВА 51-25	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7, 10	
ВА 51-31	100	6,3; 8; 10; 12,5	3, 7,10	
ВА 51-33	160	80, 100, 125, 160	10	
ВА 51-35	250	80, 100, 125, 160, 200, 250	12	
ВА 51-37	400	250, 320, 400	10	
ВА 51-39	630	400, 500, 630	10	

Таблиця А.4 – Автоматичні вимикачі серії ВА 51 Г з тепловим і електромагнітним розчеплювачами для керування і захисту асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.роз}}$	Діюче значення номінального струму вимкнення, кА
ВА 51Г-25	25          100	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5 6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	-         3, 7, 10	6
ВА 51Г-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	3, 7,10	6
ВА 51Г-33	160	80, 100, 125, 160	10	6

**Таблиця А.5** – Автоматичні вимикачі серії ВА 52 з тепловим і електромагнітним розчеплювачами

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.роз}}$	Діюче значення номінального струму вимкнення, кА
ВА 52-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	3, 7, 10	16
ВА 52-33	100	80, 100, 125, 160	10	16
ВА 52-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12	16
ВА 52-37	400	250; 320; 400	10	16
ВА 52-39	630	250; 320; 400; 500; 630	10	16
ВА 52Г-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	14	16
ВА 52Г-33	160	80; 100; 125; 160	14	16

**Таблиця А.6 – Автоматичні вимикачі серії ВА 53, ВА 54 з напівпровідниковим розчеплювачем (неселективні)**

Тип	Номинальний струм вимикача, А	$\frac{I_{нрз}}{I_{номв}}$	$\frac{I_{св}}{I_{нрз}}$	Граничний струм комутаційної здатності, кА
ВА 53-37	400, 250, 160	0,63; 0,8; 1,0	2, 3, 5, 7, 10	47,5
ВА 53-39	630, 400, 250, 160	Те ж	Те ж	55
ВА 53-41	1000	Те ж	2, 3, 5, 7	135
ВА 53-43	1600	Те ж	Те ж	135
ВА 54-37	400, 250, 160	Те ж	2, 3, 5, 7, 10	87
ВА 54-39	630, 500, 400	Те ж	Те ж	100
ВА 54-41	1000	Те ж	2, 3, 5, 7	150

**Таблиця А.7 – Автоматичні вимикачі серії ВА 55, ВА 75 з напівпровідниковим розчеплювачем (селективні)**

Тип	Номинальний струм вимикача, А	$\frac{I_{нрз}}{I_{номв}}$	$\frac{I_{св}}{I_{нрз}}$	Струм спрацювання електромагнітного розчеплювача, А	Граничний струм комутаційної здатності, кА
ВА 55-37	400, 250, 160	0,63; 0,8; 1,0	2, 3, 5, 7, 10	20	32,5
ВА 55-39	630, 400, 250, 160	Те ж	Те ж	25	47, 5
ВА 55-41	1000	Те ж	2, 3, 5, 7	25	55
ВА 55-43	1600	Те ж	Те ж	31	80
ВА 75-45	2500	Те ж	Те ж	36	60
ВА 75-47	2500 4000	Те ж Те ж	2, 3, 5 Те ж	36 45	70 70

Додаток Б

Вихідні дані

Варіант 1

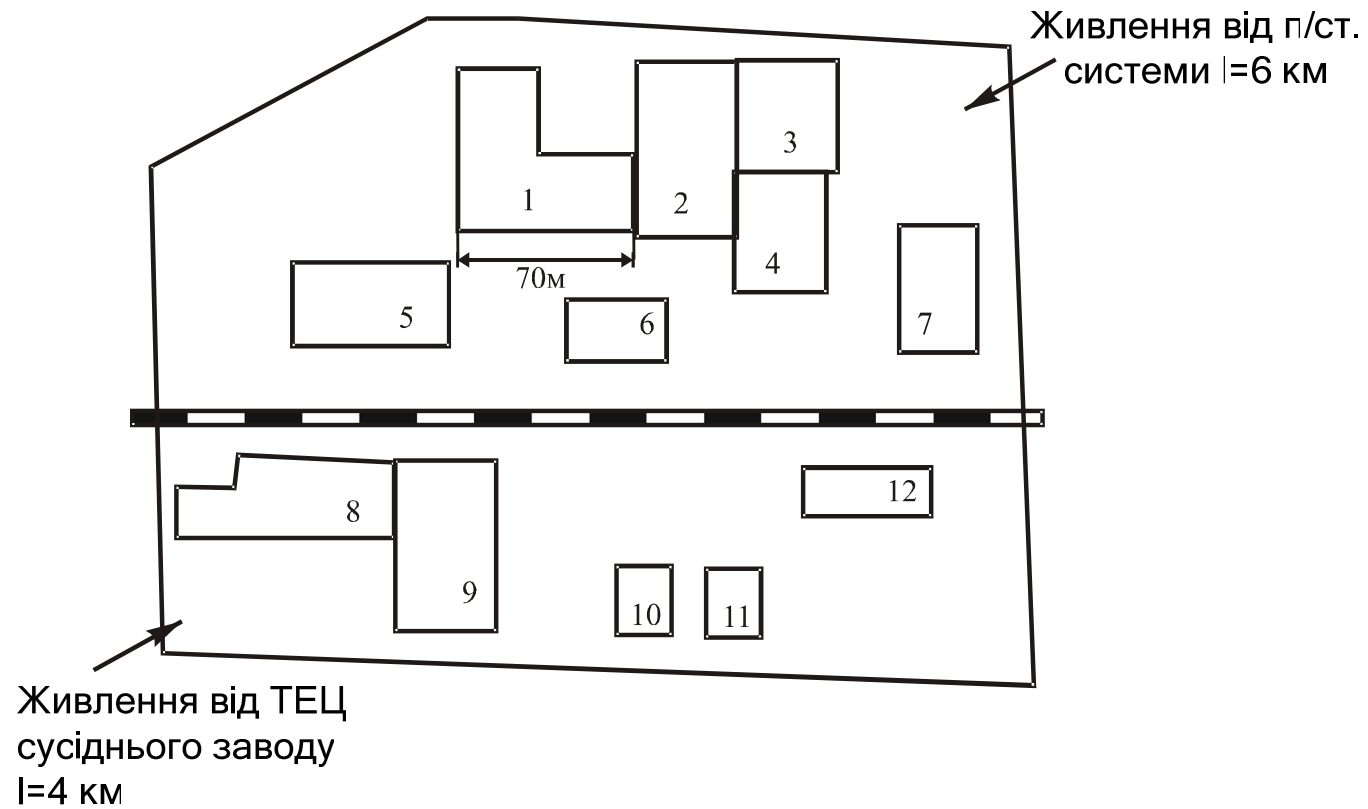


Рисунок Б.1 - Генплан цукрового заводу

Таблиця Б.1-Відомості про електричне навантаження цукрового заводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Сокоочисний	3	1500	—	1600	—	1100	—	2000	—	—	1400
2. Бурякопереробний	3	700	600	900	700	500	800	970	700	850	750
3. Мийний відділ	3	600	800	950	880	700	900	800	720	750	600
4. Продуктовий	3	850	700	660	600	900	1000	800	720	930	680
5. ТЕЦ	3	500	550	400	700	600	650	450	750	920	900
6. Заводоуправління	1	50	60	73	80	55	65	70	45	40	90
7. Склад готової продукції	3	100	150	120	200	90	130	110	140	95	140
8. Склад сировини	3	370	300	280	200	350	300	400	410	250	220
9. Насосний 1	2	2000	1900	2000	500	700	1000	2200	1800	1600	1800
10. Насосний 2	3	200	220	250	300	180	190	210	280	240	230
11. Ремонтно - механічний	3	—	100	—	150	—	130	—	140	180	—



## Варіант 2

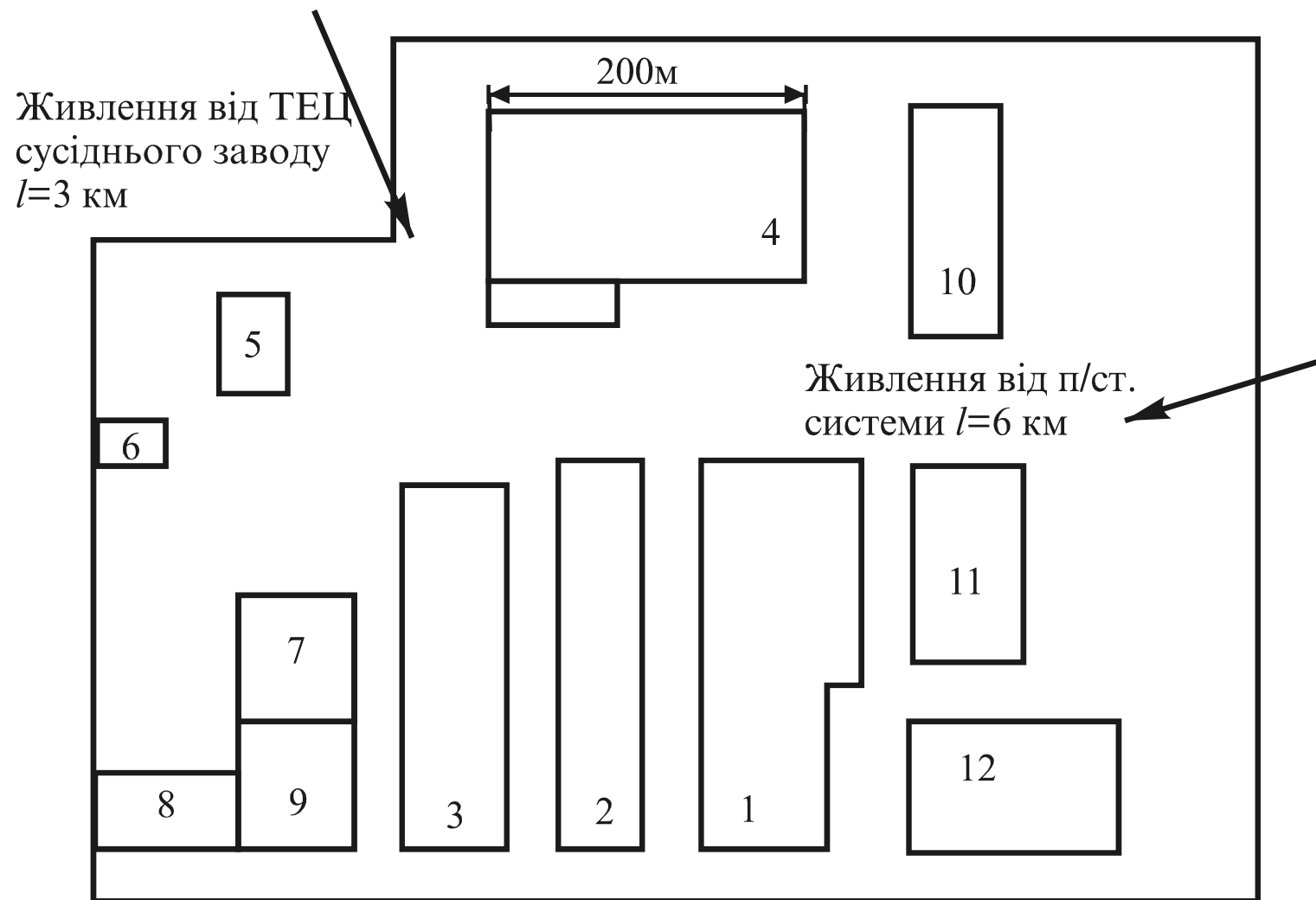


Рисунок Б.2 - Генплан текстильного комбінату

Таблиця Б.2- Відомості про електричні навантаження текстильного комбінату

Назва цеху	<i>Кількість змін</i>	Навантаження по варіантах, кВт									
		<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
1. Прядильний	2	600	500	700	900	400	550	730	650	490	520
2. Ткацький	2	500	400	700	520	450	610	570	520	480	600
3. Фарбувальний	2	800	700	600	590	750	630	680	820	850	750
4. Швейна фабрика	2	630	700	1200	1000	1100	800	750	600	1200	700
5. Ливарний	2	600	500	400	—	450	570	650	—	620	520
6. Котельна	3	200	220	180	190	210	200	300	350	150	170
7. Механічний	2	—	720	680	660	—	570	480	650	—	700
8. Інструментальний	2	1000	—	850	930	710	—	690	580	830	—
9. Деревообробний	2	400	300	—	200	500	550	—	430	380	280
10.Заводоуправління	1	100	95	80	150	110	87	93	120	117	85
11.Гараж	2	100	58	85	83	75	120	110	93	80	78
12.Склад готової продукції	2	50	20	60	70	55	47	45	30	43	62

### Варіант 3

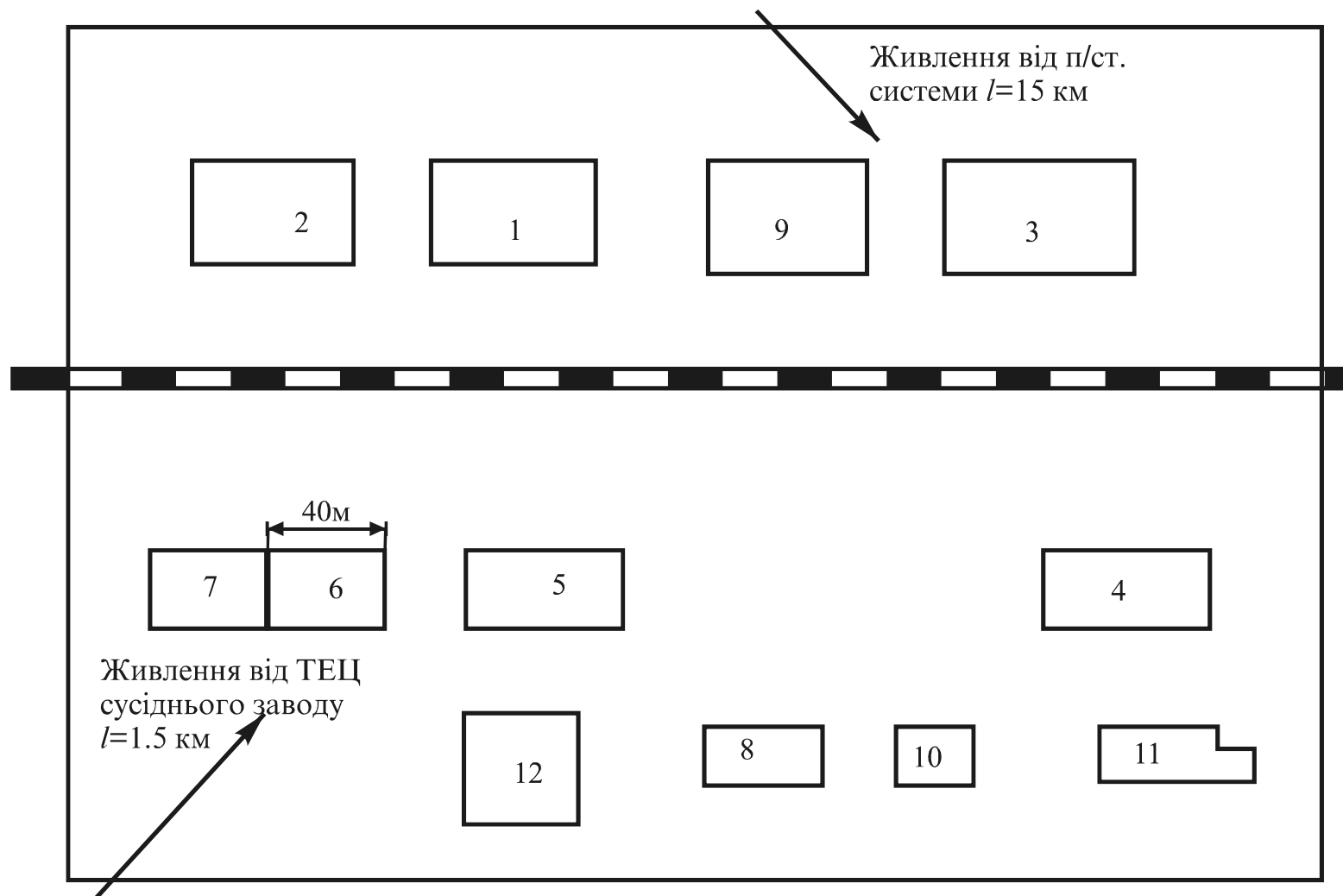


Рисунок Б.3 - Генплан заводу з виробництва запасних частин до тракторів

Таблиця Б.3- Відомості про електричні навантаження заводу з виробництва запасних частин до тракторів

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Механічний	2	900	—	490	740	560	—	590	880	700	490
2. Термічний	2	200	800	600	500	820	360	190	280	560	700
3. Заготівельний	2	250	400	350	280	300	200	210	330	220	280
4. Інструментальний	2	490	700	—	900	500	580	—	700	900	—
5. Ковальський	2	480	620	800	—	780	920	900	—	800	950
6. Котельна	3	600	700	650	500	900	800	650	620	580	550
7. Електроцех	2	360	400	250	280	200	390	300	200	270	370
8. Експериментальний	2	370	270	200	300	390	200	280	250	400	360
9. Компресорна 10 кВ	3	800	900	1000	1300	1100	700	950	1500	2000	1300
10. Насосна	3	600	900	290	800	380	700	590	290	660	900
11. Лабораторія	2	150	200	230	250	180	160	170	210	280	320
12. Ремонтно-механічний	2	—	400	840	—	820	—	790	970	590	580

Варіант 4

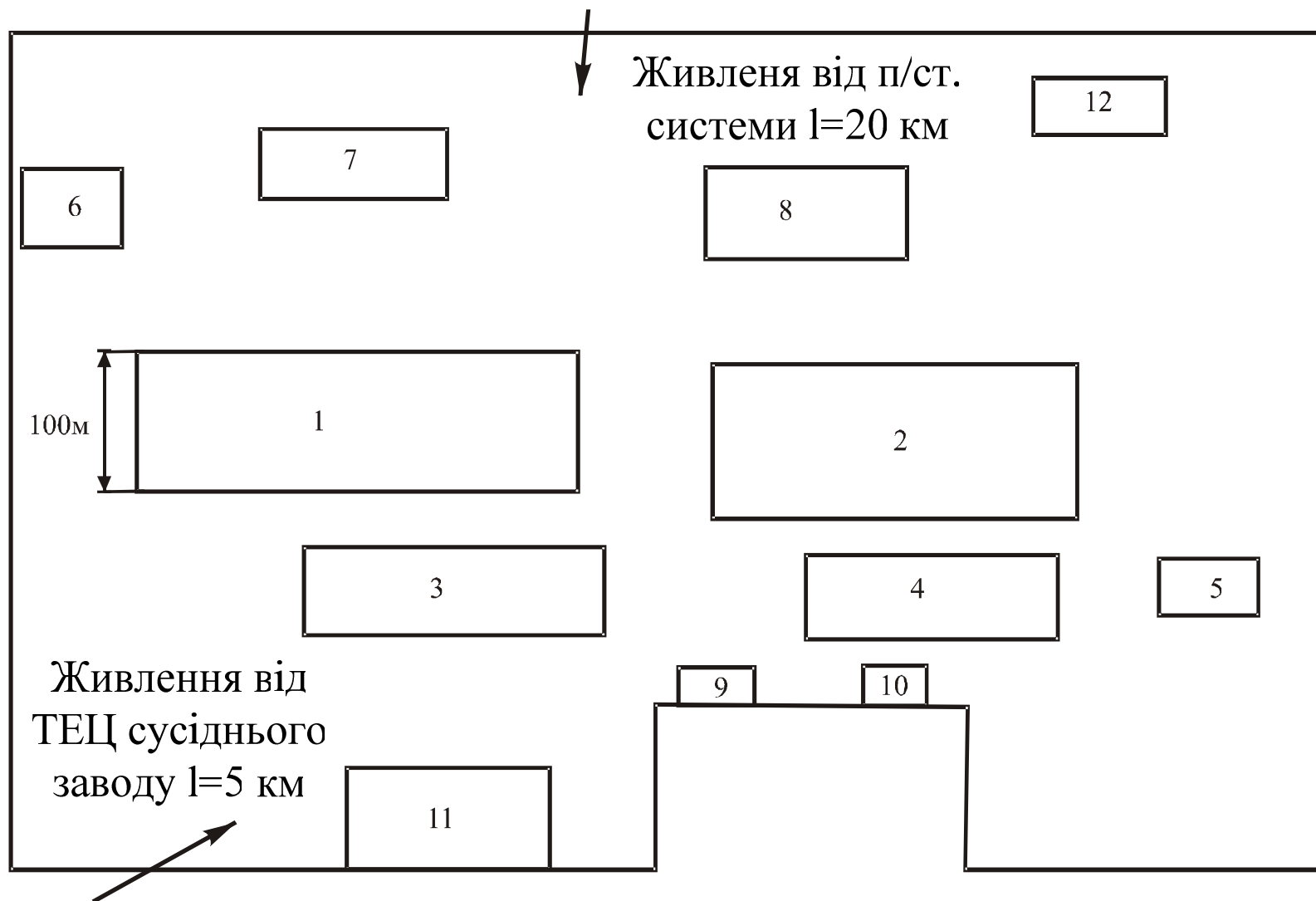


Рисунок Б.4 - Генплан автозаводу

Таблиця Б.4- Відомості про електричні навантаження автозаводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Головний конвеєр	3	900	890	800	390	700	650	690	700	950	850
2.Моторний	2	400	500	700	590	390	420	720	690	990	350
3.Кузовний	2	700	900	600	390	490	250	280	680	590	800
4.Інструментальний	2	700	600	—	500	400	800	300	200	450	—
5.Ремонтно-механічний	2	400	300	250	—	500	450	370	430	—	350
6.Деревообробний	2	280	290	360	450	—	470	510	—	690	380
7.Ливарний	3	800	—	790	580	620	—	480	900	700	820
8.Ковальський	2	—	700	800	1300	1250	1100	—	870	900	830
9.Заводоуправління	1	120	110	120	140	130	125	137	145	135	115
10.Лабораторія	1	100	97	112	125	85	118	90	80	80	85
11.Столова	2	500	530	470	450	510	400	480	510	520	500
12.Компресорна 10 кВ	3	880	800	750	830	700	740	600	650	710	820

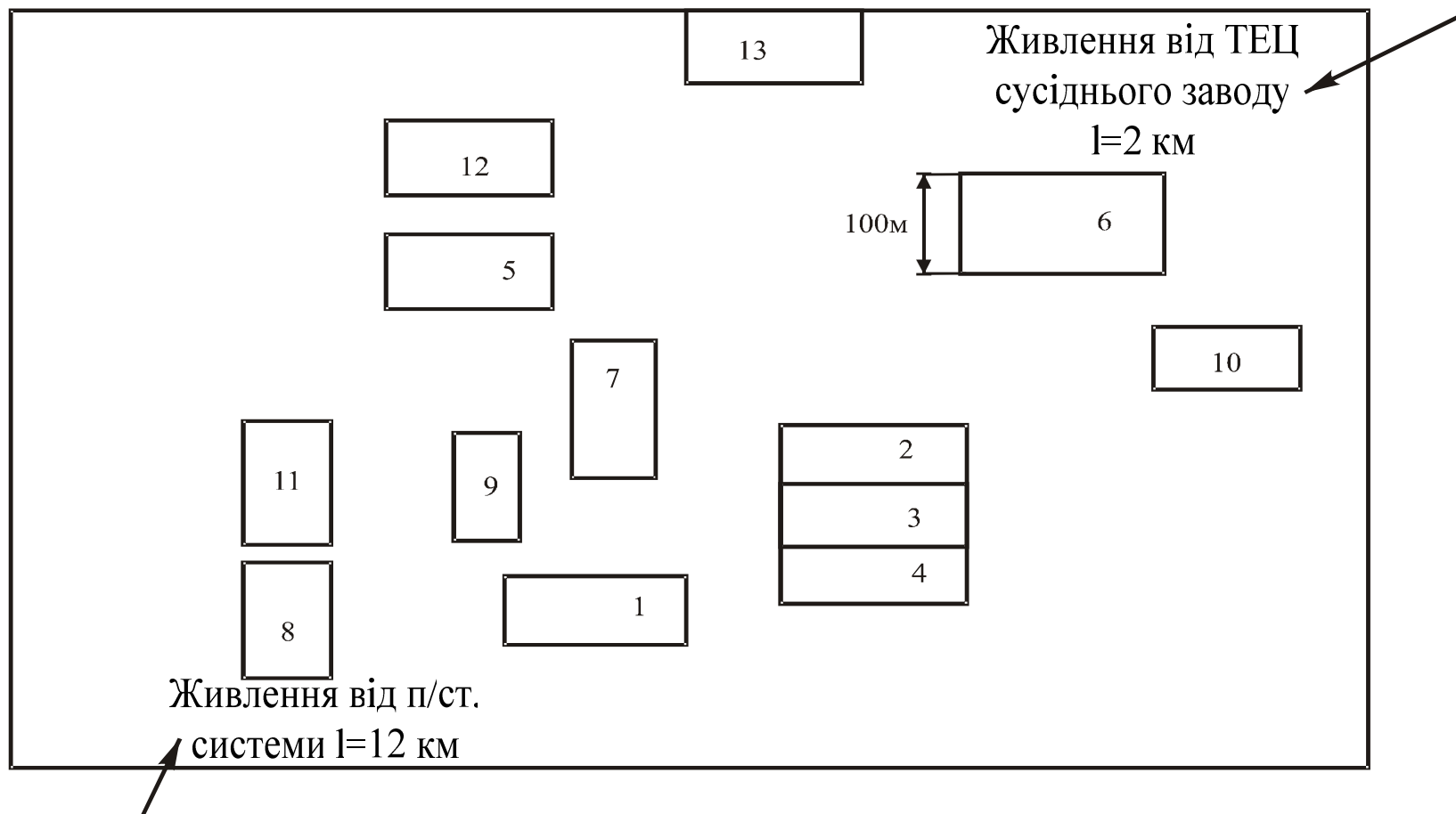


Рисунок Б.5 - Генплан заводу середнього машинобудування

Таблиця Б.5-Відомості про електричні навантаження заводу середнього машинобудування

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Ливарний	3	1000	700	590	750	690	900	850	930	660	880
2. Механічний	2	—	900	800	900	—	580	850	—	700	880
3. Інструментальний	2	350	400	700	—	800	500	900	700	—	600
4. Штампувальний	2	520	400	670	900	500	700	1000	800	600	950
5. Деревообробний	2	280	—	170	150	300	—	200	250	210	—
6. Збиральний	2	200	250	400	300	200	360	500	400	500	300
7. Ковальський	2	760	900	—	1200	800	1100	—	950	1000	830
8. Експериментальний	2	380	280	400	420	250	300	350	410	300	200
9. Компресорна 10 кВ	3	1500	1100	1000	1200	1000	1300	800	700	900	1000
10. Насосна	3	800	900	480	700	920	950	560	600	800	850
11. Лабораторія	2	150	200	220	170	160	210	160	90	130	120
12. Ремонтно-механічний	2	180	250	200	230	190	160	300	240	200	160
13. Заводоуправління	1	100	60	54	65	33	70	40	55	30	35



Варіант 6

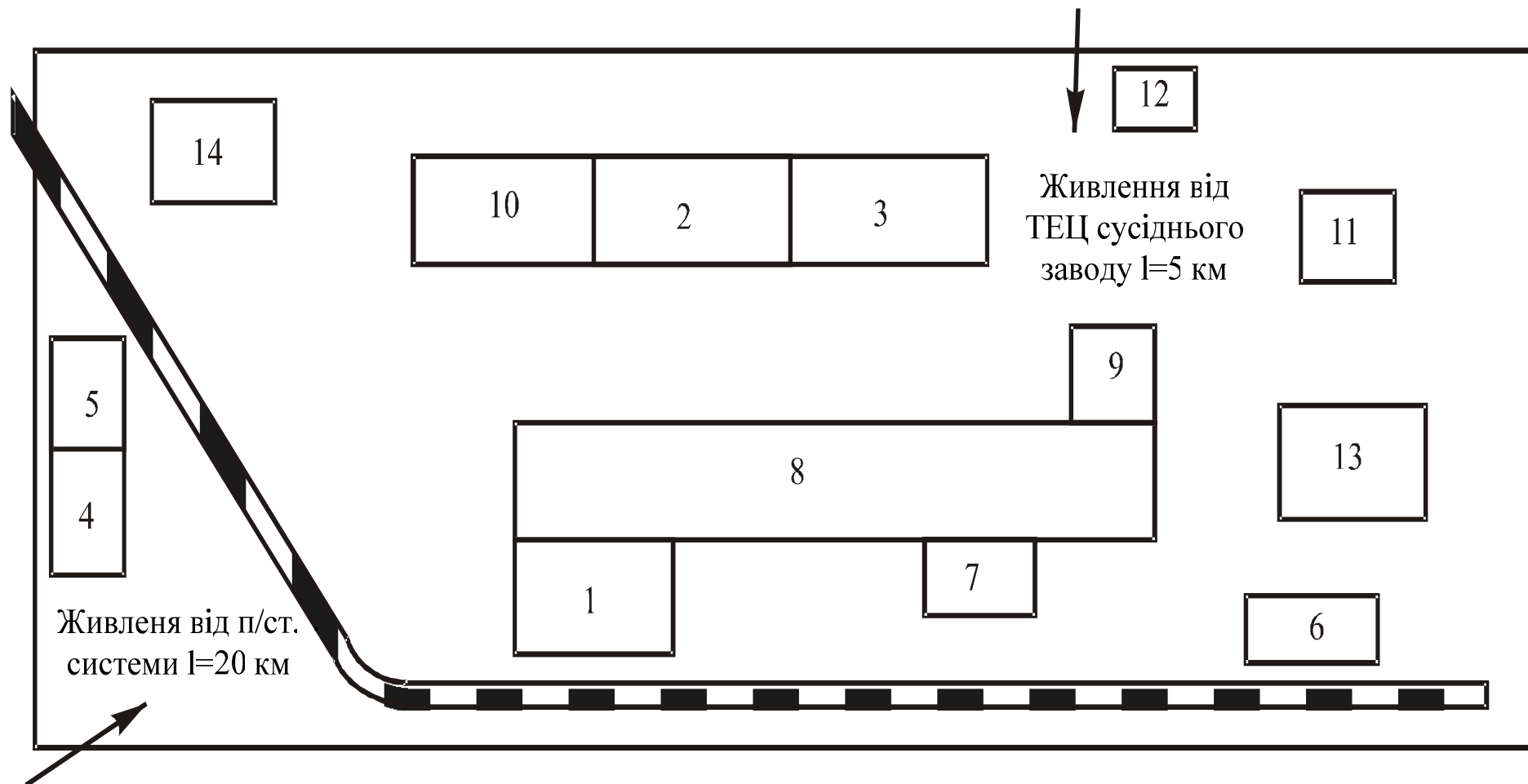


Рисунок Б.6 - Генплан цементного заводу

Таблиця Б.6- Відомості про електричні навантаження цементного заводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Дільниця сировинних млинів 0,38 кВ	3	1180	1400	1600	2100	1500	2500	2700	1000	2400	2000
2. Те ж 10,5 кВ	3	6400	7000	5050	9000	7100	6500	5400	8100	8400	6200
3. Пічна дільниця 0,38 кВ	3	1300	1200	1700	1600	2500	1500	1650	1200	1100	900
4. Те ж 10,5 кВ	3	1200	1600	2200	2400	3100	3050	1500	1200	1400	840
5. 3. Вугільна дільниця 0,38 кВ	3	200	300	150	250	440	400	520	210	340	230
6. Те ж 10,5 кВ	3	1500	2100	2500	1100	1400	2000	1200	1400	920	2100
7. Дільниця первинного подрібнення	3	320	250	480	150	120	140	180	210	150	450
8. Дільниця вторинного подрібнення	3	1600	2200	1400	1100	3100	1250	600	750	1400	1100
9. Компресорна 10,5 кВ	3	4200	6600	6200	4000	2100	1400	5000	5200	4000	5100
10.Цех цементних млинів	3	3600	3000	2200	3200	2500	1400	1000	1700	820	750
11.Об'єднаний склад	3	862	400	520	640	350	210	340	500	420	180
12.Механічний	3	200	—	400	—	700	—	500	—	310	—
13.Дільниця електрофільтрації	3	2400	1200	1400	1700	1500	2100	3200	1100	2200	2000
14.Каналізаційна насосна	3	20	40	70	80	45	34	25	47	96	100
15.Насосна	3	1200	1400	900	1200	1900	1200	1500	1700	1700	840
16.Ремонтно-механічний	3		210	—	400	—	340	—	460	—	500
17.Приймання вугілля	3	300	120	140	350	520	400	720	180	440	280

Варіант 7

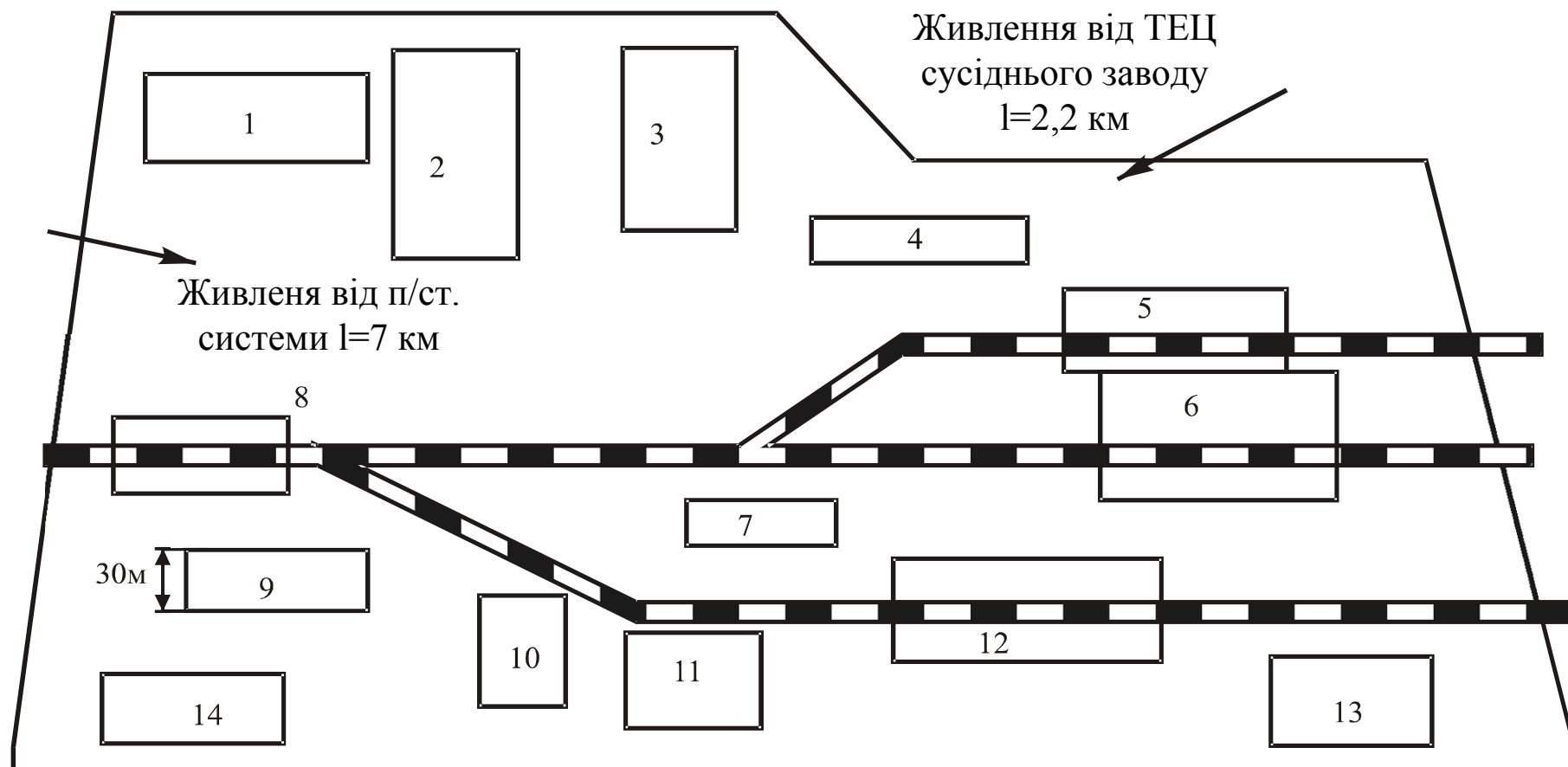


Рисунок Б.7 - Генплан вагоноремонтного заводу

Таблиця Б.7-Відомості про електричні навантаження вагоноремонтного заводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Пилорама	1	40	40	40	60	40	80	40	80	80	60
2. Ливарний	2	—	1000	1500	1200	1100	740	700	800	—	1400
3. Ковальський	2	600	—	400	700	250	1100	300	500	1000	—
4. Склад	1	20	30	10	40	20	50	40	30	20	15
5. Піднімальний	2	100	150	200	100	110	150	170	110	170	300
6. Колесний	2	1200	2700	2100	1500	1100	1300	2000	2100	2300	1100
7. Інструментальний	2	470	630	—	520	430	500	800	—	900	740
8. Фарбувальний	2	400	20	25	40	30	15	20	25	35	40
9. Деревообробний	2	330	410	520	—	670	450	—	370	200	240
10. Котельня	3	60	30	40	50	70	30	40	60	45	50
11. Компресорний 6 кВ	2	3000	270	400	450	410	280	320	330	600	700
12. Зварювальний ПВ 25%	2	150	120	170	240	170	150	230	250	400	270
13. Механічний	2	620	770	810	640	—	—	500	400	360	710
14. Заготівельний	1	100	110	120	175	170	180	150	110	200	160

## Варіант 8

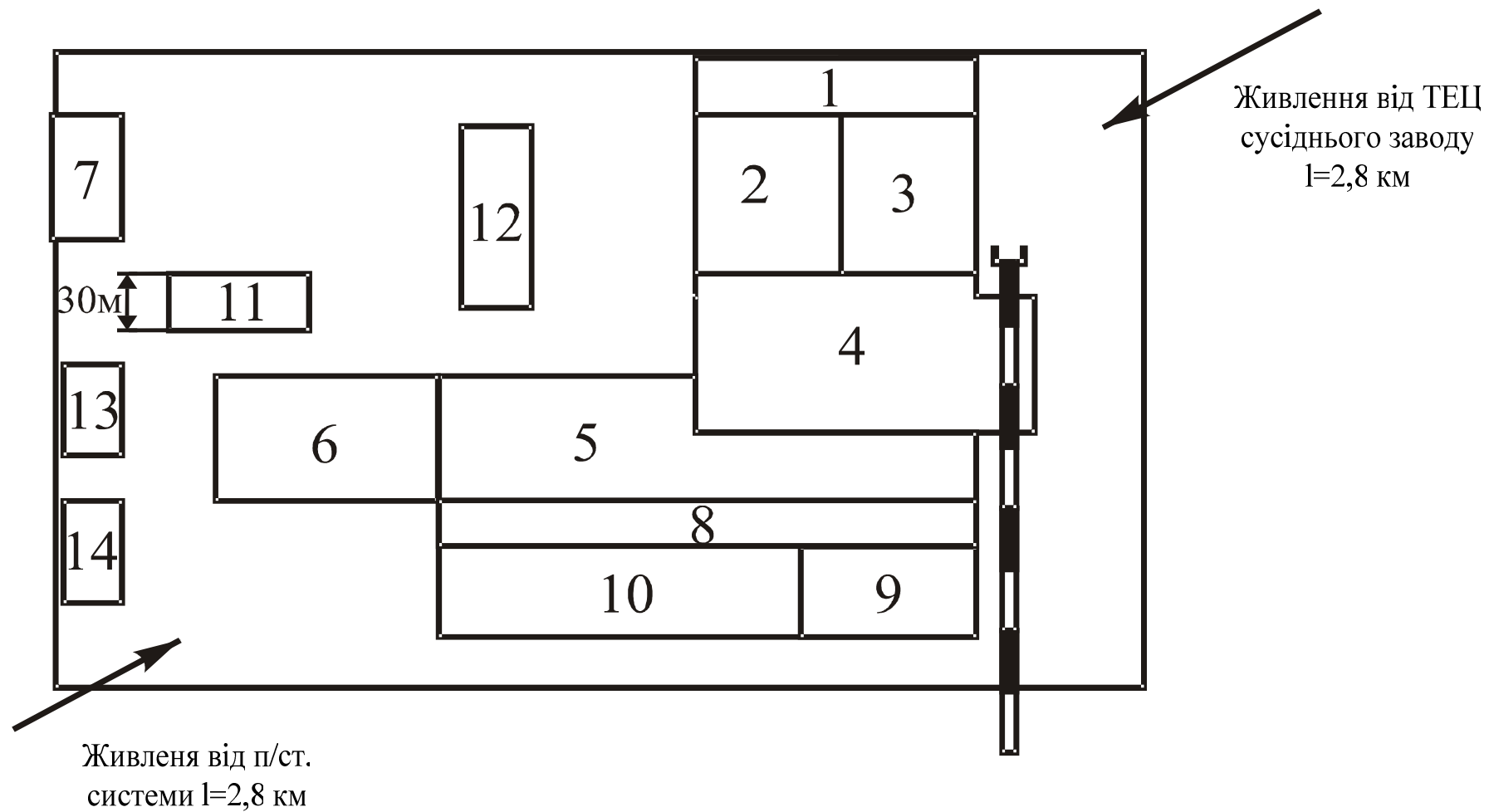


Рисунок Б.8 - Генплан інструментального заводу

Таблиця Б.8 - Відомості про електричні навантаження інструментального заводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Термічна дільниця I	2	780	900	800	860	500	560	880	790	700	460
2. Заготівельна дільниця	2	800	700	400	1000	500	900	450	830	1100	600
3. Свердлильний	2	600	800	660	480	900	700	560	770	800	590
4. Цех плашок	2	800	900	500	400	1000	700	600	750	680	390
5. Цех мітчиків	2	880	290	400	390	400	500	360	950	800	700
6. Деревообробний	2	—	140	250	—	200	170	—	160	220	—
7. Ремонтно-механічний	2	280	—	190	250	—	600	520	—	400	220
8. Термічна дільниця II	2	800	700	490	600	570	390	580	990	780	890
9. Випробувальна станція	1	160	120	180	140	100	90	150	130	80	110
10. Ковальський	2	580	700	—	800	900	—	1100	600	—	800
11. Склад	2	200	180	120	150	140	130	190	170	130	120
12. Заводоуправління	1	250	300	320	240	280	260	270	190	340	380
13. Насосна	3	400	300	450	270	280	420	330	370	410	250
14. Компресорна 10кВ	3	1200	2500	1000	1600	900	1100	1300	2000	2800	1400

## Варіант 9

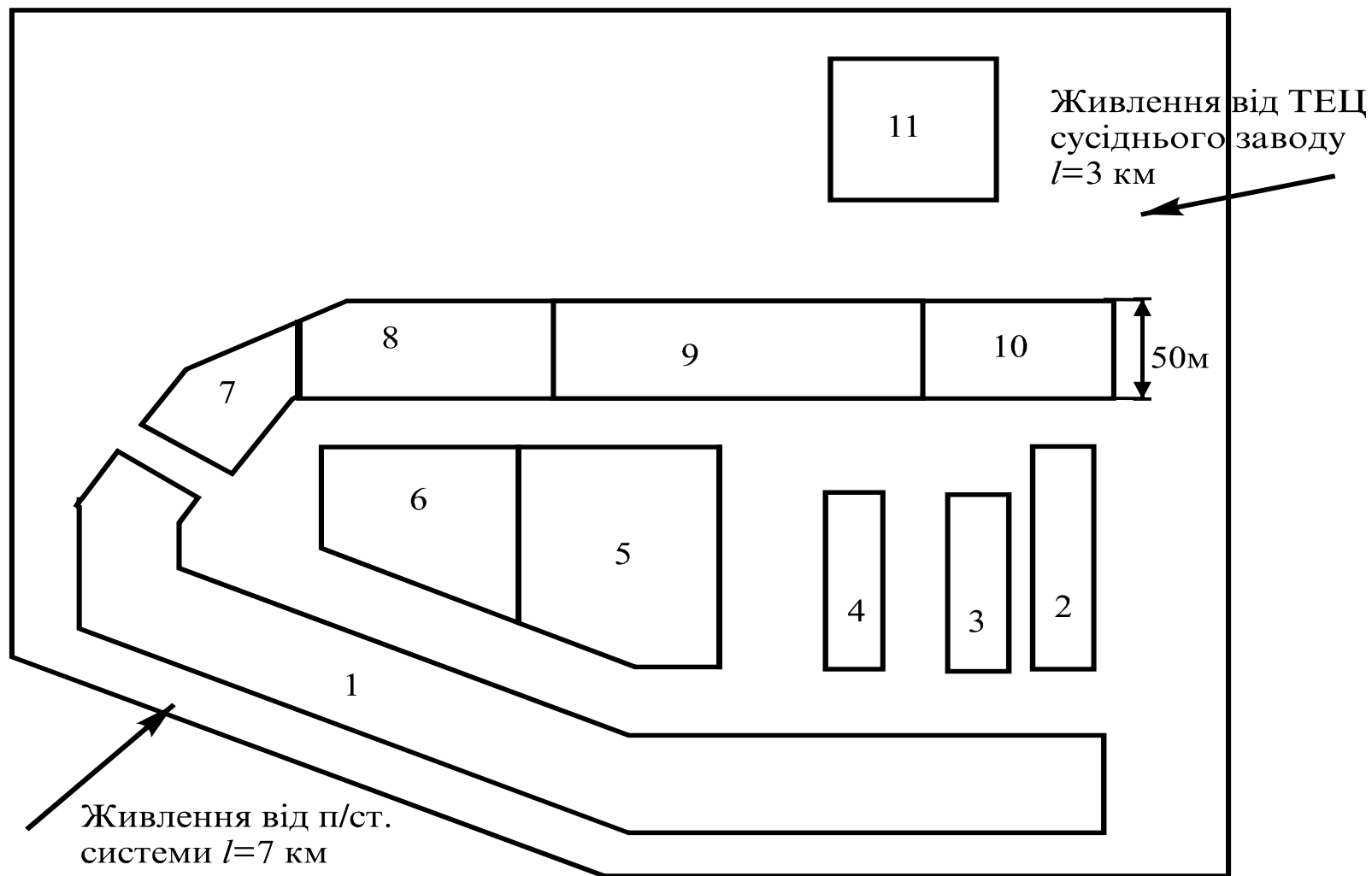


Рисунок Б.9 - Генплан електротехнічного заводу

Таблиця Б.9- Відомості про електричні навантаження електротехнічного заводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Головний корпус	3	900	980	800	700	990	380	500	480	800	900
2. Заводоуправління	1	60	75	50	90	105	75	100	75	105	110
3. Механічний	2	500	600	-	720	-	750	520	900	950	—
4. Інструментальний	2	1200	—	700	1000	600	—	1100	1200	1000	400
5. Обмотковий	2	490	420	340	700	650	520	330	300	750	850
6. Лабораторія	2	70	100	110	60	80	150	120	90	105	140
7. Ковальський	2	700	900	600	400	500	1000	-	800	-	500
8. Штампувальний	2	1000	1100	1500	1000	1200	1300	800	1400	1000	1200
9. Збірний	2	500	700	490	900	800	960	790	500	780	990
10. Ливарний	2	-	800	600	-	900	500	700	-	400	900
11. Компресорна 10 кВ	3	400	500	300	600	570	430	650	480	700	500



## Варіант 10

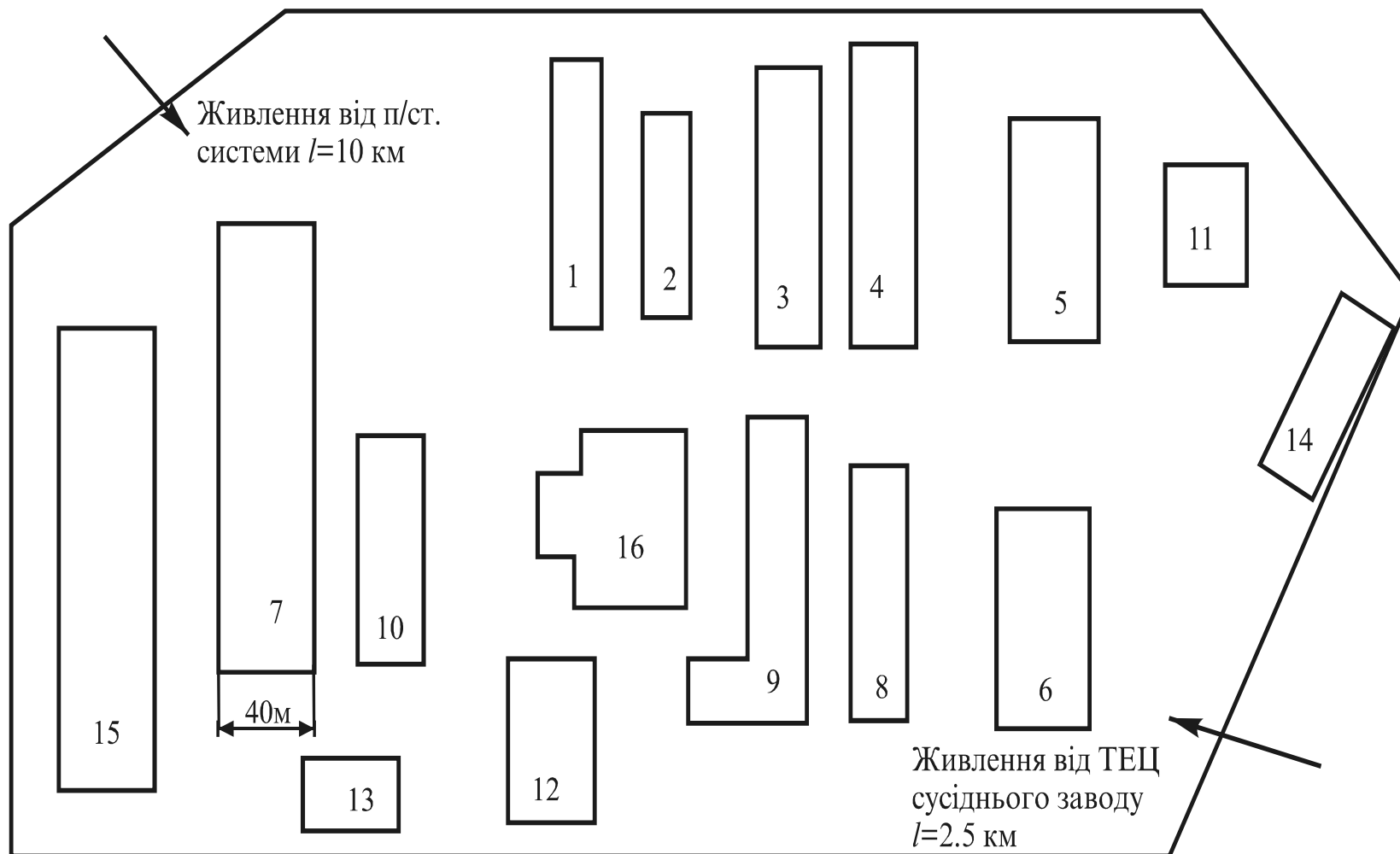


Рисунок Б.10 - Генплан хімкомбінату

Таблиця Б.10- Відомості про електричні навантаження хімкомбінату

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Сірково-кислотно-кислотний відділ	3	910	850	780	900	680	840	800	960	750	700
2. Пічний відділ №1	3	660	600	700	720	580	500	480	800	820	680
3. Кислотний відділ	3	500	800	600	660	580	630	700	900	780	580
4. Склад апатиту	3	260	280	320	400	200	620	470	300	440	420
5. Операційний відділ	3	200	1000	400	440	800	700	300	320	850	600
6. Склад готової продукції	3	500	600	380	290	620	400	450	570	420	350
7. Цех фторосолей	3	900	800	600	1000	700	680	850	980	750	1100
8. Кувальний	2		700	660		400	500		800	600	
9. Пічний відділ №2	3	600	-	500	400	-	660	300	-	200	350
10.Цех тукоsumішів	3	500	280	440	750	300	240	580	440	600	200
11.Ремонтно-механічний	2	300	580	-	600	220	-	500	420	-	510
12.Цех суперфосфатів	3	800	900	500	700	600	860	700	860	260	550
13.Компресорна 10 кВ	3	2500	2800	1700	1400	2100	2000	1800	1900	1740	1600
14.Компресорна 0,38 кВ	3	250	300	220	200	190	180	260	310	170	160
15.Заводоуправління	1	500	450	480	440	290	550	470	400	600	370
16.Цех СМЗ	3	800	700	760	850	690	800	900	960	900	500
17.Котельня	3	500	290	900	730	440	600	400	390	380	700

# Варіант 11

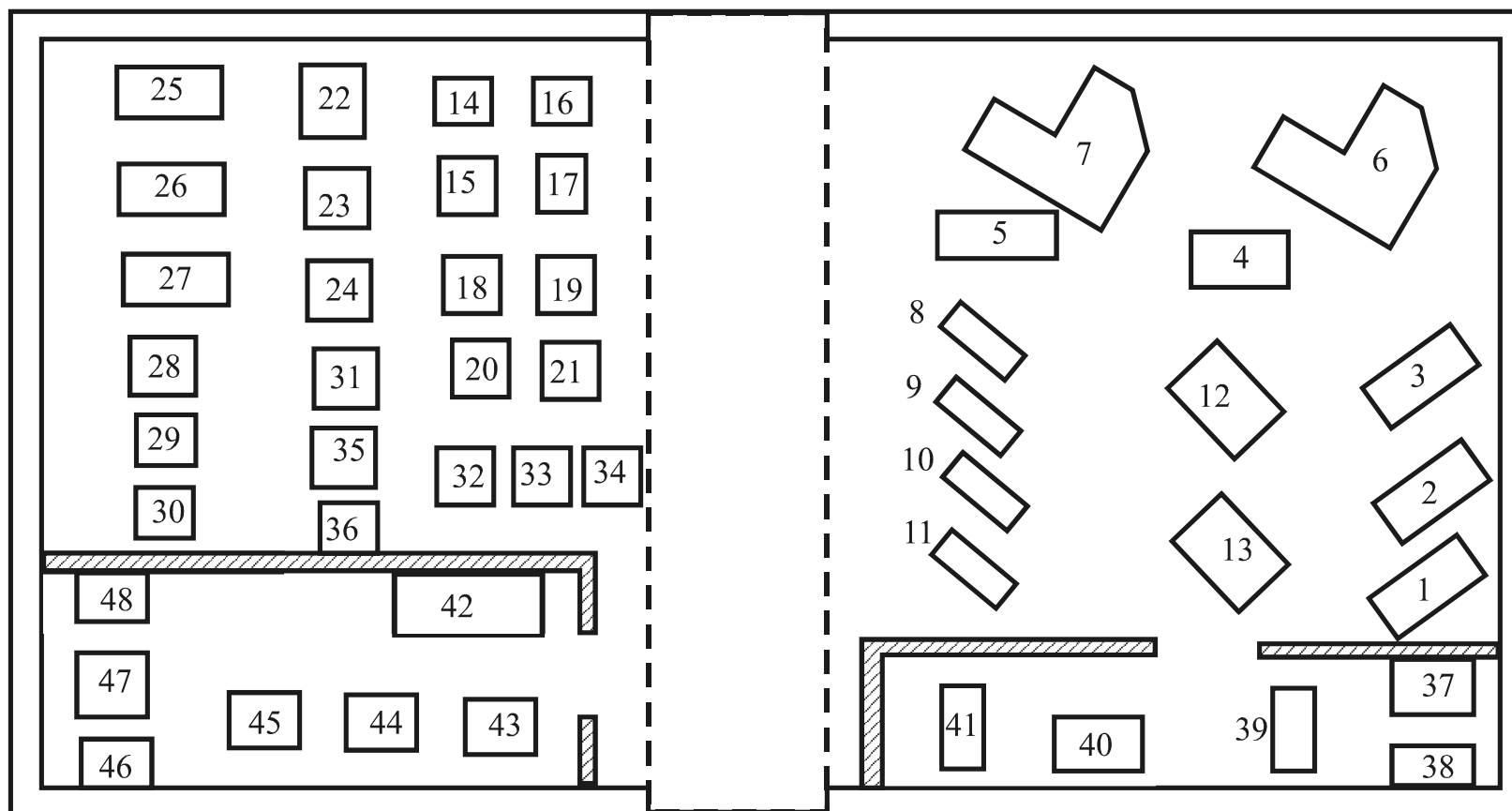


Рисунок Б.11 - План механічного цеху

Таблиця Б.11-Відомості про електричне навантаження цеху

№ на плані	<b>МЕХАНІЧНИЙ</b>	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-3	Вертикально-фрезерувальний верстат	3	4	7	5	8	10	4	6	3	9
4-5	Фрезерувальний верстат з ЧПК	12	14	0	6	20	17	15	18	12	22
6, 7	Універсально-фрезерувальний верстат	9	10	12	8	11	12	7	8	16	14
8-11	Токарно-револьверний верстат	2	4	5	3	6	4	7	5	2	9
12, 13	Токарно-гвинтонарізувальний верстат	10	14	15	8	12	17	20	18	13	11
14-21	Настільно-свердлильний верстат	2	3	1, 5	4	6	2, 2	6	3	5	4
22-24	Різьбонарізувальний напівавтомат	0,	5 1	2	3	2, 2	3	4	1	1,	2 3
25, 26	Зоточувальний верстат	4	2	3	7	5	9	10	6	1	7
27	Листозагинальна машина	15	18	12	0	22	19	21	17	16	14
28-31	Точильно-шліфувальний верстат	3	2	6	1	7	5	4	8	9	11
32-34	Вертикально-свердлильний верстат	2	5	1	7	3	9	8	4	1	6
35, 36	Радіально-свердлильний верстат	3	8	10	11	9	6	7	12	5	4
37, 38	Універсально-заточувальний верстат	1	4	2	7	10	7	5	3	11	8
39	Плоскошліфувальний верстат	10	11	14	16	19	13	15	17	18	12
40, 41	Полірувальний верстат	8	9	7	4	5	10	6	2	11	3
42	Зварювальна машина	5	8	1 6	10	9	7	4	11	4	9
43-48	Зварювальна кабіна	4	7	15	6	8	9	7	4	6	5

Варіант 12

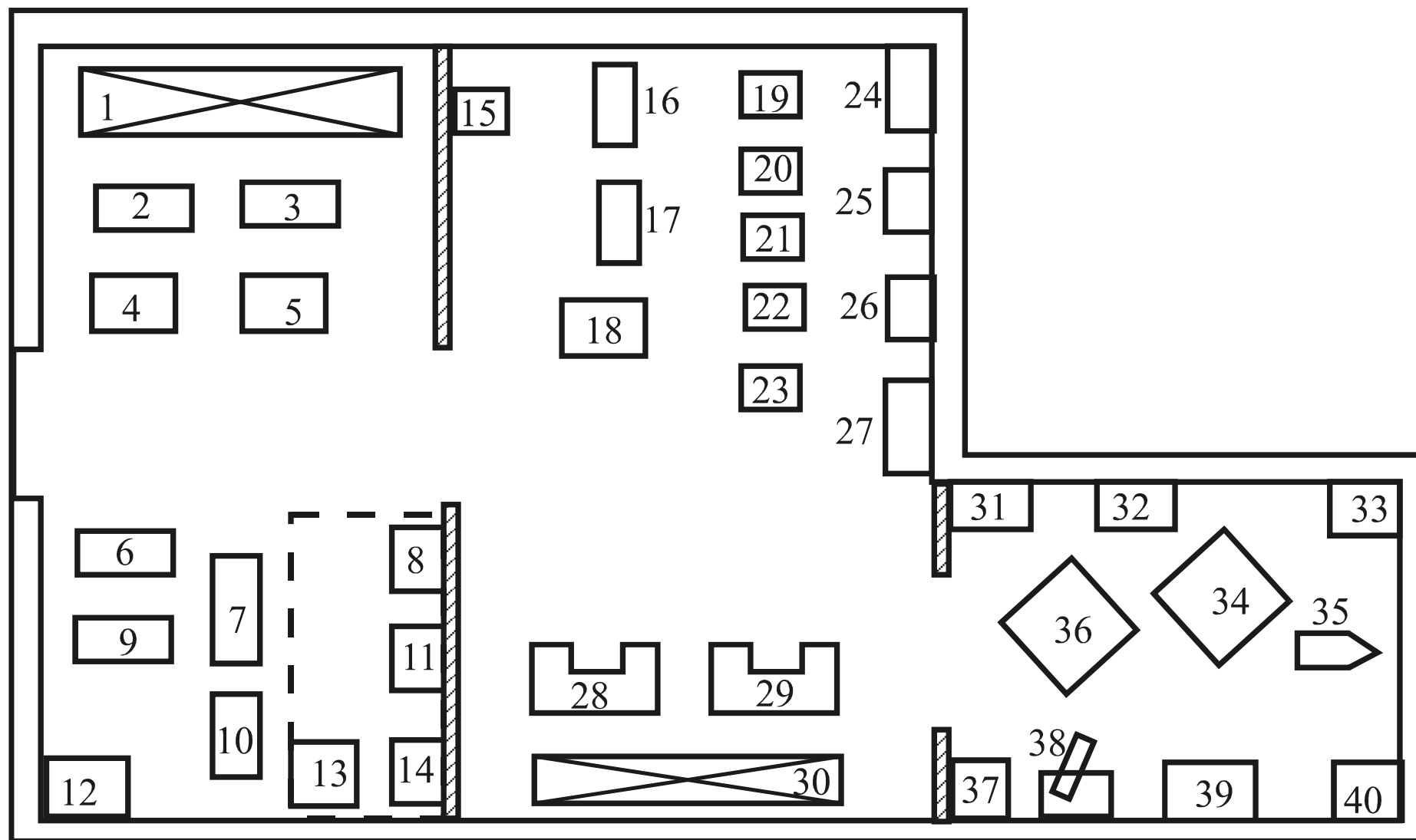


Рисунок Б.12 - План ковальського цеху

Таблиця Б.12 - Відомості про електричне навантаження ковальського цеху

№ на плані	<b>КОВАЛЬСЬКИЙ</b>	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 30	Кран-балка ПВ 40%	40	30	50	24	15	20	34	28	40	20
2, 6, 18	Прес	60	50	40	40	50	60	32	50	70	40
3-5	Фрезерувальний верстат	8	12	6	7	10	9	14	8	16	7
7, 10	Трубозгинальний верстат	10	10	20	20	30	15	18	12	10	14
9, 26	Шліфувальний верстат	6	8	7	6	14	12	8	10	12	8
8, 11, 13, 14	Зварювальний трансформатор ПВ 25%	20	20	20	40	40	50	50	50	40	40
12, 24, 31	Вентилятор	12	8	10	4	2	6	4	8	10	7
15, 27	Сушильна шафа	40	24	12	12	8	16	14	20	15	8
16 17	Гартівна піч	30	30	28	20	20	040	100	60	50	40
19-23	Токарний верстат	18	12	6	10	6	17	9	14	15	6
25, 34, 37	Свердлильний верстат	4	6	5	8	11	7	4	10	15	4
28, 29	Електрованна	26	28	14	40	60	40	50	70	20	30
32, 36	Електромолот	22	12	44	60	40	70	30	34	19	25
38	Поворотний кран	6	8	7	9	5	8	7	10	6	5
33, 40	Вентилятор горну	10	14	12	12	14	19	20	10	20	15
35	Обдирний верстат	24	14	8	12	14	16	10	13	17	21
39	Нагрівальна плита	14	20	8	15	10	8	6	13	8	10

Варіант 13

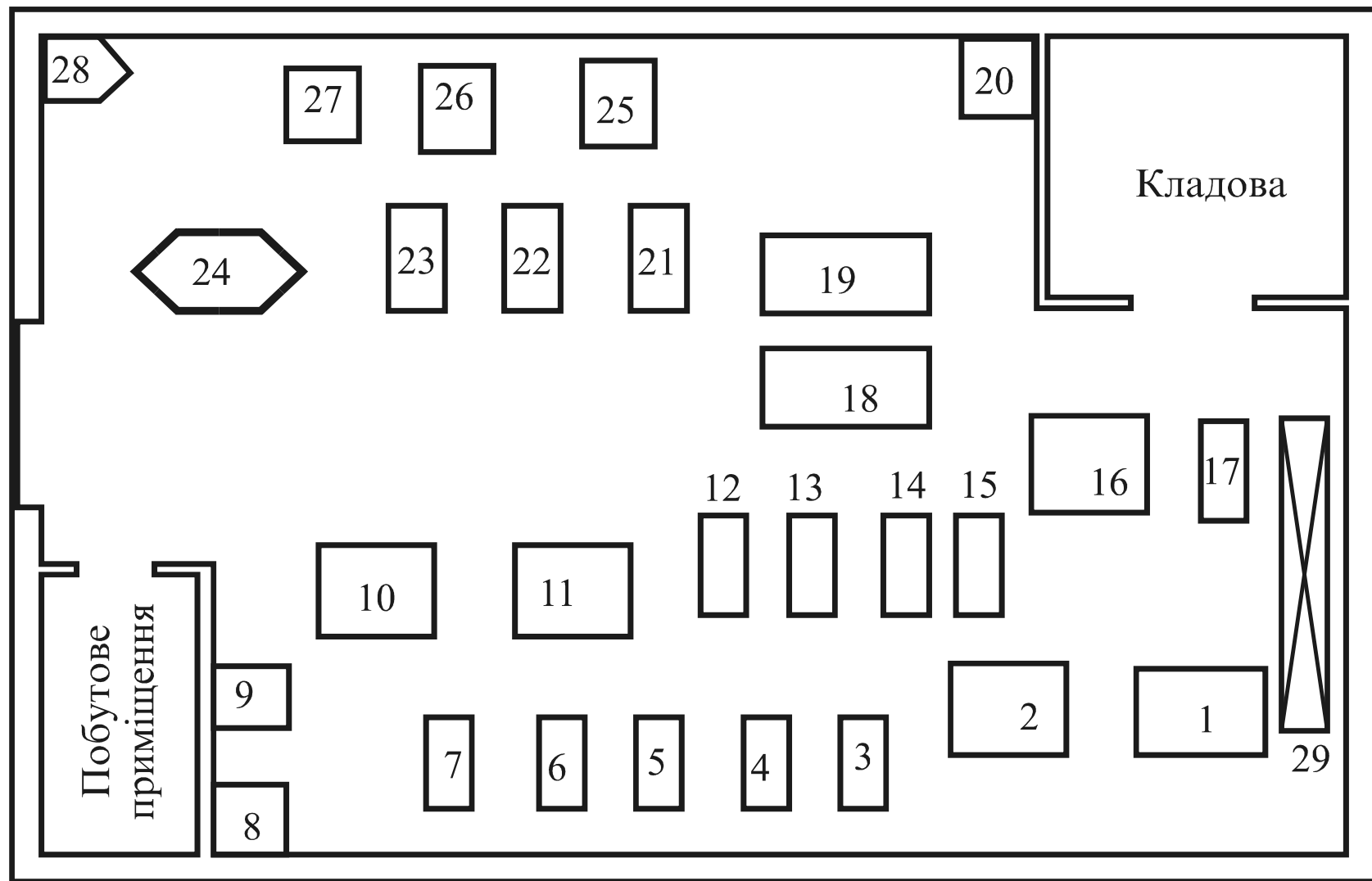


Рисунок Б.13 - План ремонтно-механічного цеху

Таблиця Б.13 - Відомості про електричне навантаження ремонтно-механічного цеху

№ на плані	<b>РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНИЙ</b>	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1, 2	Шліфувальний напівавтомат	21	23	19	18	22	17	24	20	15	14
3-7	Поперечно-стругальний верстат	101	11	14	18	9	7	12	13	8	15
8, 9	Універсально-заточувальний верстат	13	7	4	6	5	8	9	3	5, 5	10
10, 11	Вертикально-фрезерувальний верстат	12	9	6	7	10	11	8	5	6, 2	9
12-15	Токарно-гвинторізувальний верстат	4, 5	3	2, 8	4	6	5, 2	2	5	3, 8	7
16, 17	Плоскошліфувальний верстат	9, 8	6	4, 4	7	5, 5	3	6, 6	9	8, 4	1 8
18, 19	Гальванічна ванна	1, 7	2	2, 2	2	3, 4	4	1, 4	3	2, 8	5
20	Гідравлічний прес	7	6	2	5	8	9	4	3	2, 4	9
21-23	Горизонтально-фрезерний верстат	3	9, 4	5	7	3	6	2	4	4, 8	8
24	Плоскошліфувальний верстат	28	22	18	20	24	27	16	14	19	25
25-27	Радіально-свердлильний верстат	7	6	3	10	9	8	11	4	12	10
28	Вентилятор	55	58	48	40	42	60	62	49	52	50
29	Кран-балка ПВ 25%	25	28	18	16	22	24	30	32	17	14



Варіант 14

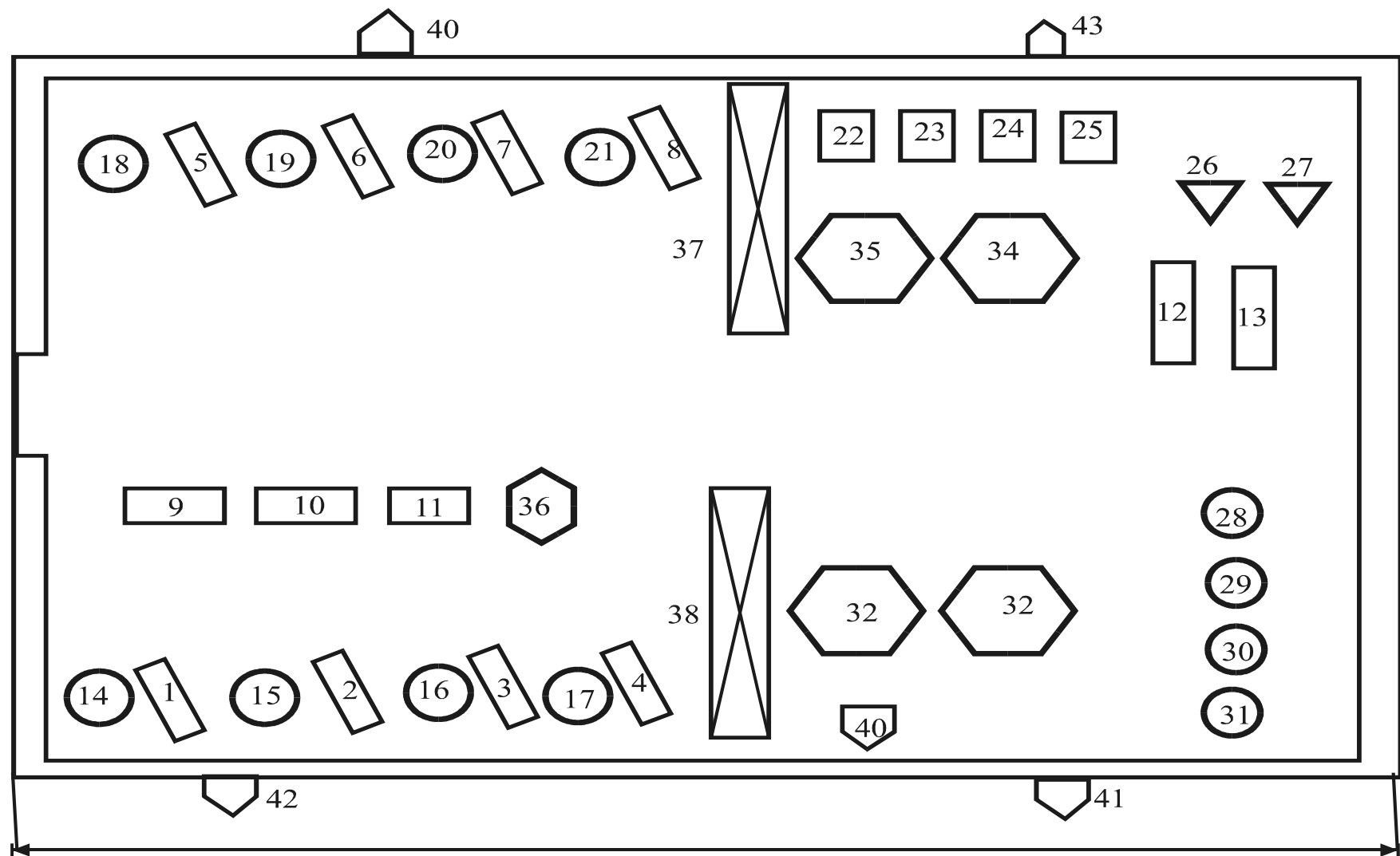


Рисунок Б.14 - План ливарного цеху

Таблиця Б.14 - Відомості про електричні навантаження ливарного цеху

№ на плані	<b>ЛИВАРНИЙ</b>	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1–4	Ливарна машина	12	16	14	15	11	10	19	17	14	13
5-8	Ливарна машина	26	30	22	27	25	20	28	26	24	29
9-11	Очисний барабан	7	9	10	6	5	11	7	8	12	14
12, 13	Електротермічна піч	30	50	33	34	42	40	38	26	22	36
14-21	Плавильна електропіч	55	47	40	64	58	50	60	45	62	66
22-25	Електротермічна піч	14	10	12	18	11	16	20	22	19	15
26, 27	Сушильна шафа	2	3	5	6	9	1	7	4	8	10
28-31	Електрогартівна піч	9	7	11	13	5	6	8	10	13	4
32, 33	Електротермічна піч	75	80	100	95	60	90	85	110	70	65
34, 35	Індукційна електропіч	60	55	50	84	66	48	39	62	74	78
36	Голтовочний барабан	7	6	9	5	4	8	10	11	14	12
37, 38	Кран-балка ПВ25%	10	9	8	12	6	15	7	15	8	11
40-44	Вентилятор	13	15	18	22	15	17	14	12	10	18

Варіант 15

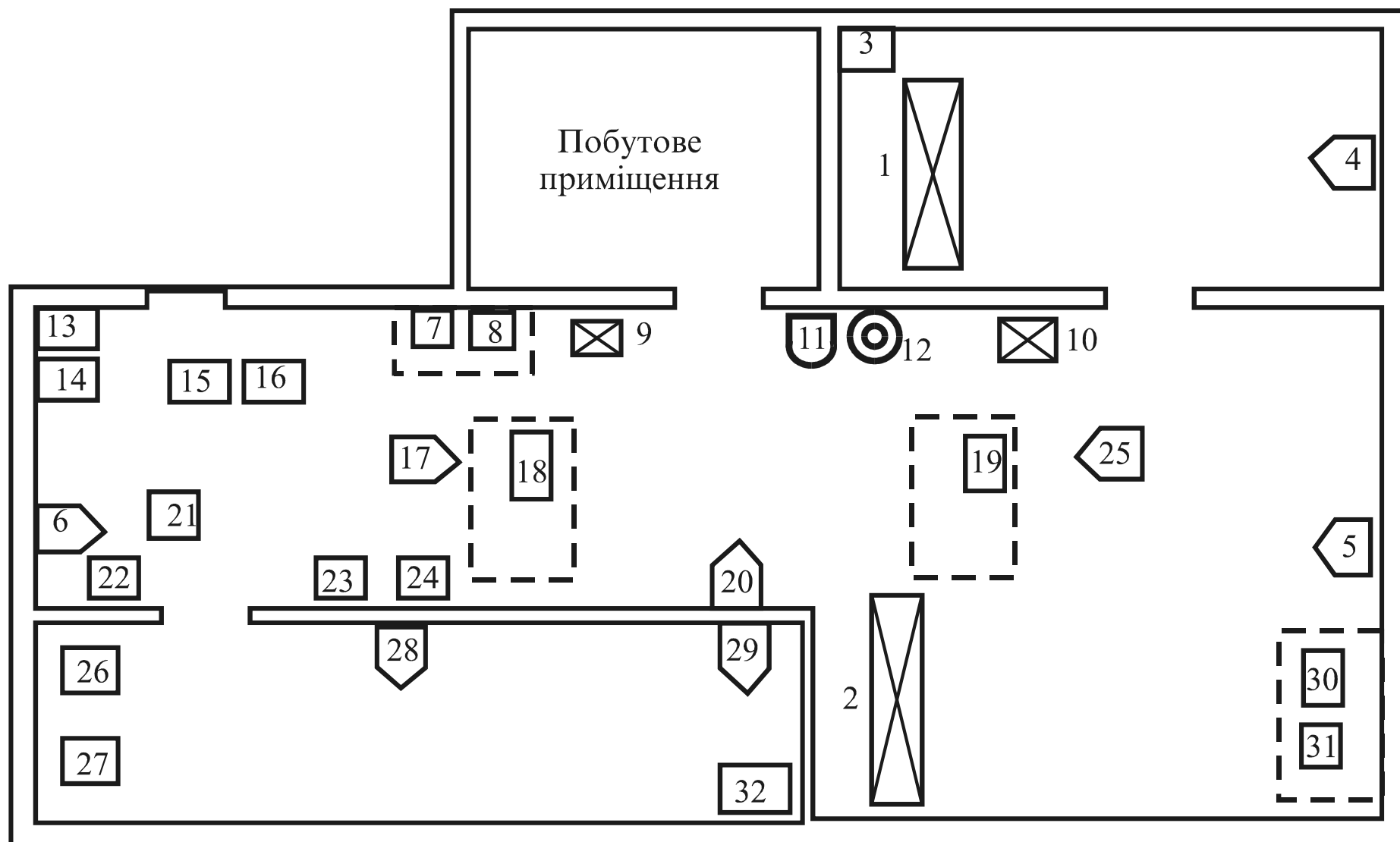


Рисунок Б.15 - План пічного відділення №2

Таблиця Б.15 - Відомості про електричне навантаження пічного відділення №2

№ на плані	ПІЧНЕ ВІДДІЛЕННЯ №2	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1, 2	Кран-балка ПВ 40%	16	11	14	15	10	12	17	13	18	19
3	Компресор	150	180	250	220	190	175	280	300	165	160
4-6	Вентилятор	2	6	4	7	3	5	9	5	2, 5	5
7, 8	Насоси скрубера №2	13	12	17	10	11	15	8	9	14	16
9, 10	Тельфер печі №1 та №2	3	1	6	1,5	5 4	2	5	8	2, 2	3
11	Зварювальний трансформатор (кВ·А)	25	30	33	32	28	27	31	34	22	20
12	Зварювальний перетворювач	28	33	36	34	32	31	35	38	26	24
13, 14	Насос високого тиску	30	31	34	33	37	28	22	25	35	32
15, 16	Насос технічної води	20	19	21	18	24	16	17	25	22	15
17	Димосос №1	28	21	30	35	31	32	27	25	26	33
18, 19	Привод печей №1 та №2	10	11	9	8	7	12	13	14	15	16
21, 22	Насоси розчинів	4	5	6	3	7	4	4,8	9	4, 2	2, 5
23, 24	Насоси подачі води	7	8	9	5	10	8	12	13	6	6, 6
25	Димосос №2	40	50	44	38	51	39	30	48	55	58
26, 27	Насос низького тиску	15	17	14	13	20	21	19	18	16	22
28	Вентилятор печі №1	16	18	15	14	21	22	20	19	17	23
20	Вентилятор первинного повітря	20	22	19	18	17	16	21	15	14	24
29	Вентилятор вторинного повітря	7	8	6	10	9	11	7,5	5 9	12	9, 5
30,31	Насоси скрубера №1	10	11	18	12	19	13	14	17	15	16
32	Шнек готової продукції	5	7	3	4	9	8	6	6,2	2 8	6

Варіант 16

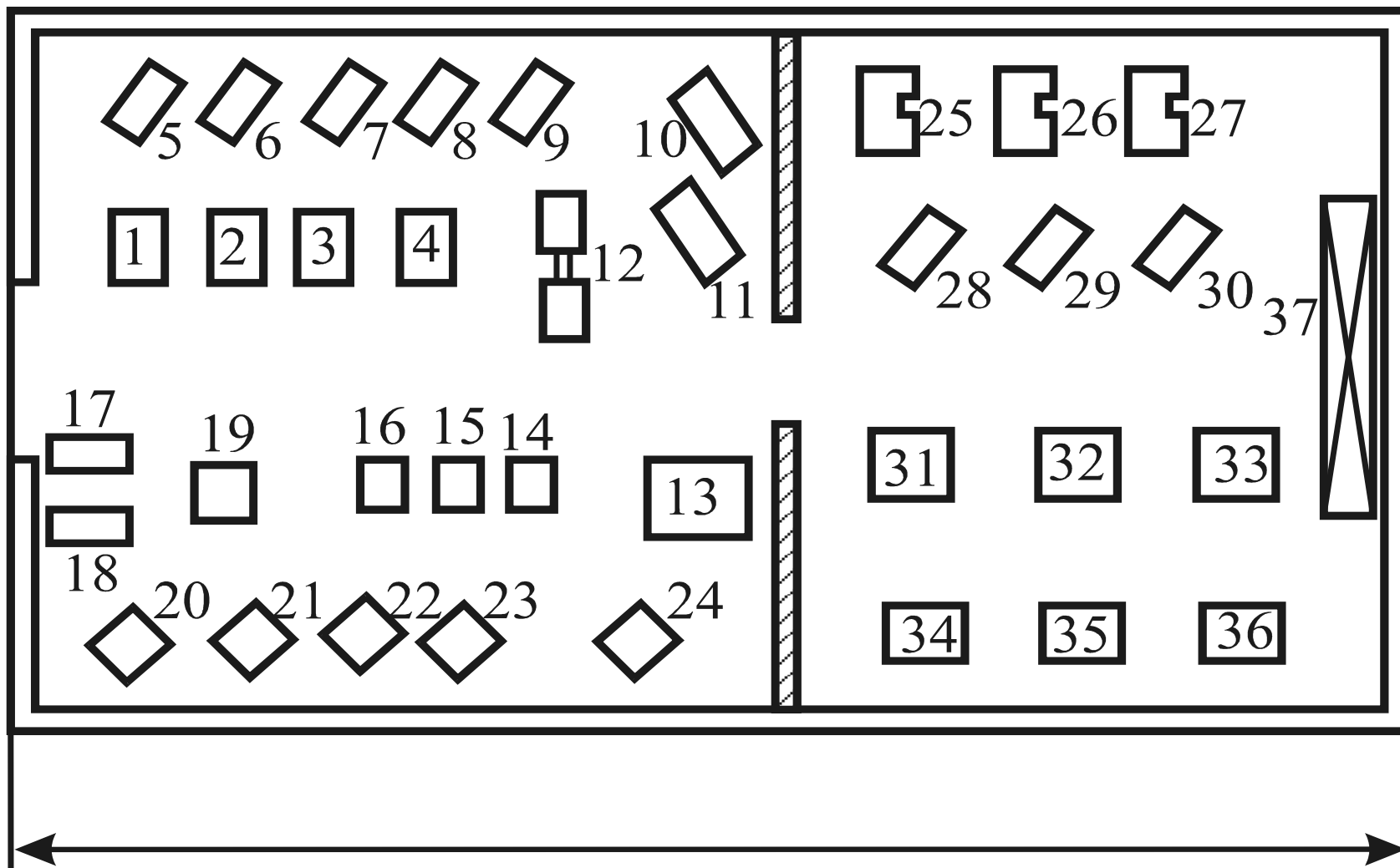


Рисунок Б.16 - План інструментального цеху

Таблиця Б.16 - Відомості про електричне навантаження інструментального цеху

№ на плані	ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-4	Електроерозійний верстат	29	30	25	37	22	24	33	35	20	22
5-9	Токарний верстат	15	10	18	19	14	17	15	20	23	11
10, 11	Горизонтально-фрезерний верстат	16	18	15	10	17	20	25	14	12	17
12	Гідравлічний прес	50	46	58	55	44	40	70	64	65	52
13	Токарний верстат з АПУ	30	29	45	40	35	28	33	44	40	52
14-16	Токарний верстат	20	15	25	28	30	29	31	24	26	28
17, 18	Вертикально-свердлильний верстат	16	10	12	14	15	9	18	14	20	22
19	Довбальний верстат	17	23	16	20	15	15	19	29	25	22
20-23	Фрезерний верстат	16	15	10	18	17	12	20	21	15	16
24	Механічний прес	50	60	70	40	65	58	55	62	75	62
25-27	Внутрішліфувальний верстат	15	12	16	17	10	18	20	22	17	19
28-30	Плоскошліфувальний верстат	19	22	18	10	22	17	15	12	16	18
31-36	Координатно-розточувальний верстат	19	20	24	18	25	22	16	21	28	23
37	Кран-балка ПВ 40%	40	30	50	45	60	29	35	75	60	55

Варіант 17

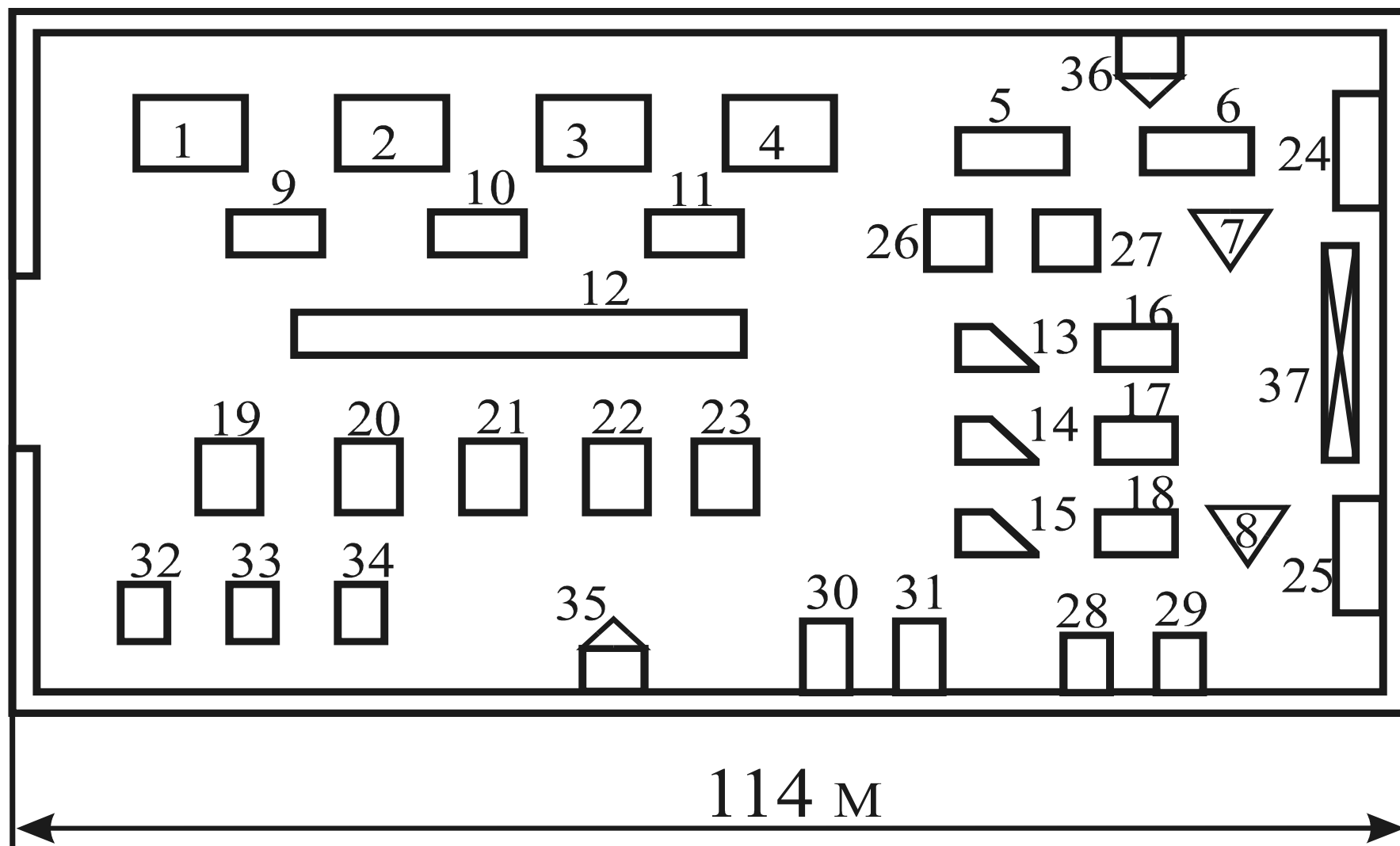


Рисунок Б.17 - План деревообробного цеху

Таблиця Б.17 - Відомості про електричне навантаження деревообробного цеху

№ на плані	<b>ДЕРЕВООБРОБНИЙ</b>	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-4	Шліфувальний верстат	10	20	15	22	18	11	16	14	19	17
5-6	Свердлильний верстат	7	6	8	10	9	5	11	8, 5	9	8
7-8	Сушильна шафа	60	55	40	65	70	38	44	50	39	35
9-12	Фуговальний верстат	21	27	19	15	17	16	20	22	24	18
13-15	Циркулярна пила	18	16	14	17	19	15	12	20	21	13
16-18	Прес	10	9	12	3	14	16	12	8	15	7
19-23	Токарний верстат	15	18	13	16	12	14	19	11	10	17
24-25	Полірувальний верстат	20	22	27	28	18	15	21	16	19	14
26-27	Фрезерний верстат	16	19	12	10	8	14	13	17	15	11
28-29	Клесварка	5	8	6	9	7	4	10	11	5, 5	7, 5
30-31	Зварювальний трансформатор ПВ-40%	50	40	44	58	60	62	48	52	48	55
32-34	Точильний верстат	8	6	7	5	10	11	9	12	8, 5	9
35-36	Вентилятор	10	9	8	6	7	8, 5	5	11	6, 5	8
37	Кран-балка ПВ-40%	22	20	19	16	21	24	18	15	17	23



Варіант 18

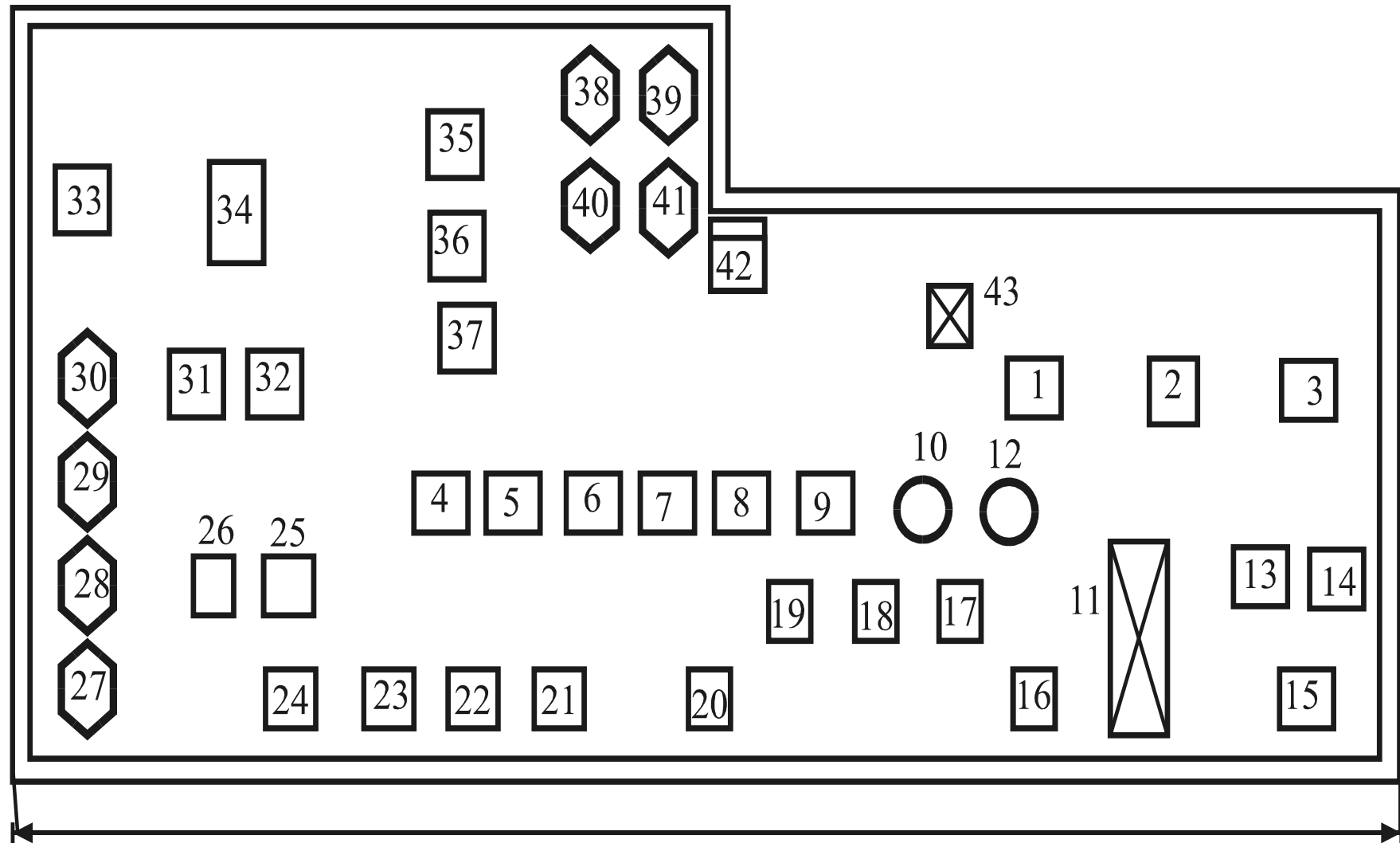


Рисунок Б.18 - План сокоочисного цеху

Таблиця Б.18 - Відомості про електричне навантаження сокоочисного цеху

№ на плані	<b>СОКООЧИСНИЙ</b>	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Газовий насос	160	150	140	130	170	180	150	165	178	200
2	Вакуумний насос	125	130	150	100	110	120	135	140	144	160
3	Компресор	70	80	66	58	75	60	90	72	48	50
4-9	Центрифуга	55		52	48	40	35	30	38	42	44
10, 12	Генератор-двигун	100	110	130	120	140	150	125	135	145	155
11	Кран-балка	15	12	10	14	9	8	11	13	11	18
13-15	Насос	10	14	12	16	14	15	18	20	21	17
16-26	Насос	40	45	50	52	48	58	60	52	54	46
27-30	Дискові фільтри	5	4	7	6	4	, 5 8	5, 5	9	6. 2	7, 5
31, 32	Насос густого сиропу	50	60	30	44	42	55	52	62	48	40
55	Компресор	20	22	24	18	20	21	25	28	19	27
34	Мішалка	3	4	2,	8 5	2. 4	6	4, 4	3	1. 8	2, 8
35-37	Насос сирого сиропу	30	32	28	34	36	28	26	24	51	29
38-41	Фільтри	7	4	5	9	10	8	6	11	12	7
42	Транспортер	10	11	14	12	9	15	8	10	7	11
43	Тельфер	5	6	4	7	8	3	2, 8	6	3, 4	6

## Додаток В

### Організаційні питання курсового проектування

#### 1 Функціональні обов'язки

Завдання на курсовий проект видається викладачем - керівником курсового проекту на початку семестру. При обґрунтуванні доцільності розробки студентові надається право вибору теми. Пропозиція оформляється заявою на ім'я завідувача кафедри.

Завдання на курсовий проект включає в себе:

- а) генплан підприємства і відомості про електричне навантаження цехів;
- б) план силового обладнання цеху і відомості про електроприймачі;
- в) дані про джерело живлення: номінальна напруга, відстань, схема живлення, потужність або струм КЗ;
- г) інформацію про зміст та обсяг курсового проекту, графік виконання проекту.

Керівник протягом семестру консультує студентів з усіх питань проектування. Згідно з графіком проектування, він перевіряє окремі розділи проекту, а також весь проект після його оформлення. При відхиленні від загального графіка проектування, керівник допомагає студентові скласти індивідуальний графік і контролює його виконання після затвердження деканом.

Студент зобов'язаний, згідно з встановленим графіком, представляти керівникові результати роботи над курсовим проектом. При наявності зауважень студент повинен зробити відповідні виправлення.

Курсовий проект виконується самостійно. Якщо студент подає на розгляд не самостійно виконаний проект, що, зокрема, свідчить про його некомпетентність у рішеннях та матеріалах проекту, то проект до захисту не допускається (на підставі рішення кафедри).

Захист курсових проектів проводиться в присутності комісії, склад якої затверджується на засіданні кафедри. До захисту допускаються курсові проекти, які були подані на перевірку у встановлений термін (за 3-5 днів до його захисту), допущені до захисту керівником і пройшли нормоконтроль.

В процесі захисту студенту необхідно привести обґрунтування отриманих результатів та прийнятих рішень протягом 5-7 хвилин і відповісти на поставлені запитання.

#### 2 Зміст курсового проекту

Курсовий проект складається з пояснювальної записки (обсягом,

приблизно, 30-40 сторінок) і графічної частини.

Пояснювальна записка повинна містити:

- титульний лист з підписами керівника та нормоконтролера;
- завдання на курсовий проект, затверджене керівником (див. додаток Г);
- анотацію до проекту;
- вступ;
- технічне завдання, розроблене студентом спільно з керівником проекту (див. додаток Г);
- основну частину проекту;
- висновки;
- список використаної літератури;
- додатки.

У вступі подається коротка характеристика теперішнього стану в галузі проектування систем електропостачання.

В технічному завданні конкретизується комплекс технічних, експлуатаційних та інших вимог до об'єкта проектування. Зокрема, на основі аналізу технологічного процесу, визначається необхідний рівень надійності електропостачання, вимоги до конструктивного виконання заводської і цехової мереж, визначаються об'єми досліджень і комп'ютерного моделювання, які виконуються в межах індивідуального завдання.

Зміст основної частини курсового проекту:

## **1 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

### **1.1 Розрахування електричних навантажень цехових мереж**

### **1.2 Розрахування навантажень підприємства**

## **2 ВИБІР І РОЗМІЩЕННЯ ПІДСТАНЦІЙ**

### **2.1 Розрахування потужності трансформаторів ГПП**

### **2.2. Вибір трансформаторів ГПП за економічними показниками**

### **2.3 Вибір цехових ТП**

### **2.4 Вибір місць для розміщення підстанцій**

## **3 РОЗРАХУНОК ЗАВОДСЬКОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

### **3.1 Вибір схеми електропостачання**

### **3.2 Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників**

### **3.3 Розрахування струмів КЗ**

### **3.4 Перевірка вибраних вимикачів і провідників**

## **4 РОЗРАХУНОК ЦЕХОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

### **4.1 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі**

### **4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників**

### **4.3 Розрахування струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В**

### **4.4 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж**

Графічна частина виконується на двох-трьох аркушах формату А1. Кожен з аркушів ділиться на два креслення формату А2, на яких зображають:

1. Генплан підприємства;

2. Однолінійну схему електропостачання;
3. План силового обладнання цеху;
4. Розрахунково-монтажну таблицю силової мережі цеху.

### **3 Основні нормативні вимоги до курсового проекту**

При оцінці курсового проекту до уваги береться виконання таких вимог:

1. Варіантний підхід при вирішенні проектних задач і наявність техніко-економічного обґрунтування.
2. Інженерний рівень обґрунтування проектних рішень з аналізом вихідних даних, факторів впливу та результатів розрахунків
3. Глибина проробки основних рішень з використанням елементів аналізу і синтезу.
4. Наявність комп'ютерного моделювання системи електропостачання. Використання ЕОМ, розробка оригінальних програмних засобів.
5. Відповідність і повнота відображення у графічній частині змісту проекту.
6. Оформлення відповідно до діючих стандартів.
7. Чіткість і логічність доповіді при захисті та правильність відповідей на поставлені запитання.
8. Дотримання графіка виконання курсового проектування.

### **4 Основні вимоги до оформлення курсового проекту**

Пояснювальна записка оформляється у відповідності з діючими стандартами ЄСКД 2.104, 2.105, 2.106 та рекомендаціями ДСТУ 3008 - 95, де встановлені вимоги до оформлення звітів з наукової роботи.

Пояснювальна записка повинна бути написана на аркушах паперу форматом А4 (210×297 мм) креслярським шрифтом чорнилом одного кольору (чорним, фіолетовим) або машинописним шрифтом. Пояснювальна записка розпочинається з завдання на проектування, далі розміщується зміст, який включає в себе заголовки всіх розділів і підрозділів. Після основної частини пояснювальної записки дається список використаної літератури, який включає в себе список книг, статей, авторських свідоцтв на винаходи, патентів. Список використаної літератури складають в алфавітному порядку або в порядку посилань в тексті та у відповідності з вимогами ГОСТ 7.1-84.

Матеріал записки необхідно викладати чітко і коротко, але без шкоди для якості викладення.

Розділи повинні мати порядкові номери арабськими цифрами з крапкою в межах всієї записки. Вступ і висновки не нумеруються. Кожний розділ записки рекомендується починати з нової сторінки.

Підрозділи нумеруються в межах кожного розділу, наприклад, 3.2

(другий підрозділ третього розділу).

Кількість рисунків в пояснювальній записці повинна бути достатньою для пояснення тексту. Рисунки нумерують в межах розділу арабськими цифрами. Номер рисунка складається з номера розділу і порядкового номера рисунка, які розділяються крапкою, наприклад, рис. 2.3 (третій рисунок другого розділу). Рисунки, при необхідності, можуть мати назву і пояснювальні дані.

Рисунки необхідно виконувати на окремих аркушах формату А 4 або (при необхідності) на міліметровому папері. Допускається розташування на одному аркуші двох рисунків з послідовною нумерацією. Рисунки необхідно розташувати так, щоб їх було зручно розглядати без повороту пояснювальної записки або з її поворотом на  $90^\circ$  за годинниковою стрілкою. На всі рисунки, без винятку, повинні бути посилання в тексті записки. Невеликі рисунки можна розміщати безпосередньо за текстом.

Цифровий матеріал необхідно об'єднувати і подавати у вигляді таблиць. Таблиця повинна мати заголовок, який розташовують над таблицею. Над заголовком вказують номер таблиці - Таблиця 2.1 (перша таблиця другого розділу). При перенесенні частини таблиці на наступну сторінку заголовок розташовують лише над першою її частиною. Зверху над наступними частинами таблиці пишуть: продовження таблиці 2.1.

При проведенні розрахунків після формул приводиться числовий приклад, а результати подальших розрахунків зводяться в таблиці.

У випадках, коли розрахунок виконується за формулою, яка не вимагає додаткових перетворень, необхідно попередньо обрахувати або вибрати з джерел інформації значення всіх величин, що входять в праву частину формули. Далі записати формулу в загальному вигляді, підставити значення відомих величин, не порушуючи структури формули, і записати кінцевий результат з вказанням одиниці фізичної величини. В формули слід підставляти значення без їх одиниць. Проміжних обчислень приводити не треба.

Точність обчислень (число значущих цифр) визначається точністю значень величин, що входять у формулу, а також призначенням розрахунку. Треба враховувати, що відносна похибка вимірювання основних аналогових величин становить, приблизно, 0,1%. Тому в більшості технічних розрахунків достатньо трьох – чотирьох значущих цифр.

## Додаток Г

### Зразок завдання

Вінницький національний технічний університет  
Кафедра „Електротехнічні системи електропостачання та енергозбереження”

Дисципліна „Електропостачання промислових підприємств”

Спеціальність **7.090510** “Теплоенергетика “

Курс **5** Група **ТЕ – 00** Триместр **13**

### ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТА

**Петрова Івана Івановича**

1. Тема проекту (роботи) \_\_\_\_\_
2. Термін здачі студентом закінченого проекту \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані до проекту

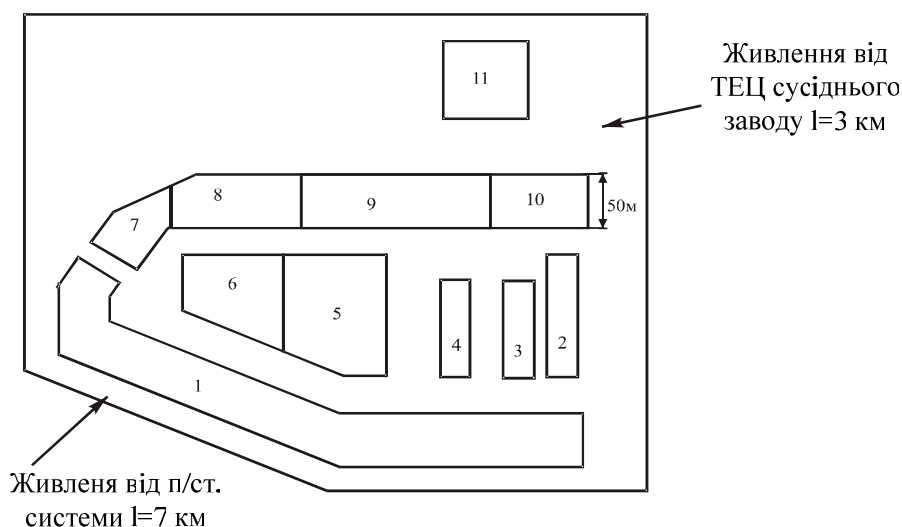


Рисунок 1 – Генплан підприємства

Таблиця 1 – Відомості про електричні навантаження заводу

Назва цеху	$P_n$ , кВт
1. Сокоочисний	1607
2. Буряко-переробний	2075
3. Мийний відділ	2314
4. Продуктовий	1990
5. Заводууправління	60
6. Склад готової продукції	119
7. Склад сировини	533
8. Компресорний	494

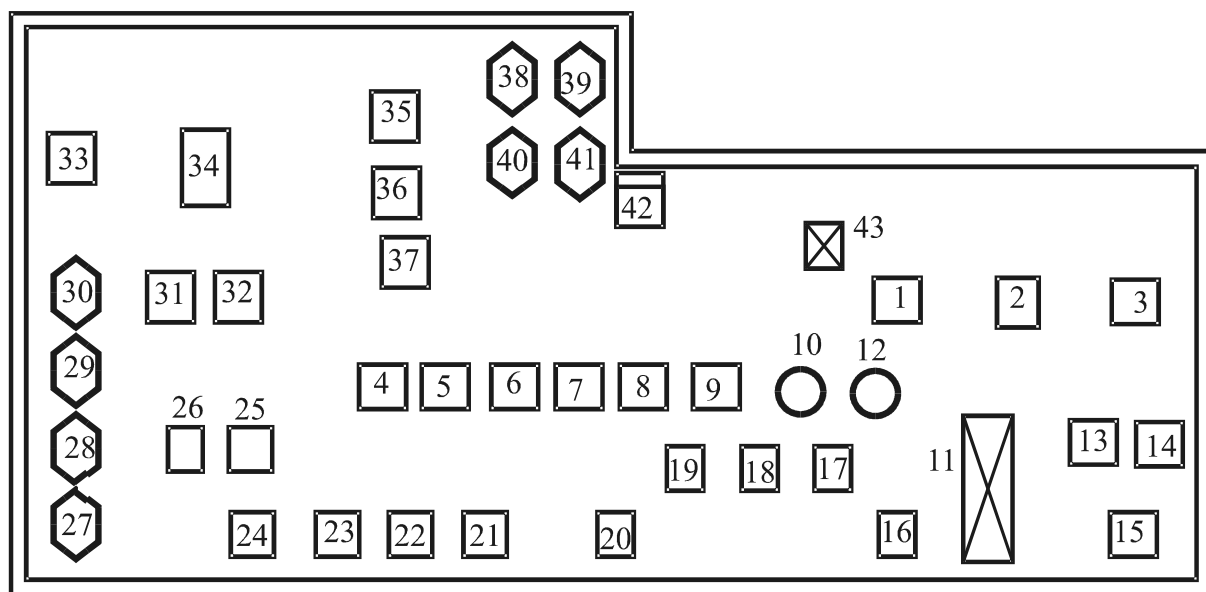


Рисунок 2 – План сокоочисного цеху

Таблиця 2 – Відомості про електричні навантаження сокоочисного цеху

№ на плані	Назва обладнання	$P_n$ , КВТ
1	Газовий насос	200
2	Вакуумний насос	160
3	Компресор	50
4-9	Центрифуга	44
10, 12	Генератор-двигун	155
11	Кран-балка	18
13-15	Насос	17
16-26	Насос	46
27-30	Дискові фільтри	7,5
31, 32	Насос густого сиропу	40
33	Компресор	27
34	Мішалка	2,8
35-37	Насос сирого сиропу	29
38-41	Фільтри	7
42	Транспортер	11
43	Тельфер	6



Навчальне видання

Олександр Дмитрович Демов  
Віктор Володимирович Вержук

**Розрахування та вибір електричної мережі промислового  
підприємства**

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Редактор В.О. Дружиніна  
Коректор Ю.І.Франко

Навчально-методичний відділ ВНТУ  
Свідоцтво Держкомінформу України  
серія ДК № 746 від 25.12.2001  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку  
Формат 29,7x42  $\frac{1}{4}$   
Друк різнографічний  
Тираж прим.  
Зам. №

Гарнітура Times New Roman  
Папір офсетний  
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі  
Вінницького національного технічного університету  
Свідоцтво Держкомінформу України  
серія ДК № 746 від 25.12.2001  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ