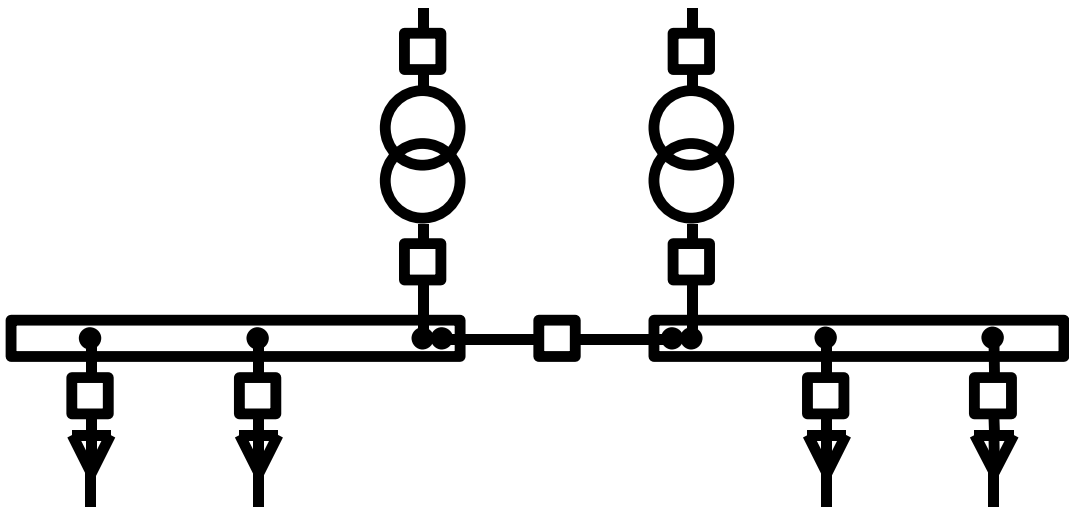


О. М. Возняк., А. А. Штуць

**СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.
Самостійна та індивідуальна робота
студентів.**

Навчально-методичний посібник



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет

О. М. Возняк., А. А. Штуць

СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.
Самостійна та індивідуальна робота студентів денної та заочної форми
навчання

Навчально-методичний посібник

Рекомендовано до видання науково-методичною комісією
Вінницького національного аграрного університету, протокол
№ від _____ 2021 року.

Як навчальний-методичний посібник для самостійної та
індивідуальної роботи студентів денної та заочної форми навчання з
дисципліни «Системи електропостачання» для студентів, що навчаються за
напрямом підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія»

Вінниця ВНАУ 2021

УДК 621.311 (075)

Автори: Возняк О.М., к.т.н., доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, ВНАУ.

Штуць А. А., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, ВНАУ.

«Системи електропостачання». навчальний-методичний посібник для самостійної та індивідуальної роботи студентів денної та заочної форми навчання студентами інженерно-технологічного факультету напряму підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», галузь знань 14 «Електрична інженерія» – Вінниця, РВВ ВНАУ: 2021. 145. С.

Рецензенти: Веселовська Н.Р., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету;

Бабенко О.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Мета роботи 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

Системи електропостачання підприємств АПК є складною і відповідальною задачею. Прийняття проектних рішень безпосередньо впливає на обсяг 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, у відповідності з електричними навантаженнями в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування пристроїв автоматики і релейного захисту.

Метою виконання роботи є закріплення і систематизація теоретичних знань, отриманих при вивченні дисципліни “Системи електропостачання”, набуття практичних навичок проектування, розрахунку систем електропостачання.

В роботі розглядаються такі основні задачі: розрахунок електричних навантажень; розрахунок електропостачання підприємства; розрахунок електропостачання цеху (підрозділу).

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

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

Розрахунок електропостачання цеху (підрозділу) полягає у виборі схеми розподільної мережі цеху, провідників і комутаційних захисних

апаратів, розрахунок струмів короткого замикання, перевірки чутливості та селективності захисту.

Основною перевагою запропонованого посібника є те, що він виконаний у вигляді реальної курсової роботи. Це дозволяє виконувати роботу у тій формі, і з використанням тих базових принципів, які викладені в посібнику. Слід зазначити, що студент не повинен копіювати основні технічні рішення, які викладені в посібнику, оскільки кожне підприємство має власні особливості електропостачання, а їх потрібно враховувати при проектуванні.

Основні формули виділені в тексті жирним шрифтом та є базовими для проведення розрахунків.

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

Функціональні обов'язки студента і нормативні вимоги до курсової роботи наведені в додатку В.

1. Мета роботи та характеристика вихідних даних

В роботі, відповідно до заданих вихідних даних, необхідно спроектувати систему електропостачання підприємства та заданого цеху (підрозділу). Для цього в проекті необхідно виконати наступне:

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

В роботі також необхідно виконати такі креслення:

1. Генплан підприємства з нанесенням розподільної мережі.
2. Принципова електрична схема мережі підприємства.
3. План цеху (підрозділу) з нанесенням його розподільної мережі.
4. Розрахунково - монтажна таблиця системи електропостачання.

Зразок генплану підприємства наведено на рис. 1.1, а характеристика підрозділів підприємства наведена у табл. 1.1.

Вихідні дані

Таблиця 1.1 – Характеристика споживачів заводу

Назва цеху	Номінальна потужність, кВт	Площа цеху, м ²
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 підприємства, 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.

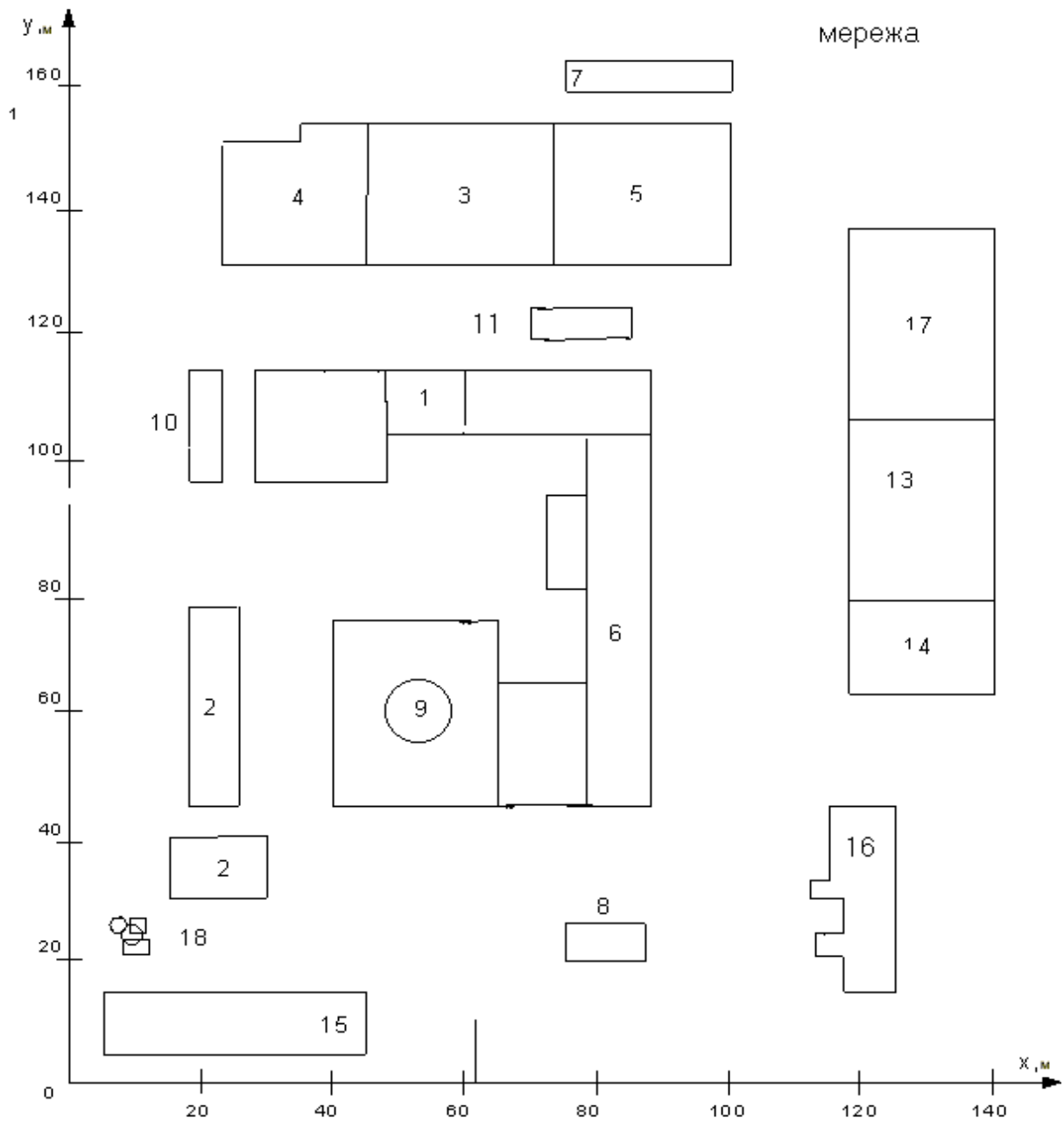


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

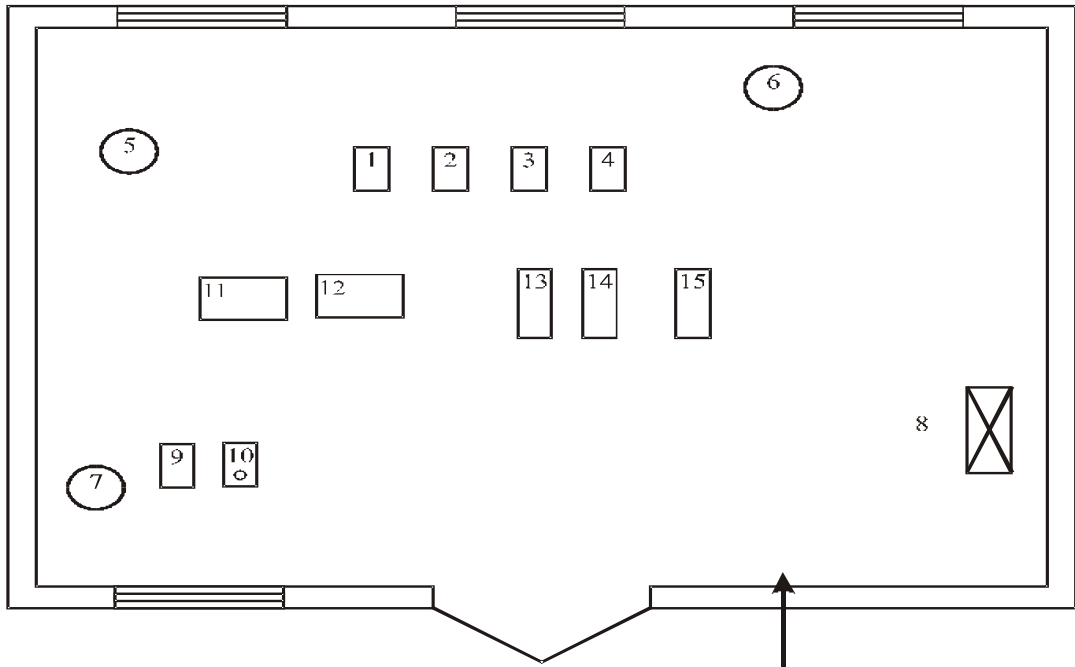


Рисунок 1.2 – План ремонтно-механічного цеху

Таблиця 1.2 – Характеристика споживачів цеху

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

Енергосистема постачає електроенергію за тарифом $\alpha = 180,897$ коп./кВт*год. Цей тариф визначається у відповідності з постановою НКРЕКП для місяця коли було видано завдання на курсову роботу.

Наприклад для 1 групи споживачів (суб'єктів господарювання) ПАТ Вінницяобленерго в жовтні 2018 року тариф склав [20]:

- для 1 класу напруги (35 кВ і вище) – 180,897 коп\кВт год.
- для 2 класу напруги (менше 35 кВ) – 235,535 коп\кВт год.

2. Розрахунки навантажень підприємства та побудова їх картограм

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

Максимальні активні, реактивні та повні навантаження цехів (підрозділів) P_m , Q_m , S_m розраховуються за коефіцієнтом попиту. Розрахунок вказаних величин виконується так:

а) активне навантаження:

$$P_m = P_n \cdot k_n, \quad (1)$$

де P_n – номінальна потужність навантаження;

k_n – коефіцієнт попиту (величини коефіцієнтів попиту деяких цехів (підрозділів) наведені в табл. 2.1);

б) активне навантаження освітлювальних пристроїв:

$$P_{m.o} = p_{\text{пит.о}} \cdot k_{n.o} \cdot S, \quad (2)$$

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:

$$P_{m\Sigma} = P_m + P_{m.o}. \quad (3)$$

г) сумарне реактивне навантаження:

$$Q_{m\Sigma} = P_m \cdot \text{tg } \varphi, \quad (4)$$

де $\text{tg } \varphi$ – тангенс зсуву фаз цехового навантаження (див. табл. 2.1);

д) сумарне повне навантаження цеху;

$$S_{m\Sigma} = \sqrt{P_{m\Sigma}^2 + Q_{m\Sigma}^2}. \quad (5)$$

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

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

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

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

Таблиця 2.1 – Показники електричних навантажень цехів (підрозділів)

Найменування цехів	Коефіцієнти		
	Використання, K_B	потужності, $\cos\varphi$	попиту K_{II}
Адміністративно-побутовий	-	0,7	0,6
Деревообробний	0,54	0,73	0,66
Складальний	0,4	0,65	0,5
Найменування цехів	Коефіцієнти		
	Використання , K_B	потужності, $\cos\varphi$	попиту K_{II}
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
Переробний	-	0,65	0,7-0,8

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 торгівельні 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^2 корисної площі виробничих будівель

Найменування цеху, корпусу, заводу	Густина навантаження, $\text{Вт}/\text{м}^2$		
	силового	освітлювального	
		при лампах розжарювання	при LED лампах
Цех термічної обробки	260-280	12-19	1,5 - 2,3
Механічні і складальні цехи	300-580	11-16	1,4 - 2
Механоскладальні цехи	280-390	12-19	1,5 - 2,4
Електрозварювальні і термічні цехи	300-600	13-15	1,6 - 1,9
Цехи металоконструкцій	350-390	11-13	1,4 - 1,6
Інструментальні цехи	330-560	15-16	1,9 - 2
Переробні цехи	340-550	14-15	1,7 - 1,9
Деревообробні і модельні цехи	75-140	15-18	1,9 - 2,2
Допоміжні цехи	260-300	17-18	2 - 2,2
Інженерні корпуси	270-330	16-20	2 - 2,5
Центральні заводські лабораторії	130-290	20-27	2,5 - 3,4
Складські приміщення	50-100	8-14	1 - 1,75

Більш точні значення питомих густин навантажень отримують в результаті аналізу реальних даних.

Всі розрахунки навантаження цехів виконуються 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	$F, \text{ м}^2$	$P_{\text{ном.о}}$ кВт/ м^2	$K_{\text{н.о}}$	$P_{\text{м.о}}$ кВт	$P_{p\Sigma}$ кВт	$Q_{p\Sigma}$ кВАр	$S_{p\Sigma}$ кВА	СПИТ кВт/ 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. Ам'ячна 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-на сосна 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 компенсувальних пристроїв. Частка вхідної реактивної потужності $a = 0,3$ і величина реактивної потужності, яку повинно споживати підприємство з енергосистеми :

$$Q_{1e} = a \cdot P_{p\Sigma} = 0,30 \cdot 2586,27 = 775,88 \text{ кВар}$$

Відповідно, розрахункове навантаження підприємства:

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

а середня величина питомої густоти навантаження всього заводу:

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

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:

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

$$Y_0 = (1067,7 \cdot 109 + 500,5 \cdot 62 + 244,7 \cdot 143 + 113,04 \cdot 143 + 21,52 \cdot 143 + 111,76 \cdot 72 + 25,4 \cdot 162 + 16,15 \cdot 22 + 108,14 \cdot 59 + 40,5 \cdot 105 + 122,33 \cdot 77 + 45,51 \cdot 34 + 9,61 \cdot 91 + 16,86 \cdot 70 + 3,36 \cdot 10 + 287,3 \cdot 30 + 14,01 \cdot 122 + 8,85 \cdot 23) / 2586,27 = 96,04 \text{ м}$$

Координати ЦЕН показано на генплані.

Для раціонального розміщення цехових трансформаторних підстанцій будуюмо картограму навантажень, яка складається з кіл, нанесених на генплан. Радіуси цих кіл обраховуються 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 $m_p = 1,25$
кВт/м²

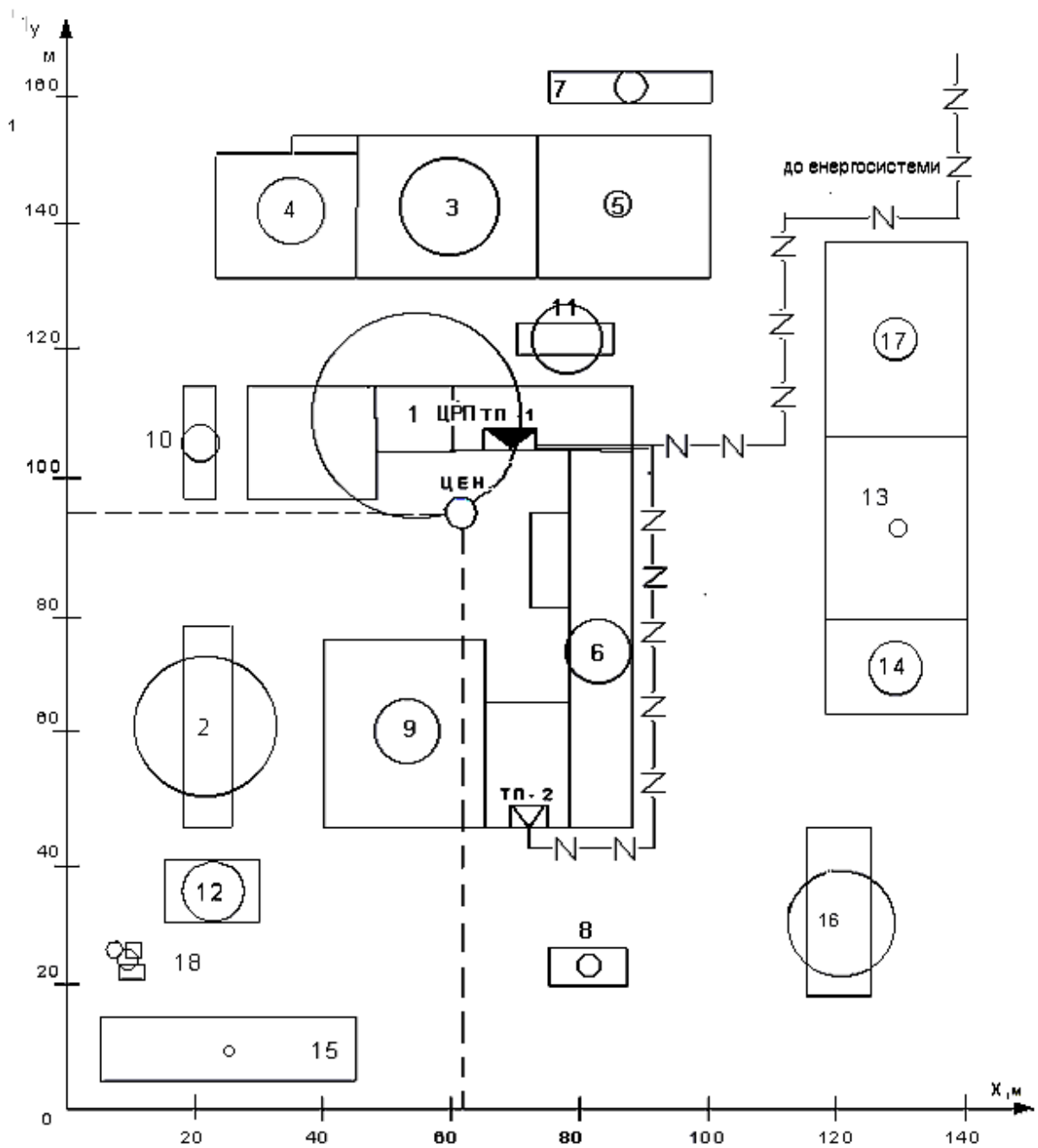


Рисунок 2.1 – Генплан підприємства з картограмою навантажень

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

Розмір сектора освітлювального навантаження на картограмі навантажень розраховується наступним чином:

$$a = \frac{360 \cdot P_{m.o.i}}{P_{m.i}} \cdot (8)$$

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
<i>x, м</i>	55	20	60	33	87	83	87	81,5	52,5
<i>y, м</i>	109	62	143	143	143	72	162	22	59
<i>r, м</i>	16,5	11,3	7,9	5,4	2,3	5,3	2,5	2	5,2
<i>α, градус</i>	6	7	23,4	41,5	134,2	102,3	41	39	89,7
№ цеху координати цехів	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>x, м</i>	21	77	23	130	130	125	121	130	10
<i>y, м</i>	105	77	34	91	70	10	30	122	23
<i>r, м</i>	3,2	5,6	3,4	1,6	4,3	0,9	8,5	3,6	1,9
<i>α, градус</i>	26,6	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 (підрозділи), які приєднані до ТП і два варіанти потужностей ТП.

Таблиця 3.1 – Варіанти під'єднання цехів (підрозділів) до ТП

Характеристика ТП	№ цехів, які живляться від ТП	Сумарне навантаження, S_{Σ} кВа	Коефіцієнт завантаження, КЗ
I-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

Наведені в табл. 3.1 коефіцієнти завантаження трансформаторів для обох варіантів розраховуються наступним чином:

$$K_3 = \frac{S_{\Sigma}}{2 \cdot S_{\text{ном}}}, \quad (9)$$

де $S_{\Sigma} = \sum_1^n S_{mi}$ – 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;

$S_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність трансформатора.

В табл. 3.2 наведені техніко-економічні характеристики ТП.

Таблиця 3.2 – Характеристики трансформаторів ТП

Позначення на схемі	Тип трансформатора	$S_{\text{НОМ}}$ кВА	$U_{\text{НОМ}}$, кВ		Напруга КЗ, $U_{\text{КЗ}}$ %	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, наведений на рис. 4.1. Більш економічний варіант схеми відповідає мінімальним затратам на спорудження заводської мережі:

$$Z = K \cdot (1 + a) + \Delta W_{mp} \cdot \alpha, \quad (10)$$

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

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

$\alpha = 180,932$ коп/кВт*год. - тариф на електроенергію (як визначити детально розглянуто в розділі 1); ΔW_{mp} - втрати в трансформаторах.

Втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta W_{mp} = [2 \times \Delta P_{xx} + \frac{\Delta P_{кз}}{2} \left(\frac{S_{\Sigma}}{S_{ном.}} \right)^2] I \times \tau, \quad (11)$$

де ΔP_{xx} , $\Delta P_{кз}$ - втрати, відповідно, холостого ходу і короткого замикання в трансформаторах ТП;

$S_{ном}$ - номінальна потужність трансформатора ТП;

τ - величина максимальних втрат визначається за кривою в залежності від тривалості використання максимуму (рис. 4.2).

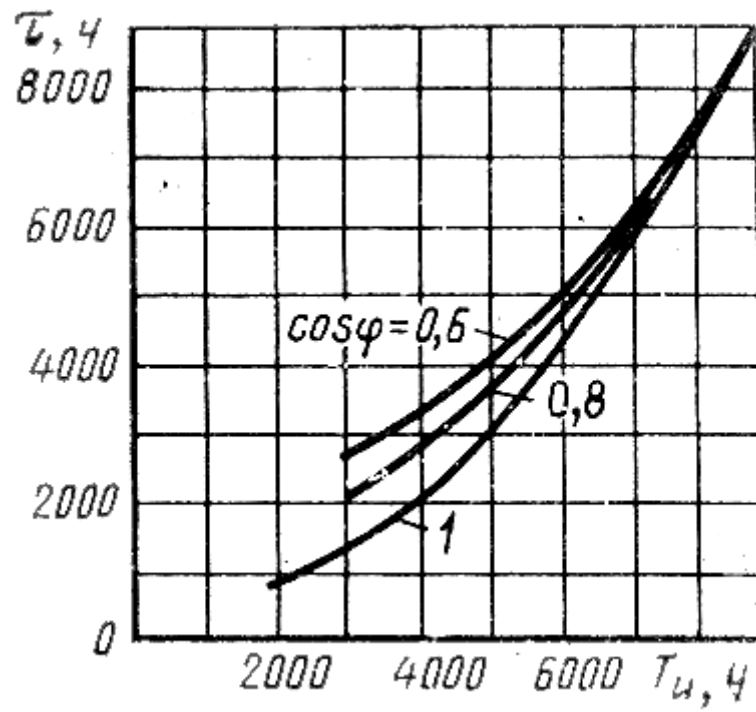


Рисунок 4.2 – Крива визначення часу максимальних втрат

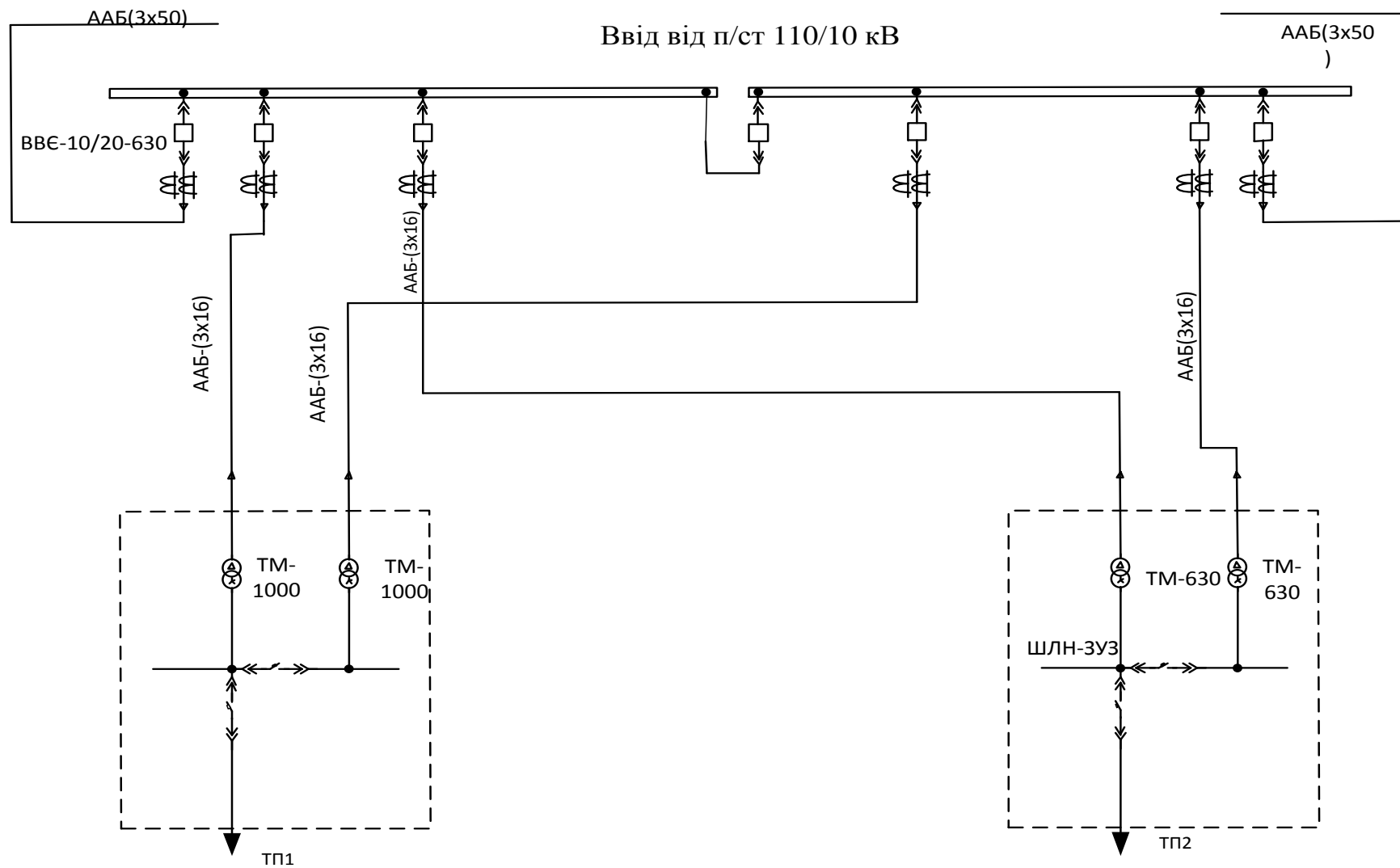


Рисунок 4.1 – Електрична схема електропостачання підприємства

Величини K_{TP} , ΔP_{xx} , $\Delta P_{кз}$ наведені в табл. 3.2 і 4.1.

Розраховуємо річні затрати для обох варіантів:

1-й варіант

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

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

$$Z_1 = (31592,5 + 22912,3) \cdot 2,75 + (25470 + 30650) \cdot (1 + 0,12) = 212742,6 \text{ грн}$$

2-й варіант

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

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

$$Z_2 = (31592,5 + 19489,1) \cdot 2,75 + 2 \cdot 30650 \cdot (1 + 0,12) = 209130,4 \text{ грн}$$

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	1x400	КБ-1	50,4
	2x400	КБ-2; КБ-3; КБ-4	108,4
	1x630	КН-2; КН-4	131,4
	2x630	2 КН-2; КН-3; 3 КН-4	254,7
	1x1000	2 КН-4; КН-2	165,0
	2x1000	2 КН-2; 2 КН-3; 4 КН-4	306,5

5. Вибір елементів мережі підприємства

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

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

$$I_{ж} = \frac{S_{M\Sigma}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2700}{2\sqrt{3}10} = 77,9 \text{ A};$$

в аварійному режимі:

$$I_{ж}^a = \frac{S_{M\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2700}{\sqrt{3} \cdot 10} = 155,9 \text{ A};$$

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

$$I_{ТП1} = \frac{1921,5}{2\sqrt{3}10} = 55,47 \text{ A}$$

від ЦРП до ТП2

$$I_{ТП2} = \frac{1023,13}{2\sqrt{3}10} = 29,54 \text{ A}$$

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

Попередній вибір високовольтних вимикачів виконуємо за напругою установки і розрахунковими струмами. Технічні характеристики вимикачів наведені в табл. 5.1.

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	-	-

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 5.2 - Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	Струм лінії, А	Аварійний струм лінії, А	Вимикач	$I_{\text{ном.в}}$ А	Марка кабелю	$I_{\text{доп}}$ 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) виконуються з метою перевірки елементів мережі підприємств на дію цих струмів. Наприклад, для перевірки вимикача, встановленого на лінії від ЦРП до ТП1, виконаємо розрахунки струмів КЗ в точках К₁, К₂, показаних на рис. 6.1.

Схема заміщення мережі для розрахунку струмів КЗ в точках К₁, К₂ наведена на рис. 6.1

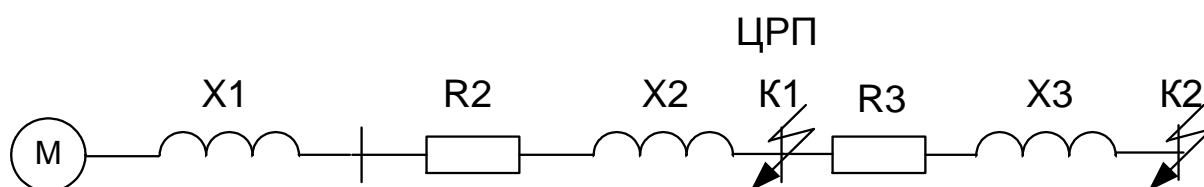


Рисунок 6.1 – Схема заміщення мережі

X₁, X₂, X₃ – індуктивні опори, відповідно, системи, кабельних ліній від системи до ЦРП та від ЦРП до ТП1; R₂, R₃, – активні опори кабельних ліній аналогічних ділянок. Індуктивний опір системи:

$$x_1 = \frac{U^2}{S_{кз}} = \frac{10^2}{200} = 0.5 \text{ Ом}; \quad (14)$$

Результати розрахунків опорів кабельних ліній наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Розрахунок параметрів ліній

Лінія	Марка кабелю	Довжина, м	г _{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

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

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

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

де

$$Z_2 = \sqrt{(R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2} = \sqrt{(1.155 + 0.048)^2 + (0.5 + 0.099 + 0.002)^2} = 1.710 \text{ Ом}$$

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

$$i_{at} = \sqrt{2} I_K e^{-\frac{t}{T_a}}, \quad (15)$$

де T_a – стала часу загасання аперіодичної складової струму;

$$T_a = X_\Sigma / f R_\Sigma, \quad (16)$$

де X_Σ, R_Σ – результуючі опори від енергосистеми (джерела) до точки КЗ, f - промислова частота 50 Гц.

Відповідно розраховуємо сталі часу згасання аперіодичної складової струму короткого замикання:

$$\text{для точки К1 - } T_{a1} = 0,599/50 \cdot 1,155 = 0,0104 \text{ с.}$$

$$\text{для точки К2 - } T_{a2} = 0,601/50 \cdot 1,603 = 0,0075 \text{ с.}$$

Розрахунковий час початку розмикання контактів вимикача τ визначається за виразом:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{в.в}, \quad (17)$$

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

$t_{e.g}$ – 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 $t = 0,01$ с за формулою:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} I_K \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right) \quad (18)$$

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 виразом:

$$B_k = I_K^2 (\tau + T_a) \quad (19)$$

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, високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, динамічну та термічну стійкість до дії струмів КЗ. Перевірка комутаційної здатності здійснюється за умовою:

$$I_{н.відк} \geq I_{nt} \quad (20)$$

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 умовою:

$$i_{дин} \geq i_{уд} \quad (21)$$

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 умовою:

$$I_t^2 t \geq B_K \quad (22)$$

де I_t - струм термічної стійкості вимикача протягом часу t ;

B_K - розрахункове значення теплового імпульсу.

У випадку коли хоча б одна з умов не виконується, то розрахунок повторюють, вибравши інший, більш потужний вимикач.

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
$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$	$i_{уд} = 6,77 \text{ кА}$	Не 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:

$$s \geq s_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} \times 10^3, \quad (23)$$

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 (підрозділу) виконується на основі таких принципів:

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

На основі аналізу розміщення ЕП, їх номінальних потужностей та з урахуванням наведених 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 розподільчої мережі наноситься нанесена на план цеху, який показаний на рис.9.2.

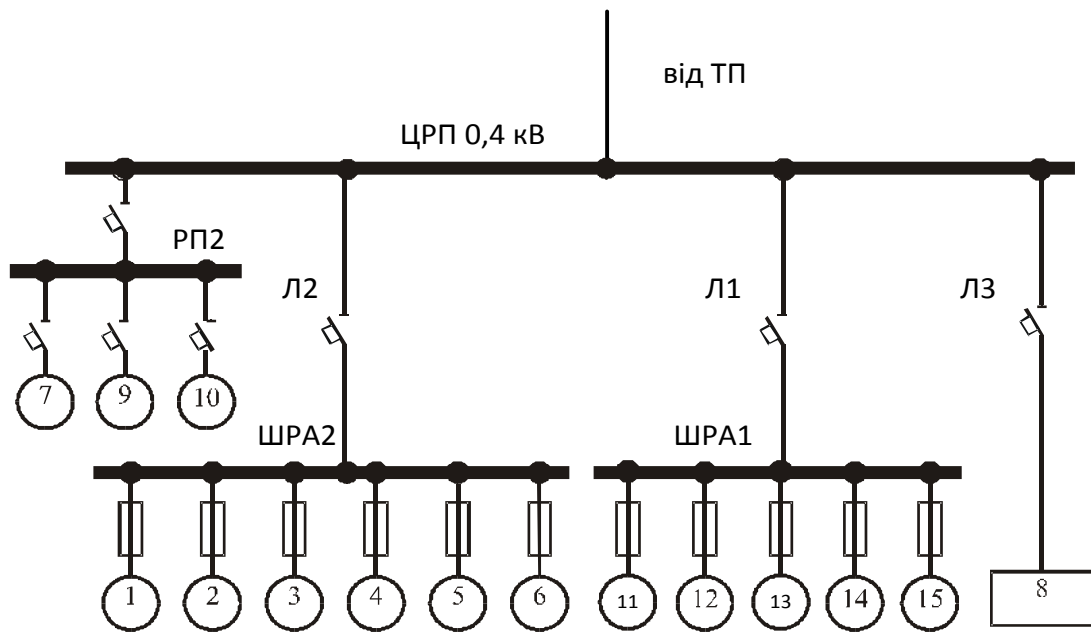


Рисунок 9.1 – Схема електричної розподільної мережі цеху

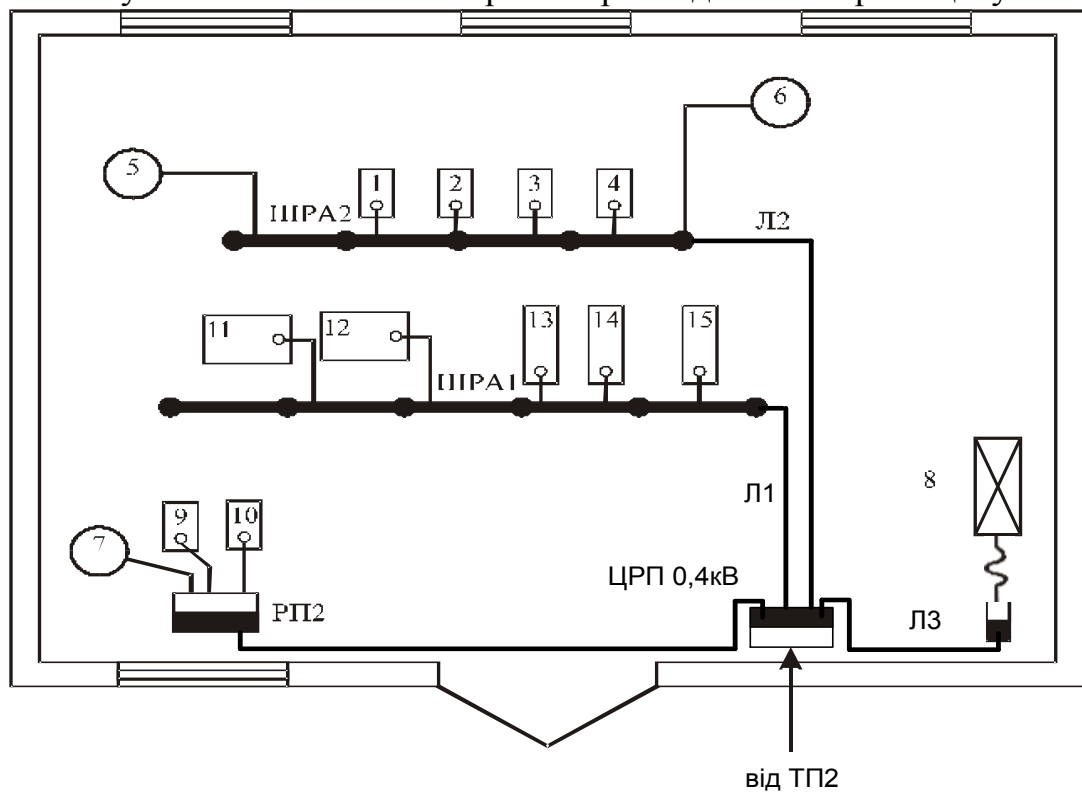





Рисунок 9.2 – План цеху з нанесенням розподільчої мережі

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 верстатів);

- з практично постійним графіком навантаження (гр. Б) ($K_B > 0,6$, вентилятори, насоси, компресори і т.д.). Числові значення K_B наведені в табл. 10.1.

2. Визначаємо встановлену потужність:

- для електроприймачів з тривалим режимом роботи:

$$P_{вст} = P_{ном} \quad (24)$$

- для електроприймачів з повторно-короткочасним режимом роботи:

$$P_{вст} = P_{ном} \cdot \sqrt{TB}, \quad (25)$$

де ТВ – 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

Найменування приймачів	Коефіцієнти	
	Використання, K_B	потужності, $\cos \varphi$
Переносний електроінструмент	0.06	0.5
Вентилятори і ексгаустери	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
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
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
Оберткові 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

Найменування приймачів	Коефіцієнти	
	використання, K_B	потужності, $\cos \varphi$
Вентилятори технологічні	0.57	0.75
Транспортери клінкера	0.45	0.7
Холодильники	0.53	0.75
Електрофільтри	0.6	0.85
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
Вугільні млини	0.7	0.83
Електрокалорифери	0.6	0.88
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
LED - лампи	0,9-0,95	0,98

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

$$P_{3M} = K_B \cdot P_{НОМ}; \quad Q_{3M} = P_{3M} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (26)$$

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.

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

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

Примітка. $P_{МАКС}, P_{МИН}$ – величини потужностей, відповідно, найбільш і найменш потужних споживачів.

Таблиця 10.3 - Коефіцієнти максимуму K_M для різних коефіцієнтів використання K_B в залежності від кількості електроприймачів 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

4. Розраховуємо величину K_B для групи ЕП:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{ei} \cdot P_{НОМi}}{\sum_{i=1}^n P_{НОМi}}. \quad (27)$$

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 виразами:

для групи А:

$$P_M = K_M \cdot P_{3M}, \quad Q_M = \begin{cases} 1.1 \cdot Q_{3M}, & \text{якщо } n_e \leq 10 \\ Q_{3M}, & \text{якщо } n_e > 10 \end{cases} \quad (28)$$

для групи Б:

$$P_M = P_{3M}, \quad Q_M = Q_{3M} \quad (29)$$

7. Знаходимо розрахункове повне навантаження:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (30)$$

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

$$P_{3M11} = k_B \cdot P_{НОО11} = 0.14 \cdot 30 = 4.2 \text{кВт};$$
$$Q_{3M11} = P_{3M11} \cdot \text{tg } \varphi = 4.2 \cdot 0.7 = 2.94 \text{кВАр}.$$

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 виконуємо 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		$K_v \cdot P_n$			$K_v \cdot P_n \cdot \text{tg}\phi$	Активна, кВт P_M	Реактивна, квар Q_M		Повна, кВА S_M	
Найменування ЕП	Кількість ЕП,	Номінальна потужність, кВт		Коефіцієнт вико-	Коефіцієнт потужності, $\cos\phi/\text{tg}\phi$									
		Одно-го ЕП	Загал-ьна											
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, Км	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А
За завданням технологів				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,	Номінальна потужність, кВт		m	Коефіцієнт вико-	Коефіцієнт потужності $\cos\varphi/\text{tg}\varphi$								
	Одног о ЕП	Загал ьна												
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 розподільної мережі цеху (підрозділу)

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

Рекомендації щодо вибору елементів цехової мережі

Вибір елементів мережі цеху рекомендується виконувати за наступним алгоритмом: (рис. 11.1)



Рисунок 11.1 – Алгоритм вибору елементів мережі цеху (підрозділу)

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

Таблиця 11.1 – Критерії вибору елементів мережі

№ п/п	Критерій вибору перерізу	Вид цехових мереж (до 1000 В)	
		Силові	Освітлювальні
1.	За нагріванням	розрахунковий	перевірочний
2.	За втратою напруги	перевірочний	розрахунковий
3.	За економічною густиною 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 виконується у відповідності до наведених вище рекомендацій в такій послідовності:

- вибираємо спосіб прокладання ліній, марку проводів та кабелів;
- визначаємо переріз проводів і кабелів за допустимим нагріванням;
- визначаємо, до якої 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 уставка 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 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 кранбалки - використовується мідний гнучкий кабель КРПО.

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_M}{K_{\text{п}}}, \quad (31)$$

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

$$I_M = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{27,53}{\sqrt{3} \times 0,4} = 41,8 \text{ A}$$

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, мм ²	Струм А для проводів, прокладених:					
	відкрито	В одній трубі				
		двох одно- жильних	трьох одно- жильни х	чотирь ох одно- жильни х	Одного дво- жильног о	одного три- жильног о
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 наведені в табл. 11.3.

За розрахунковими струмами шинопроводів та даними табл. 11.4

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

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 ²	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
ЦРПО,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	—//—	—//—
РП – 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	Номинальний струм, $I_{ном}$, А	Динамічна стійкість, кА	Переріз робочої шини, мм ²
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
ШРМ-75	100	10	3,5×11

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 не 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; α — 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:

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

Таблиця 11.5 – Характеристики запобіжників

Тип	Номінальна напруга $U_{НОМ}$, В	Номінальний струм $I_{НОМ}$, А		Межа струму вимкнення, кА (при $U=380В$)
		запо-біжника	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:

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

Результати розрахунків з вибору запобіжників наведені в табл.11.6.

Таблиця 11.6 – Результати розрахунків з вибору запобіжників

Ділянка	I_M , А	$I_{П/\alpha}$, А	Технічні дані			
			Тип	$I_{Н.ЗАП}$, А	$I_{ВСТ}$, А	$I_{ГРАН}$, кА
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:

$$I_{нр} \geq k_{від} I_M; \quad I_{СПР.е} \geq k_n I_n \quad (32)$$

де $I_{СПР.е}$ — струм спрацювання електромагнітного розчеплювача; $I_{нр}$ — номінальний струм розчеплювача автомата; $k_{від}$, k_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		$k_{відс}$	k_n
ВА, А3700, АП50, А3110	Комбінований		1	2,1
ВА, А3700, А3790	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
А3120 -А3140	Комбінований		1	1,9

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

$$I_{ли} = I_{ПУСК}^{max} + (I_M^{\wedge} - K_B \cdot I_H^{max}), \quad (33)$$

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

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

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: А3710Б; $I_{н.р.} = 80 \text{ А}$;

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

$I_{гран} = 36 \text{ кА}$,

Результати розрахунків з вибору автоматів приведено в табл. 11.8.

Таблиця 11.8 – Вибір автоматів

Ділянка	$I_M, \text{ А}$	$I_{ПВСК}^{\max}, \text{ А}$	K_B	$I_H^{\max}, \text{ А}$	$1,25 \cdot I_{лп}, \text{ А}$	Технічні дані вимикача				
						$I_N, \text{ А}$	$I_{нр}, \text{ А}$	$I_{спр.е}, \text{ А}$	$I_{ГРАН}, \text{ кА}$	Тип
ЦРП-ШР1	42	97	0,14	19,4	437	80	50	630	36	А3710Б
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 отриманих даних, вибираємо конструктивне виконання РП.

Перевірка відповідності вставки захисного апарата і допустимого струму ліній

Перевірка відповідності вставки захисного апарата і допустимого струму ліній виконується 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, гумова)	з негорючою ізоляцією (паперова, вулканізовані й 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 наведені умови в табл. 11.9 для всіх ліній цеху. Результати розрахунків заносяться в табл.11.10.

Таблиця 11.10 – Результати виконання умов захищеності провідників для всіх ліній цеху

Лінія	I_3, A	K_3	$K_3 \cdot I_3, A$	$I_{доп}, A$	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

З таблиці 11.10 видно, що для лінії РП2-ЕП 10 умова не виконується, необхідно збільшити переріз лінії.

В результаті перерахунків одержимо:

$$\text{РП2-ЕП 9} \quad I_{доп} = 38 \text{ А}; S = 10 \text{ мм}^2;$$

$$\text{РП2-ЕП 10} \quad I_{доп} = 55 \text{ А}; S = 16 \text{ мм}^2$$

Перевіримо, чи виконується умова $I_{доп} \geq K_3 \cdot I_3$ для новообраного провідника лінії:

$$\text{РП2-ЕП 9} \quad 38 > 32 \text{ А};$$

$$\text{РП2-ЕП 10} \quad 55 > 40 \text{ А}.$$

Вказана умова виконується для цієї лінії, а отже для всіх захисних апаратів мережі РП2-цеху.

12. Розрахунок струмів короткого замикання в електромережі цеху (підрозділу) та перевірка чутливості автоматів

Вибрані в 4-му розділі автоматичні вимикачі необхідно перевірити на чутливість при дії струмів однофазного короткого замикання (КЗ). Для прикладу перевіримо автоматичні вимикачі, встановлені на ділянках ЦРПО, 4кВ – РП2 та РП2 – С10 (електрованна). Відповідно проведемо розрахунок струмів КЗ в точках К1, К2 і К3 для розрахункової схеми, представленої на рисунку. Характеристики елементів наведені в табл. 12.1.

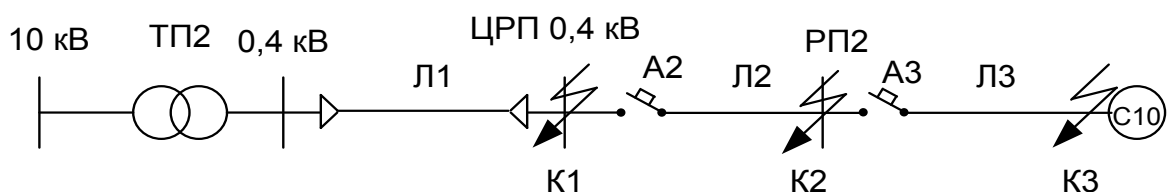


Рисунок 12.1 - Розрахункова схема мережі

Таблиця 12.1 – Характеристики елементів мережі

Назва елемента	Характеристика елемента
ТП2	ТМ-630, $U_k = 5,5\%$
Л2	АПРТО 3x50+1x25, $l=10$ м
Л3	АПРТО 3x10+1x6, $l=4$ м

Для кабелю, який з'єднує ТП2 з ЦРП 0,4кВ, з таблиці 12.4 знаходимо питомі опори:

$$x_{\text{пит}} = 0,065 \text{ мОм/м}, \quad r_{\text{пит}} = 0,549 \text{ мОм/м}, \quad z_{\text{питФ-Н}} = 1,59 \text{ мОм/м}.$$

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 наведені в табл. 12.2. Для розрахунків 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:

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

Для інших точок мережі розрахунки виконуються аналогічно.

Таблиця 12.2 – Величини опорів ділянок мережі

Назва ділянки	Величини опорів ділянок							
	Активний			Індуктивний			Петлі фаза-нуль	
	Питомий опір, мОм/м	Довжина лінії, м	Опір, мОм	Питомий опір, мОм/м	Довжина на лінії, м	Опір, мОм	Питомий опір, мОм/м	Опір мОм
ТП-ЦРПО,4	0,549	40,0	22,0	0,065	40,0	2,6	1,59	63,6
ЦРПО,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

У відповідності до заданих величин коефіцієнтів чутливості (табл.12.6) перевіримо автомати АЗ710Б на чутливість до струмів короткого замикання на ділянках:

ЦРП 0,4 кВ – РП2

$$K_{ч2} = \frac{I_{к2}^{(1)}}{I_{спр.А2}} = \frac{2830}{400} = 7.07 > 1.25,$$

де 1.25 – величина коефіцієнта чутливості, відповідно, (табл. 12.6) для автомата

та РП2 – С10 (електрованна)

$$K_{ч3} = \frac{I_{к3}^{(1)}}{I_{спр.А3}} = \frac{1870}{400} = 4,67 > 1.25.$$

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

З'єднання обмоток	S _{ном.т.} кВ·А	U _к , %	R _т	X _т	R _{от}	X _{от}	Z' _{от}
Y/Y _н	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
Δ/Y _н	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_K – напруга короткого замикання

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

Переріз жил, мм^2	$R_{\text{пит}}$	$X_{\text{пит}}$	$Z_{\text{ф-н}}$
3×4 + 1δ2,5	9,610	0,098	24,08
3×6 + 1δ4	6,410	0,094	15,43
3×10 + 1δ6	3,840	0,088	9,88
3×16 + 1δ10	2,400	0,084	5,92
3×25 + 1δ16	1,540	0,072	3,70
3×35 + 1δ16	1,100	0,068	3,35
3×50 + 1δ25	0,769	0,066	2,22
3×70 + 1δ35	0,549	0,065	1,59
3×95 + 1δ90	0,405	0,064	1,13
3×120+1δ50	0,320	0,064	1,05
3×150 + 1δ70	0,256	0,063	0,82
3×185 + 1δ70	0,208	0,063	0,73

Таблиця 12.5 – Питомі опори шинопроводів, мОм/м

Тип шинопроводу	$I_{\text{ном.ш}}, \text{A}$	$R_{\text{ш}}$	$X_{\text{ш}}$	$Z_{\text{ф-н}}$
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

Тип шинопроводу	$I_{\text{НОМ.Ш}}, \text{ A}$	$R_{\text{Ш}}$	$X_{\text{Ш}}$	$Z_{\text{Ф-Н}}$
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	$I_{\text{н.вст}} \leq \frac{I_{\text{к.мін}}^{(1)}}{3}$	$I_{\text{н.вст}} \leq \frac{I_{\text{к.мін}}^{(2)}}{4}$
Автоматичні вимикачі з тепловим або напівпровідниковим розчеплювачем	$I_{\text{н.розч}} \leq \frac{I_{\text{ѐ.мін}}^{(1)}}{3}$	$I_{\text{н.розч}} \leq \frac{I_{\text{ѐ.мін}}^{(1)}}{6}$
Автоматичні вимикачі тільки з електромагнітним розчеплювачем	$I_{\text{с.ем}} \leq \begin{cases} I_{\text{к.мін}}^{(1)} / 1,4 & \text{при } I_{\text{НОМ.В}} \leq 100 \text{ A,} \\ I_{\text{к.мін}}^{(1)} / 1,25 & \text{при } I_{\text{НОМ.В}} > 100 \text{ A} \end{cases}$	

Висновок

В даній роботі було розроблено систему електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест».

Було розраховано навантаження котельні та підприємства в цілому, з використанням усіх норм та використанням коефіцієнтів: використання, питомого освітлення, попиту, одночасності.

Навантаження котельні склало: $S_{\text{кот.}} = 387,13$ кВА

Навантаження підприємства ТОВ «Барлінек Інвест» склало: $S_{\text{підп.}} = 2016,27$ кВА

Було розроблено схему електропостачання підрозділу – котельні та підприємства. Схему живлення котельні для забезпечення надійної роботи була виконана за радіально – магістральною схемою живлення. Для схеми живлення підприємства була враховані затрати на спорудження електричної мережі та подані два варіанти підключення споживачів підприємства.

Обрані також живлячі провідники підрозділу та мережі підприємства в цілому. Перевірені на допустиму, та термічну стійкість на основі розрахунку коротких замикань. Обрано комутаційно - захисну апаратуру для мережі підприємства та підрозділу. Зроблено перевірку обраної комутаційно - захисної апаратури.

Розрахована система електропостачання для ТОВ «Барлінек Інвест» є надійною та забезпечує рівень безперебійного електропостачання.

Література

1. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. Методичні вказівки по оформленню дипломних робіт магістра для студентів ОКР «Магістр» спеціальності 8.10010101 «Енергетика сільськогосподарського виробництва» та студентів ОС «Магістр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка». Вінниця: ВНАУ. 2016. 64 с.
2. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А. Колісник М.А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навч. посіб. Вінниця. ТОВ "ТВОРИ". 2020. 332 с.
3. Матвійчук В. А. Рубаненко О. Є. Гунько І.О. Діагностування електрообладнання. Вінниця: ВНАУ, 2020. 138 с.
4. Возняк О.М. Штуць А.А. Колісник М.А. Сучасні системи електроприводів. Теорія та практика частина 1. Вінниця: ТОВ "ТВОРИ". 2021. 280 с.
5. Калетнік Г. М., Булгаков В. М., Черниш О. М. Технічна механіка. 2011. 340 с.
6. Рубаненко О.Є. Високовольтні вводи. Конструкція, експлуатація, діагностика і ремонт. Вінниця: ВНТУ. 2011. 183 с.
7. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. 2013. 216 с.
8. Б.А. Алексеев, Ф.Л. Коган, Л.Г. Мамикоянца. Объем и нормы испытаний электрооборудования. 2011. 256 с.
9. Аналіз результатів моніторингу паперово-оливної ізоляції конденсаторного типу енергетичного обладнання О.О. Рубаненко, І. І. Смагло. Режим доступу до журн.: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2013/ineeem/txt/smaglo.pdf>
10. Ю.Г. Айзенберга Справочная книга по светотехнике. М.: Энергоатомиздат, 1983. 472 с.

11. Овчаренко А.С., Розинский Д.И. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий. Киев: Техніка, 1989. 287 с.
12. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1987. 368 с.
13. Овчаренко А.С. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет. Киев: Техніка, 1985. 185 с.
14. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1986. 648 с.
15. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергия, 1980. 600 с.
16. Возняк О.М. Штуць А.А. Замрій М.А. Розробка мікропроцесорного контролера для вимірювання лінійного переміщення рухомих органів виконавчих механізмів вібраційних машин. Вібрації в техніці та технологіях. 2020. № 2(101). С. 71–84.
17. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Вінниця: ВДТУ, 2001 71 с.
18. “Тарифи | ПАТ «Вінницяобленерго»” [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees>.
19. О.В. Бабенко. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Енергетичний аудит». Вінниця. ВНТУ. 2008. 35с.
20. Рожков А.П. Пожежна небезпека: Навчальний посібник. 2008. 256 с.
21. Осовська Г.В. Основи менеджменту. 2003. 556 с.
22. ГОСТ 11.1.030 – 81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. Измерения. 1987.
23. ГОСТ 11.1.005 – 88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

24. ОНТП 24 – 86.Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности.

25. СНиП 2.01.02 – 85. противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

26. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Вінниця ВНТУ. 2006. 95с.

27. О.В. Кобилянський., О.П. Терещенко Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. ВНТУ, 2007. 46 с.

28. О. В. Кулаков, В. О. Росоха. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках. 2011.

29. Рекомендации по выбору и применению ограничителей перенапряжения производства ЗАО "ЗЭТО" для оптимальной защиты электрооборудования. 2006. 23 с.

30. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» Вінниця. ВНТУ. 2005. 148 с.

31. Коэффициенты Кс и Ки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eom.com.ua/index.php?PHPSESSID=1uan485eu6hrv4cq9m1pkhkss0&action=dlattach;topic=13993.0;attach=12790> (дата звернення 27.01.2015). - Назва з екрана.

32. Єдина тарифна сітка розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ та організацій окремих галузей бюджетної сфери. Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000596.html

33. Вакуумныевыключателисерии ВВ/TEL [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://tavrida-ua.com/products/vacuumswitch.html> (дата звернення 01.02.2015). - Назва з екрана.

34. Г. М.Калетнік, А. О. Заїнчковський, Г. М. Решетнюк, А. Г. Болдуй. Економіка підприємств харчової промисловості. 1998. 272 с.

Додаток А
Технічні дані автоматичних вимикачів напругою до 1000 В

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

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний 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	630	
	160	160, 125, 100 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
А3714 Б	32	32, 25, 20, 16	1600	14
	40	40, 32, 25, 20	1600	18
	80	80, 63, 50, 40	1600	35
	160	160, 125, 100, 80	1600	75
А3724 Б	160	160, 125, 100, 80	2500	75
	250	250, 200, 160	2500	75
А3734 Б	250	250, 200, 160	4000	100
	400	400, 320, 250	4000	100
А3744 Б	400	400, 320, 250	6300	100
	630	630, 500, 400	6300	100
А3734 С	250	250, 200, 160	-	50
	400	400, 320, 250	-	50
А3744 С	400	400, 320, 250	-	60
	630	630, 500, 400	-	60

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

Тип	Номінальний струм вимикача, А	Номінальний 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	Номінальний струм вимикача, А	Номінальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.роз}}$	Діюче значення номінального струму вимкнення, кА
ВА 51Г-25	25	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
	100	6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80;100	3, 7, 10	
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	Номінальний струм вимикача, А	Номінальний 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	$\frac{I_{н.роз}}{I_{ном.в}}$	$\frac{I_{с.в}}{I_{н.роз}}$	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	$\frac{I_{н.роз}}{I_{ном.в}}$	$\frac{I_{с.в}}{I_{н.роз}}$	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 підприємств

Варіант 1

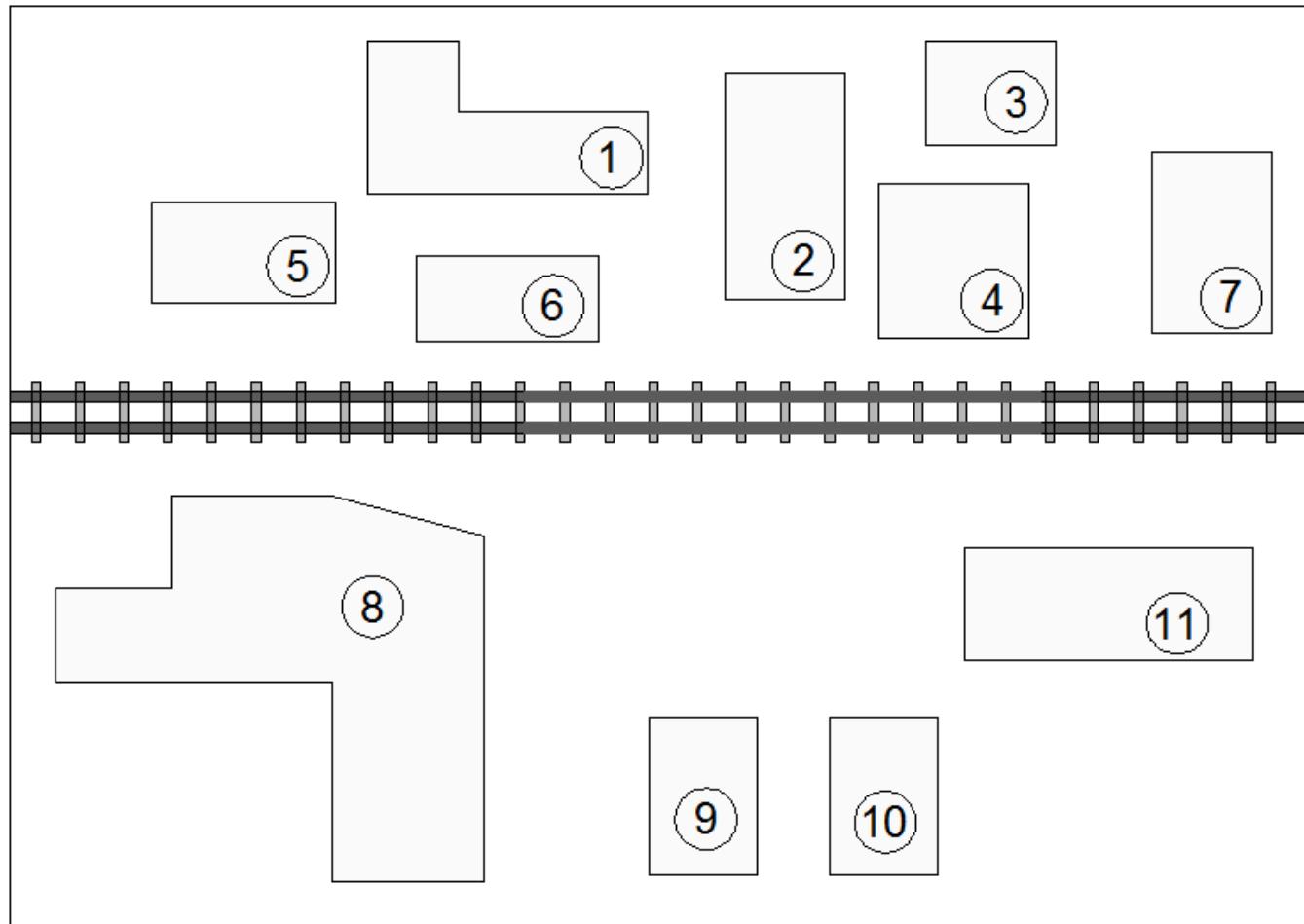


Рисунок Б.1 - Генплан цукрового заводу

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

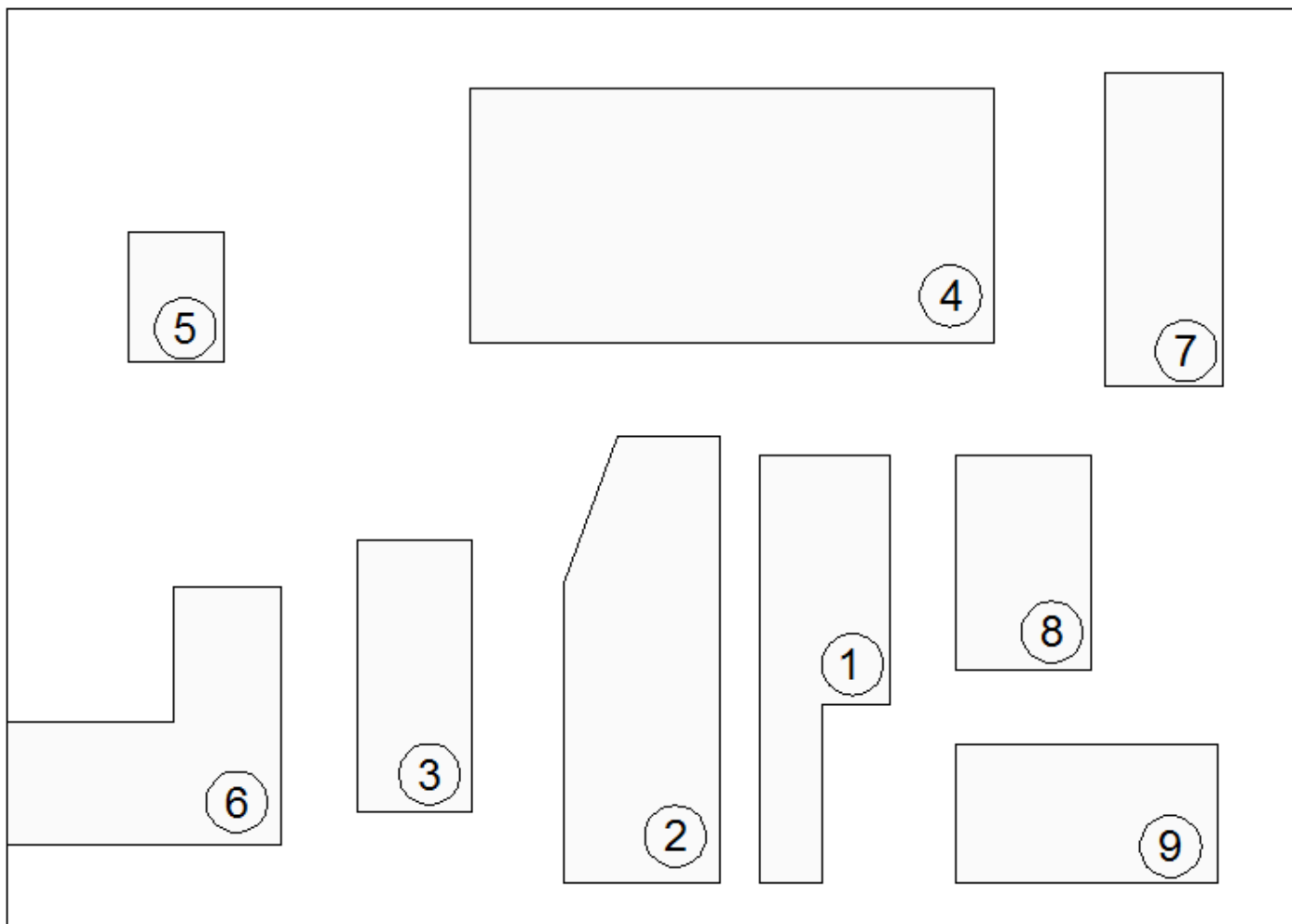


Рисунок Б.2 - Генплан ткацької фабрики

Таблиця Б.2- Відомості про електричні навантаження ткацької фабрики

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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. Швейний	2	630	700	1200	1000	1100	800	750	600	1200	700
5. Ливарний	2	600	500	400	—	450	570	650	—	620	520
6. Механічний	2	—	720	680	660	—	570	480	650	—	700
7. Заводоуправління	1	100	95	80	150	110	87	93	120	117	85
8. Гараж	2	100	58	85	83	75	120	110	93	80	78
9. Склад готової продукції	2	50	20	60	70	55	47	45	30	43	62

Варіант 3

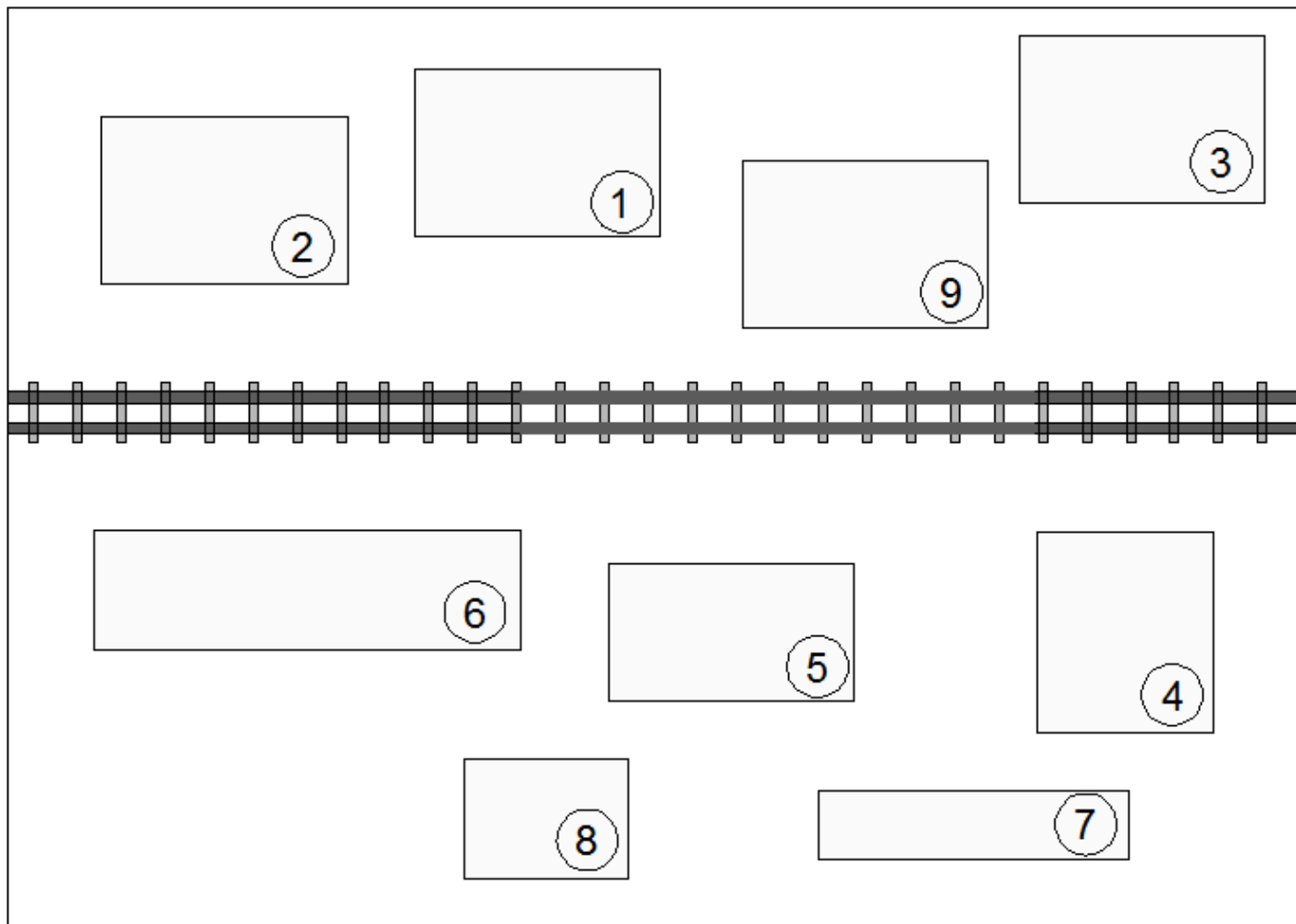


Рисунок Б.3 - Генплан ремонтного заводу

Таблиця Б.3- Відомості про електричні навантаження ремонтного заводу

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. Електричний	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

Варіант 4

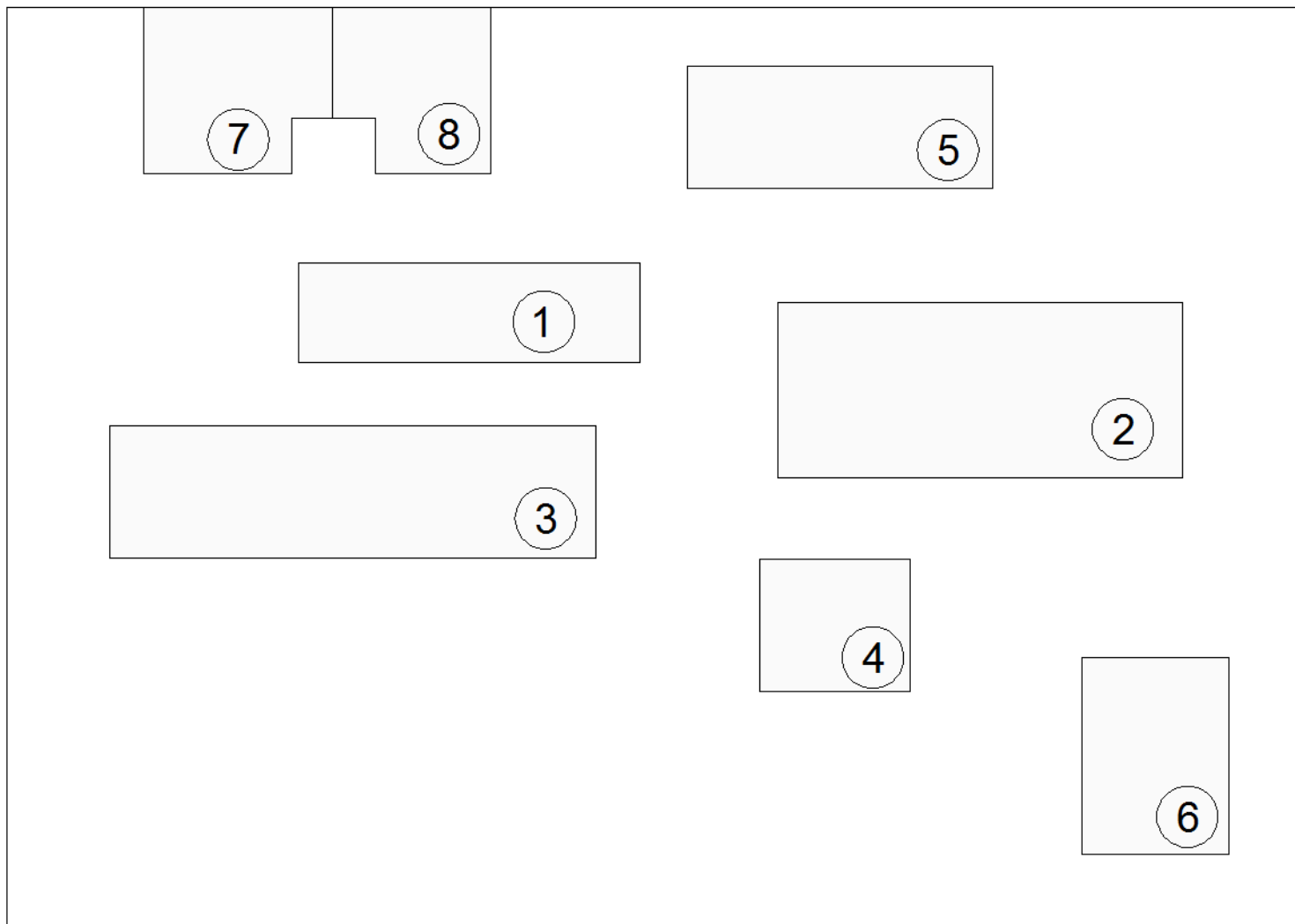


Рисунок Б.4 - Генплан авторемонтного заводу

Таблиця Б.4- Відомості про електричні навантаження авторемонтного заводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Головний	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. Заводоуправління	1	120	110	120	140	130	125	137	145	135	115
8. Лабораторія	1	100	97	112	125	85	118	90	80	80	85

Варіант 5

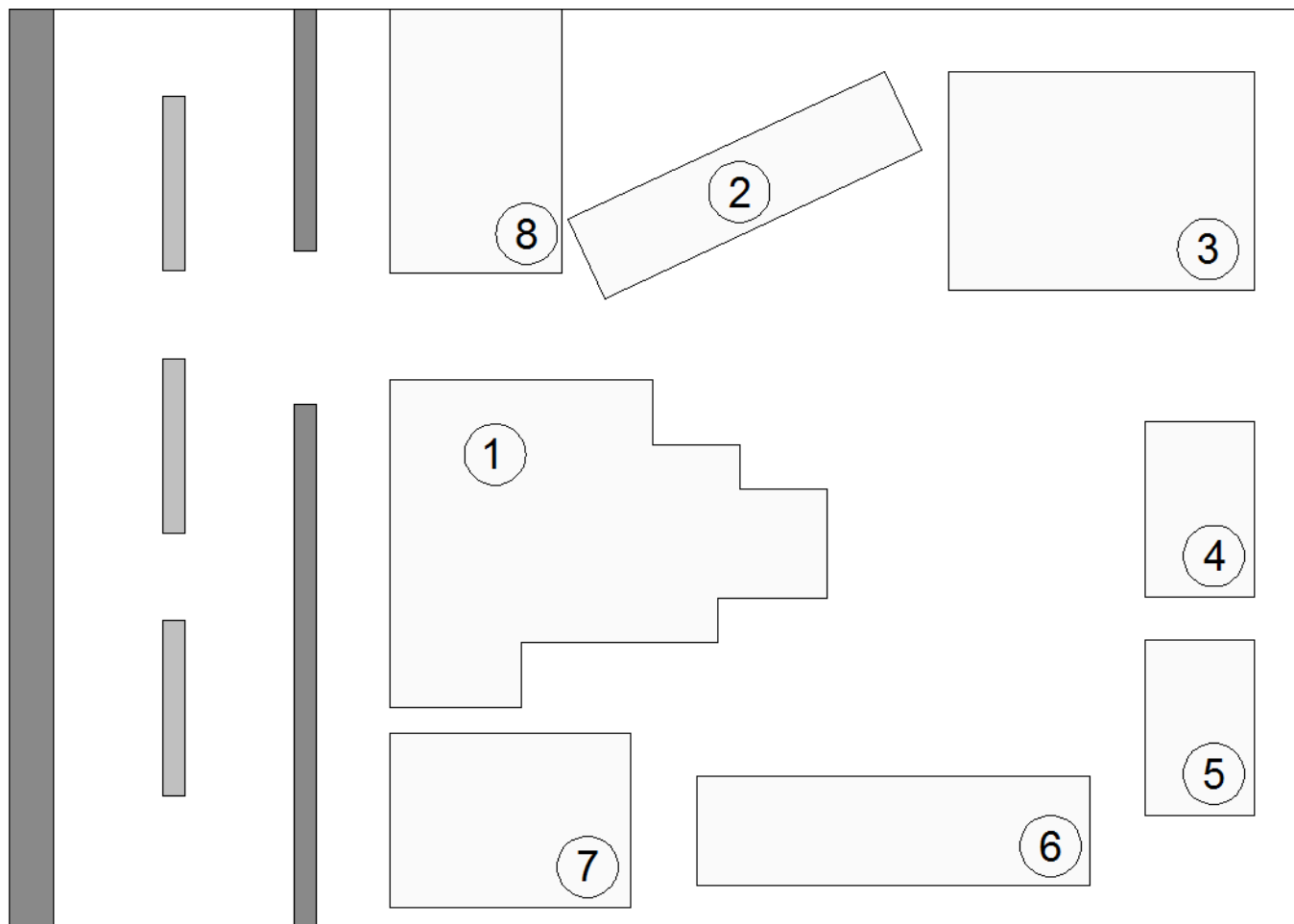


Рисунок Б.5 - Генплан лікєро-горілчаного заводу

Таблиця Б.5-Відомості про електричні навантаження лікєро-горілочного заводу

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Цех розливу	2	1500	1100	1000	1200	1000	1300	800	700	900	1000
2. Адміністративний корпус	2	280	—	170	150	300	—	200	250	210	—
3. Купажний	2	200	250	400	300	200	360	500	400	500	300
4. Лабораторія	2	380	280	400	420	250	300	350	410	300	200
5. Тарний	3	160	300	240	200	160	180	250	200	230	300
6. Їдальня	2	150	200	220	170	160	210	160	90	130	120
7. Склад готової продукції	2	180	250	200	230	190	160	300	240	200	160
8. Фірмовий магазин	1	100	60	54	65	33	70	40	55	30	35

Варіант 6

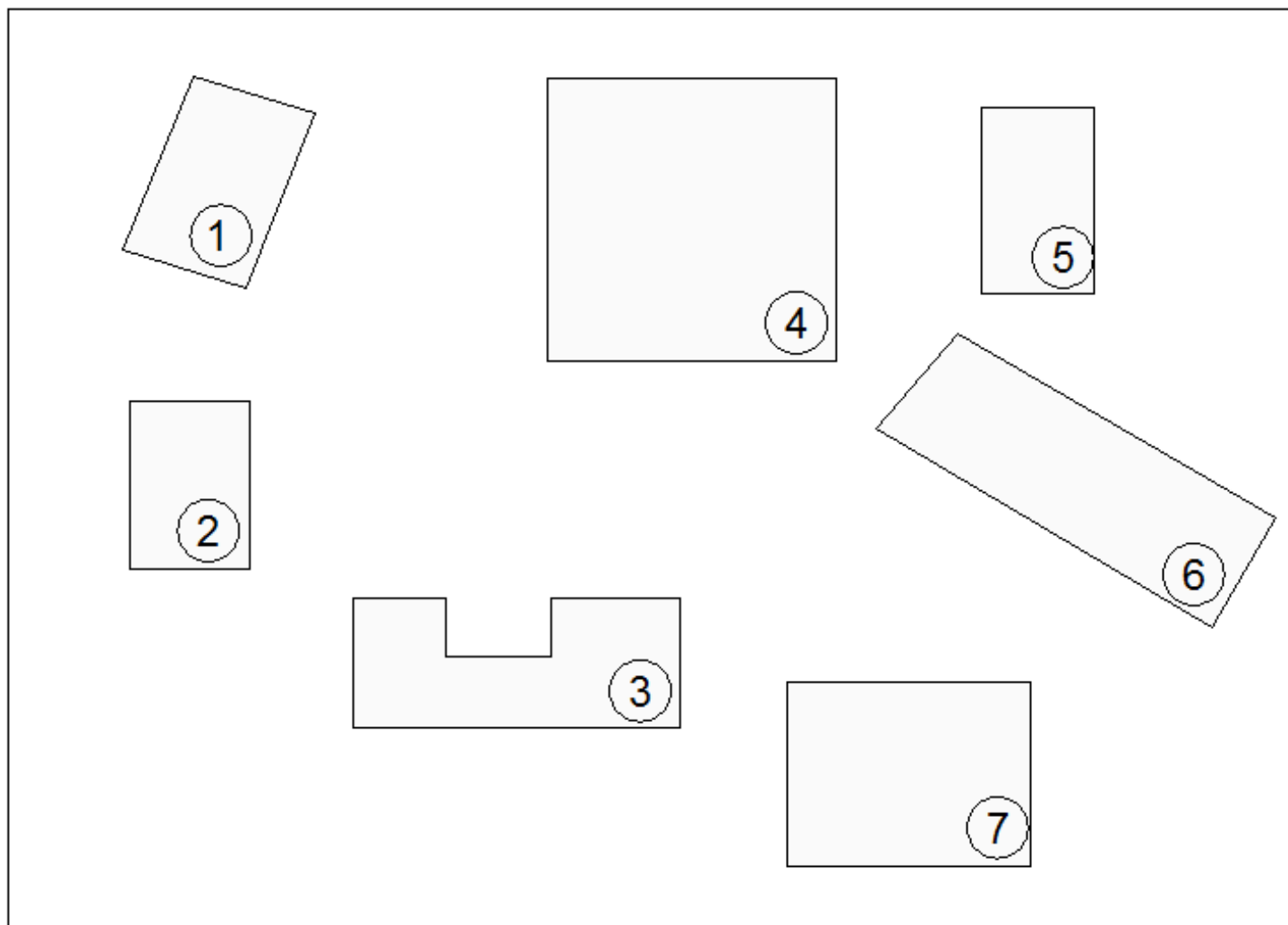


Рисунок Б.6 - Генплан елеватора

Таблиця Б.6- Відомості про електричні навантаження елеватора

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Контора	3	300	120	140	350	520	400	720	180	440	280
2. Лабораторія	3	20	40	70	80	45	34	25	47	96	100
3. Дільниця сировинних млинів 0,38 кВ	3	1180	1400	1600	2100	1500	2500	2700	1000	2400	2000
4. Елеваторний цех	3	1300	1200	1700	1600	2500	1500	1650	1200	1100	900
5. Дільниця первинного подрібнення	3	320	250	480	150	120	140	180	210	150	450
6. Дільниця електрофільтрації	3	2400	1200	1400	1700	1500	2100	3200	1100	2200	2000
7. Об'єднаний склад	3	862	400	520	640	350	210	340	500	420	180

Варіант 7

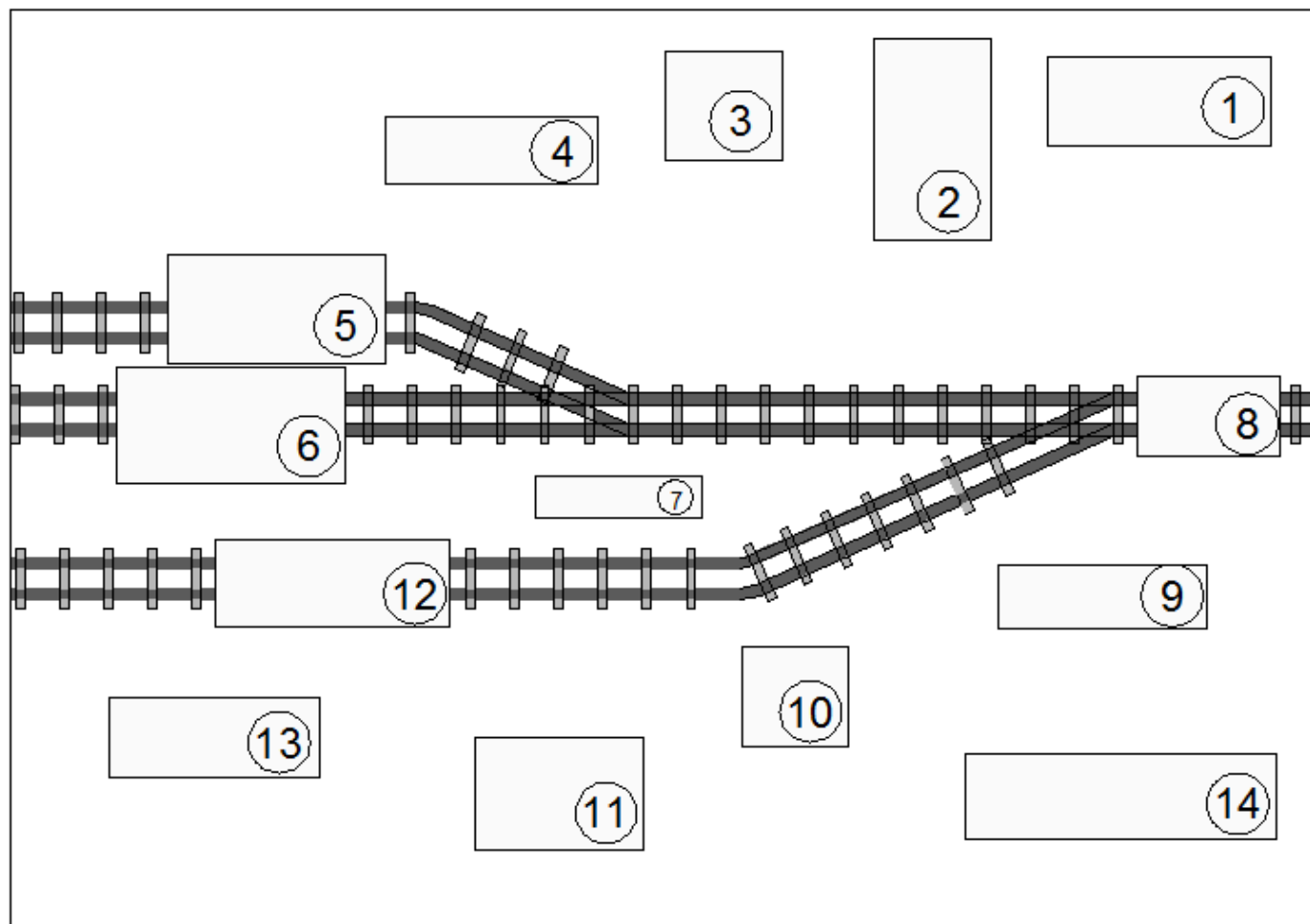


Рисунок Б.7 - Генплан вагоноремонтного підприємства

Таблиця Б.7 - Відомості про електричні навантаження вагоноремонтного підприємства

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. Колісний	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

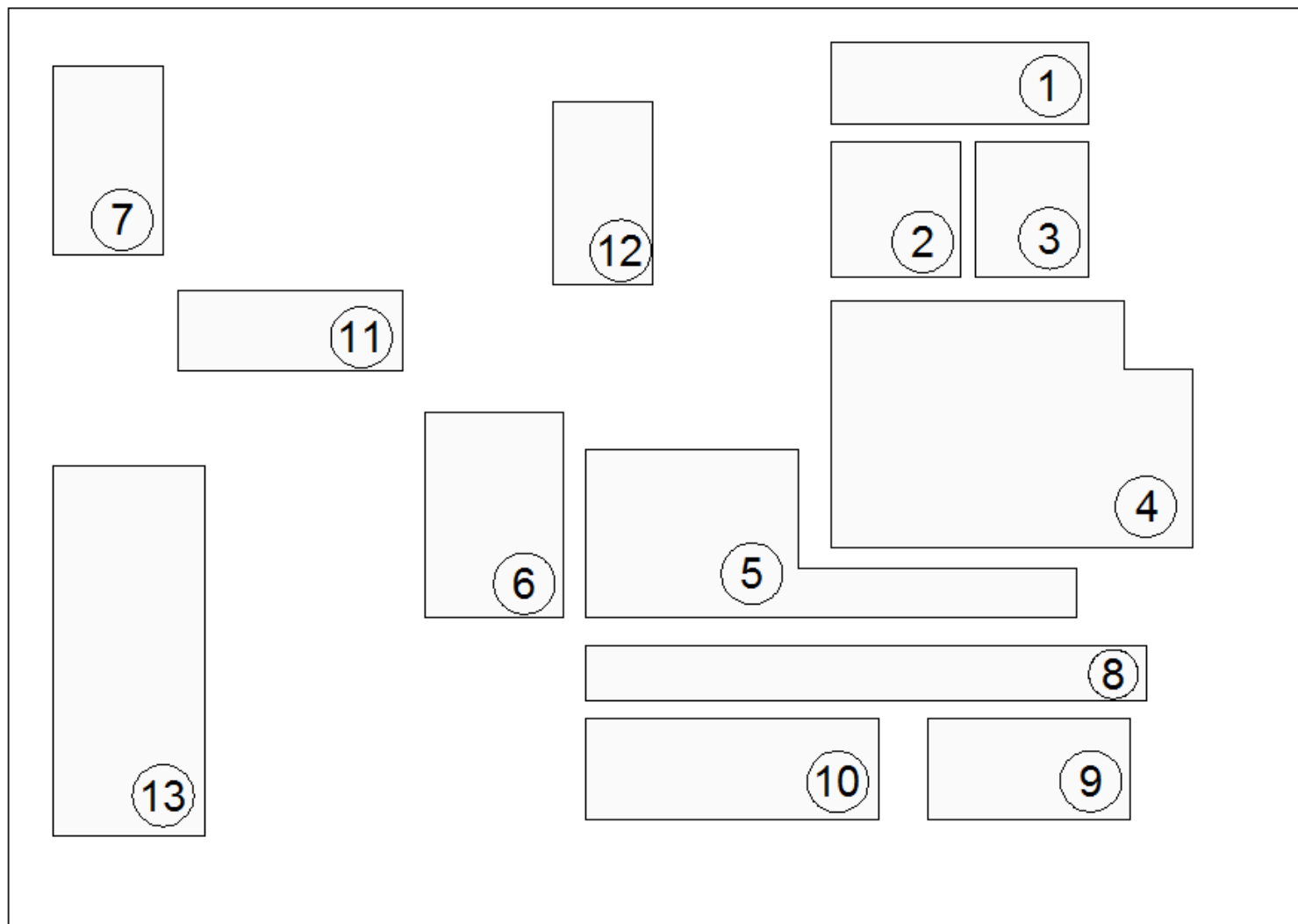


Рисунок Б.8 - Генплан інструментального заводу

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. Компресорна 10кВ	3	1200	2500	1000	1600	900	1100	1300	2000	2800	1400

Варіант 9

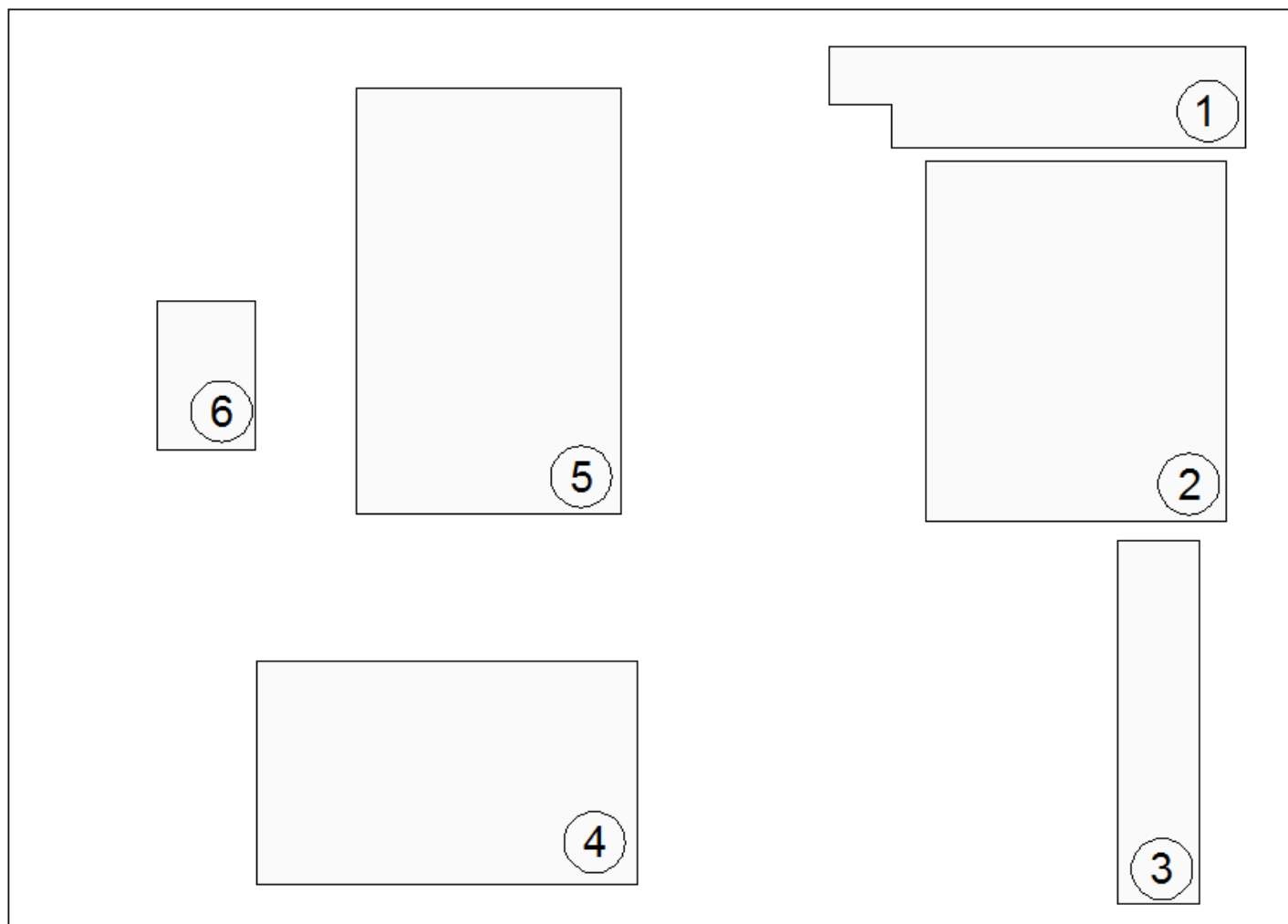


Рисунок Б.9 - Генплан заводу безалкогольних напоїв

Таблиця Б.9- Відомості про електричні навантаження заводу безалкогольних напоїв

Назва цеху	Кількість змін	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. Головний корпус	3	900	980	800	700	990	380	500	480	800	900
2. Заготівельний цех	1	60	75	50	90	105	75	100	75	105	110
3. Цех розведення	2	500	600	-	720	-	750	520	900	950	—
4. Цех розливу	2	1200	—	700	1000	600	—	1100	1200	1000	400
5. Склад готової продукції	2	490	420	340	700	650	520	330	300	750	850
6. Лабораторія	2	70	100	110	60	80	150	120	90	105	140

Варіант 10

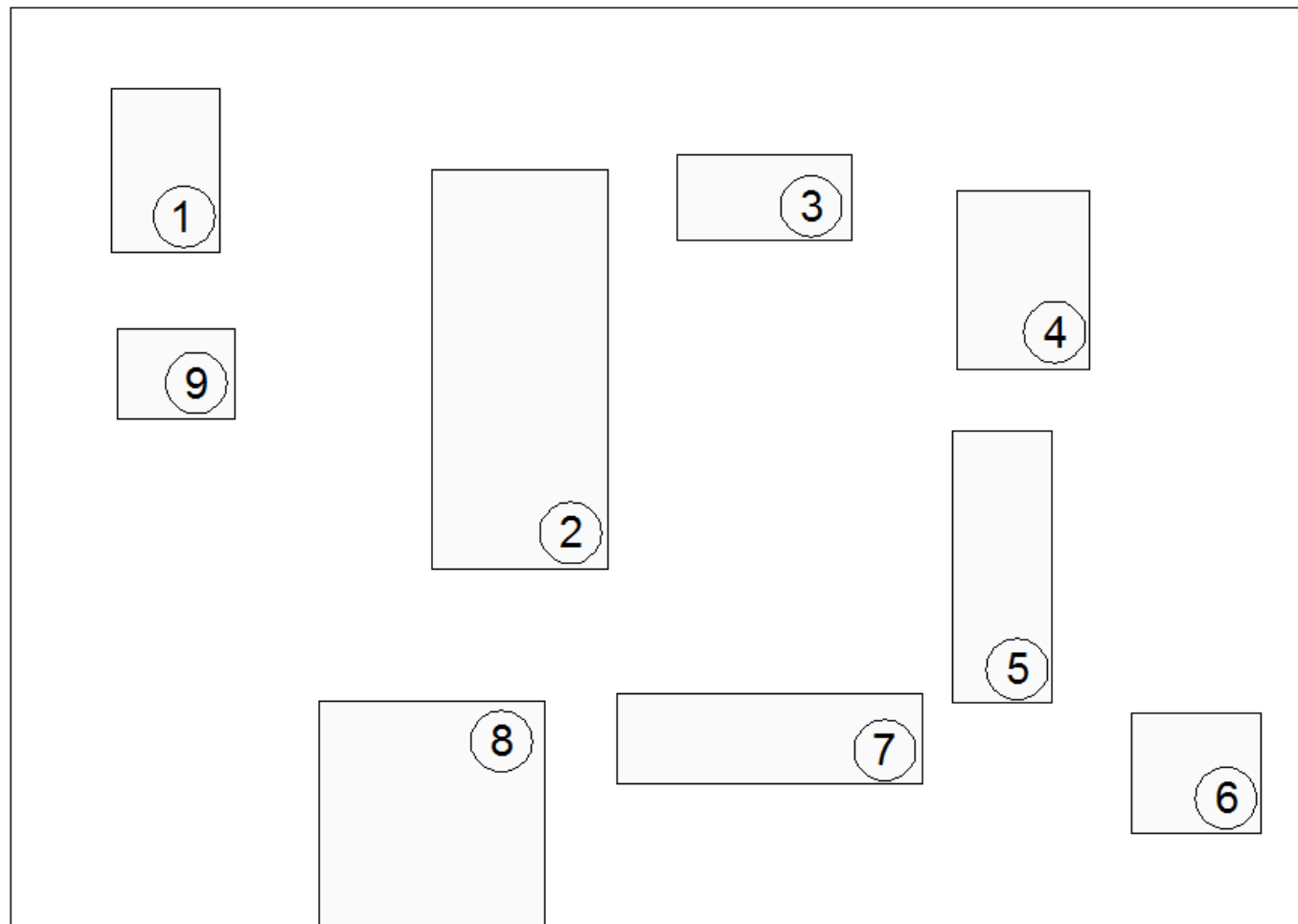


Рисунок Б.10 - Генплан комбінату хлібопродуктів

Таблиця Б.10- Відомості про електричні навантаження комбінату хлібопродуктів

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Заводоуправління	3	910	850	780	900	680	840	800	960	750	700
2. Склад продукції	3	260	280	320	400	200	620	470	300	440	420
3. Висівковий цех	3	660	600	700	720	580	500	480	800	820	680
4. Цех гранулювання	3	500	800	600	660	580	630	700	900	780	580
5. Операційний відділ	3	200	1000	400	440	800	700	300	320	850	600
6. Компресорна 10 кВ	3	2500	2800	1700	1400	2100	2000	1800	1900	1740	1600
7. Цех сушіння	3	800	900	500	700	600	860	700	860	260	550
8. Склад готової продукції	3	500	600	380	290	620	400	450	570	420	350
9. Лабораторія	3	250	300	220	200	190	180	260	310	170	160

Варіант 11

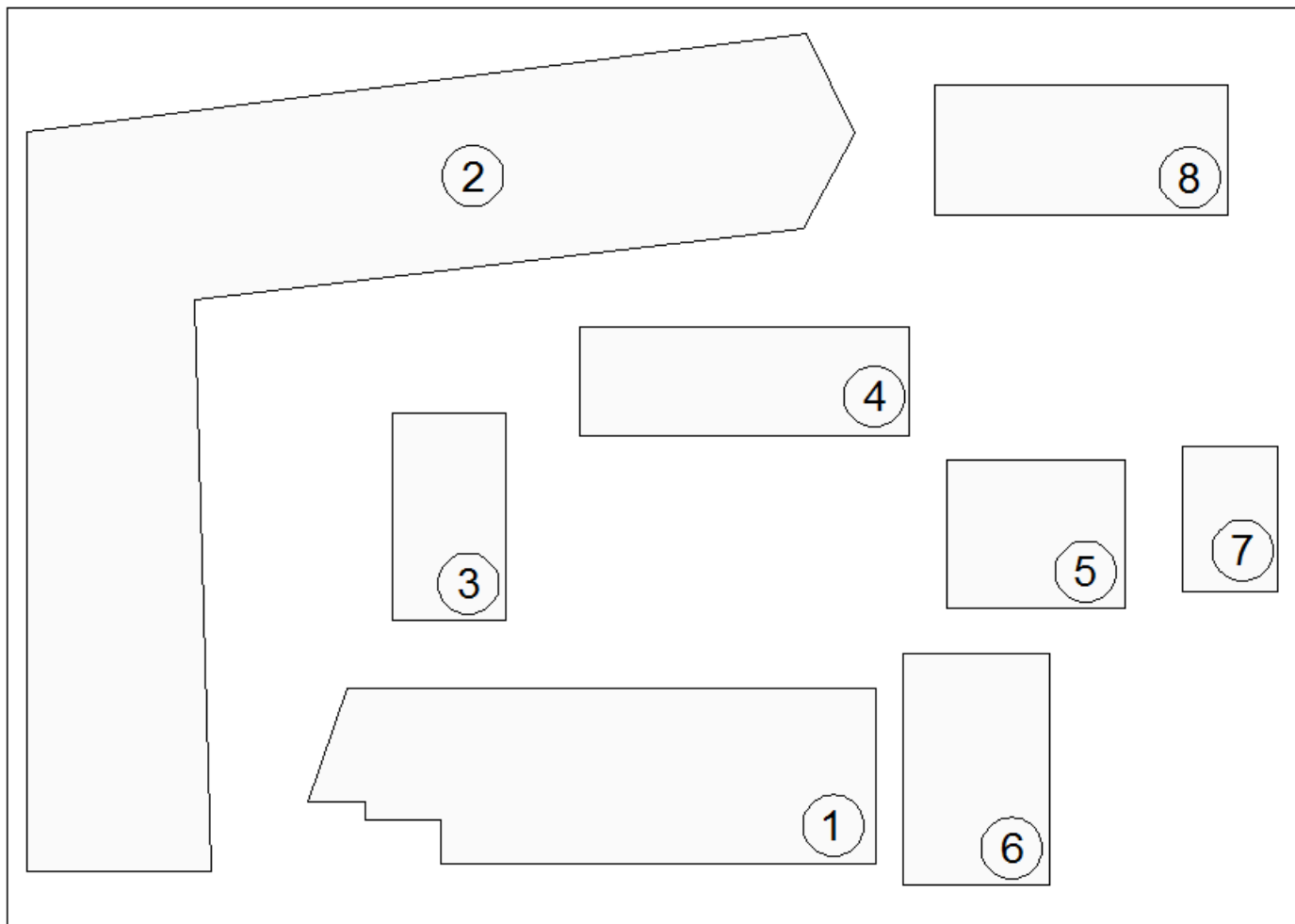


Рисунок Б.11 - Генплан фабрики кондитерських виробів

Таблиця Б.11- Відомості про електричні навантаження фабрики кондитерських виробів

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Адміністративна будівля	3	910	850	780	900	680	840	800	960	750	700
2. Основний цех	3	2500	2800	1700	1400	2100	2000	1800	1900	1740	1600
3. Склад продукції	3	260	280	320	400	200	620	470	300	440	420
4. Цех випічки	3	660	600	700	720	580	500	480	800	820	680
5. Цех карамелізації	3	500	800	600	660	580	630	700	900	780	580
6. Вантажний цех	3	200	1000	400	440	800	700	300	320	850	600
7. Лабораторія	3	800	900	500	700	600	860	700	860	260	550
8. Їдальня	3	500	600	380	290	620	400	450	570	420	350

Варіант 12

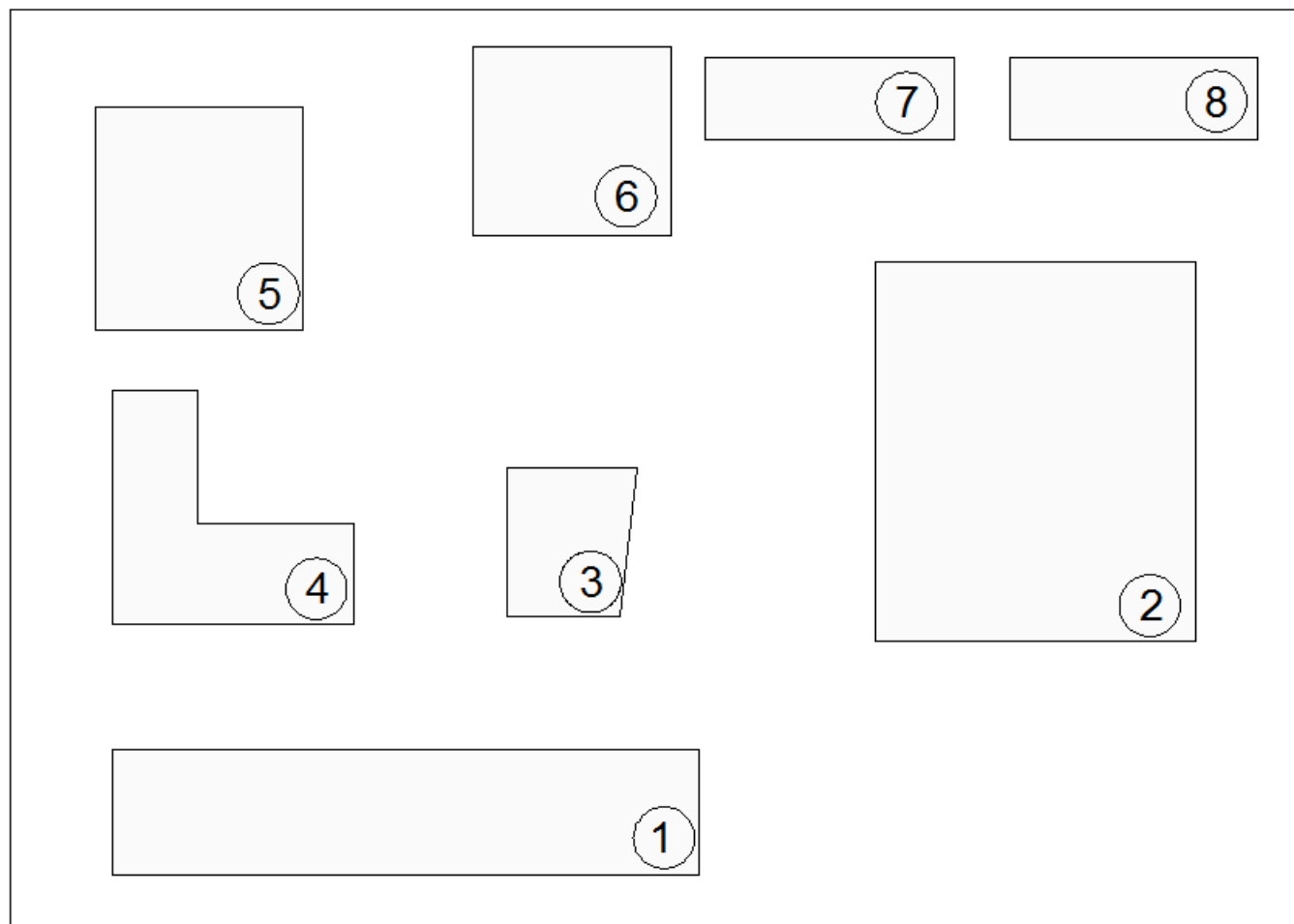


Рисунок Б.12 - Генплан харчосмакової фабрики

Таблиця Б.12- Відомості про електричні навантаження харчосмакової фабрики

Назва цеху	Кількість змін	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. Заводоуправління	3	910	850	780	900	680	840	800	960	750	700
2. Пакувальний цех	3	260	280	320	400	200	620	470	300	440	420
3. Котельня	3	660	600	700	720	580	500	480	800	820	680
4. Екструзійний цех	3	500	800	600	660	580	630	700	900	780	580
5. Цех макаронної продукції	3	200	1000	400	440	800	700	300	320	850	600
6. Компресорна 10 кВ	3	2500	2800	1700	1400	2100	2000	1800	1900	1740	1600
7. Цех живого бродіння	3	800	900	500	700	600	860	700	860	260	550
8. Цех розливу	3	500	600	380	290	620	400	450	570	420	350

Варіант 13

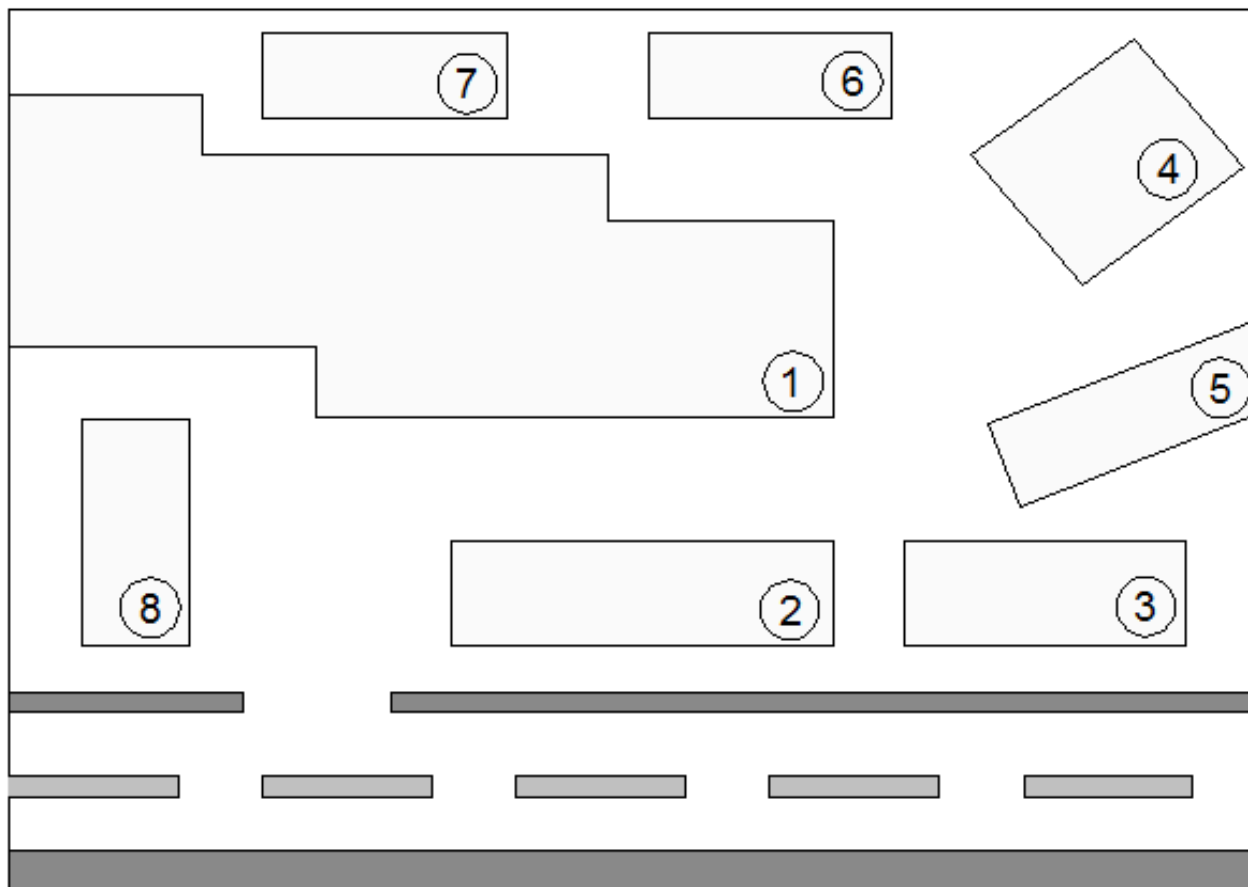


Рисунок Б.13 - Генплан комбінату переробки м'ясної продукції

Таблиця Б.13- Відомості про електричні навантаження комбінату переробки м'ясної продукції

Назва цеху	Кількість змін	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Механізований цех	3	910	850	780	900	680	840	800	960	750	700
2. Ковбасний цех	3	260	280	320	400	200	620	470	300	440	420
3. Коптильний цех	3	660	600	700	720	580	500	480	800	820	680
4. Холодильний цех	3	2500	2800	1700	1400	2100	2000	1800	1900	1740	1600
5. Пакувальний цех	3	500	800	600	660	580	630	700	900	780	580
6. Лабораторія	3	200	1000	400	440	800	700	300	320	850	600
7. Цех субпродуктів	3	800	900	500	700	600	860	700	860	260	550
8. Адміністративна будівля	3	500	600	380	290	620	400	450	570	420	350

Варіант 14

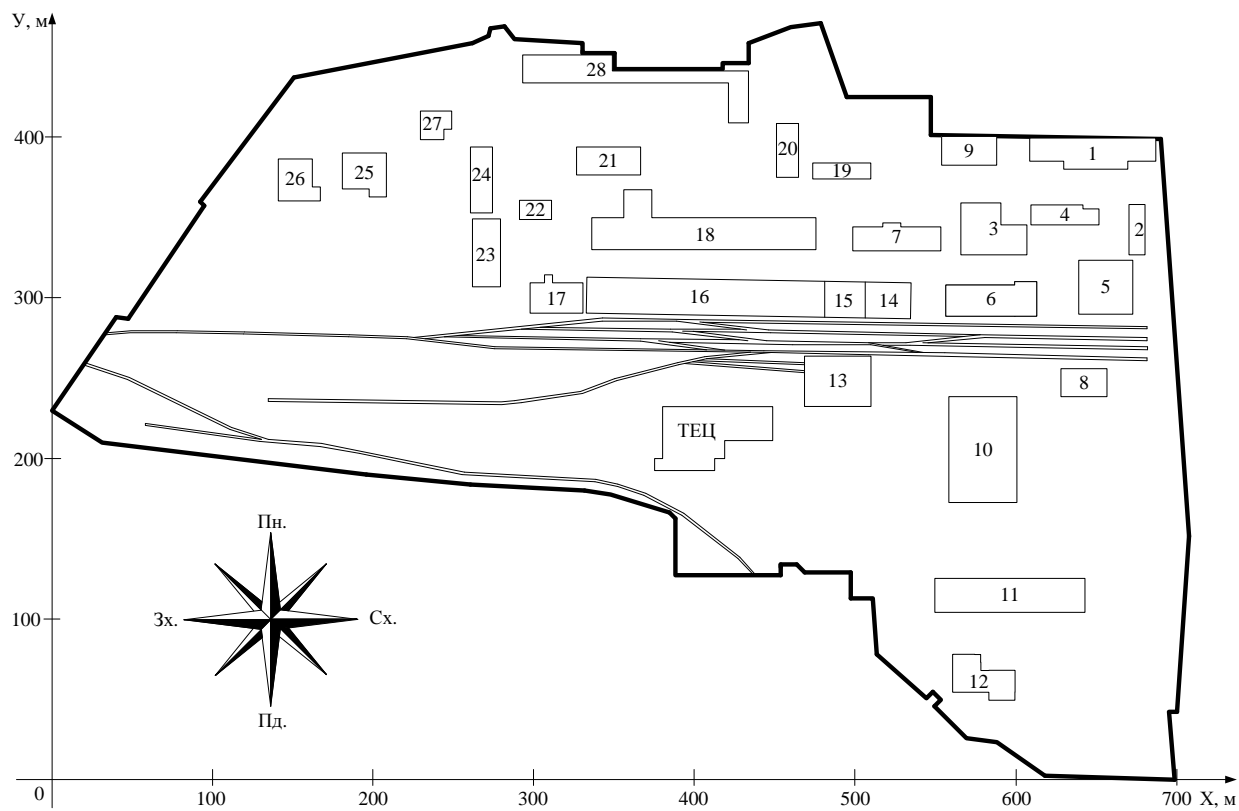


Рисунок Б.14 - Генплан олієжиркомбінату

Таблиця Б.14- Відомості про електричні навантаження олієжиркомбінату

№ з/п	Назва підрозділу	Навантаження по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Адміністративний корпус	20	18	16	14	22	21	20,5	20	19,7	16,6
2.	Насосна станція	140	130	180	150	160	140	145	141	139	152
3.	Масло – екстракційний цех	430	400	520	390	395	401	406	409	418	428
4.	Пресовочний цех	396	400	374	406	390	375	368	380	407	402
5.	Бензосховище	28	30	9	28	31	25	23	20	28	34
6.	Склад шрота	42	40	41	38,5	35	41	36	25	36,6	39,1
7.	Механічна майстерня	200	180	170	160	198	210	215	202	200	186
8.	Склад шрота	31	9	20	28	35	33	30	32,5	31	26
9.	Їдальня	40	37	34	43	44	45,7	41,2	44	41	29
10.	Склад зерна	150	100	149	145	139	160	172	156	158	145
11.	Елеватор шрота	630	600	650	700	659	632	630	635	599	619
12.	Котельня	690	700	659	695	678	674	682	696	698	700
13.	Олієзливна	190	150	200	189	167	185	188	183	194	193
14.	Цех фасування олії	180	200	156	145	167	138	186	188	190	175
15.	Склад жирів	45	20	46	43	36	38	39	35,7	44	47
16.	Миловарний завод	1000	1200	1101	987	900	906	975	946	930	940
17.	Склад мила	50	30	55	51	47	45	39	44	39	31
18.	Гідрогенезаційний завод	1050	1052	989	1100	1120	1043	1039	1076	1034	1086
19.	Механічна майстерня	120	130	140	119	106	123	122	121	150	99,6
20.	Цех напірної флокації	200	190	198	201	205	209	210	220	217	216
21.	Цех виробництва маргарину	200	192	195	205	207	209	205	210	210	203
22.	Цех напірної флокації	130	150	137	136	131	136	132	128	126	125
23.	Склад	50	60	70	55	48	49	43	45	47	55
24.	КНС	160	140	147	157	158	167	164	167	148	180
25.	Теплиця	80	78	77	75	82	85,4	83,6	80	83	84
26.	Електролізний цех	1200	1300	1400	1100	1120	1125	1000	1020	1080	1090
27.	Напірна станція	130	120	140	150	136	135	137	128	172	120
28.	Гараж	40	19	25	27	45	38	37	42	43	40

Додаток В

Вихідні дані підрозділів (цехів)

Варіант 1

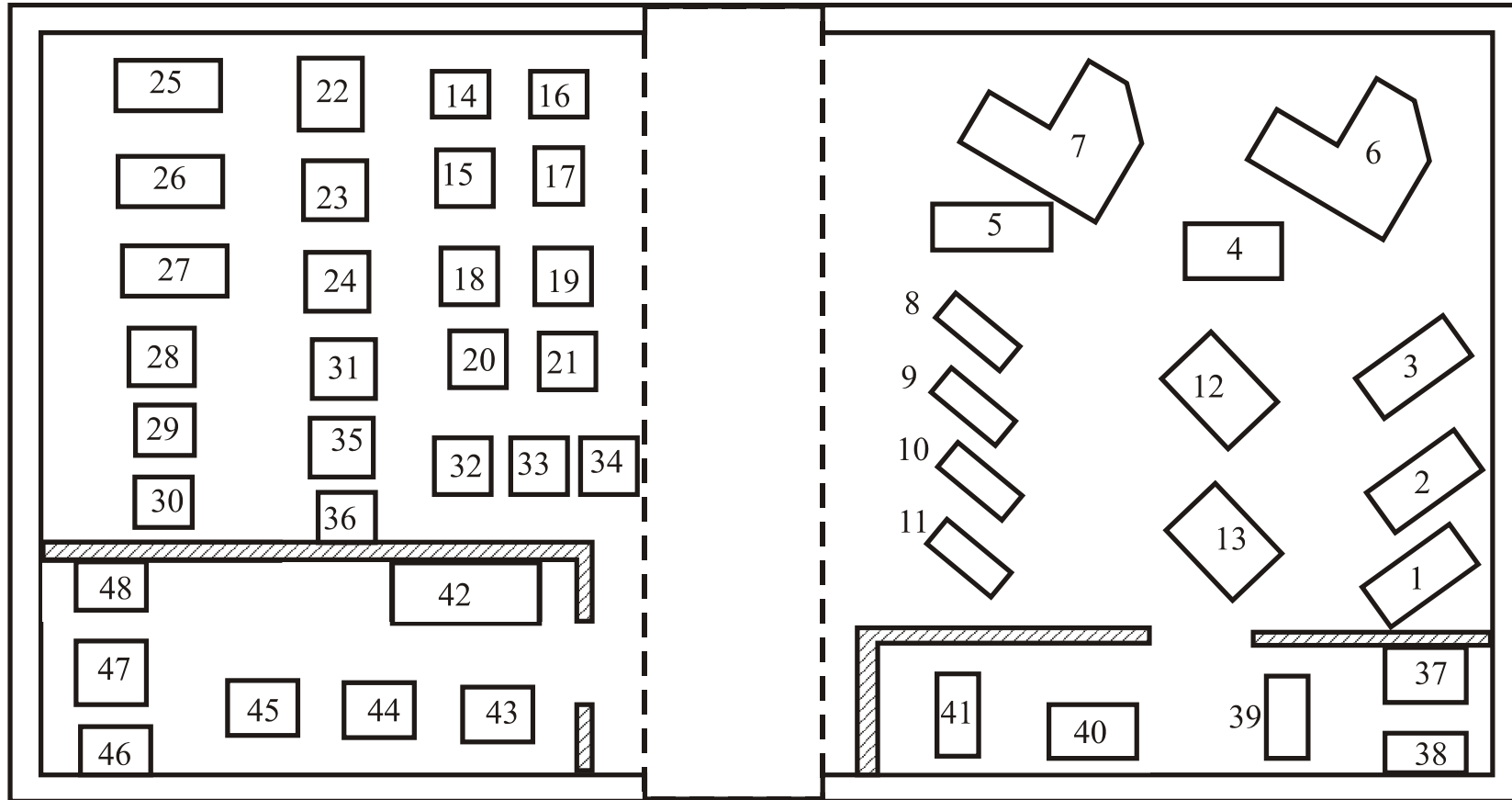


Рисунок В.1. – План механічного цеху

Таблиця В.1-Відомості про електричне навантаження механічного цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	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 2

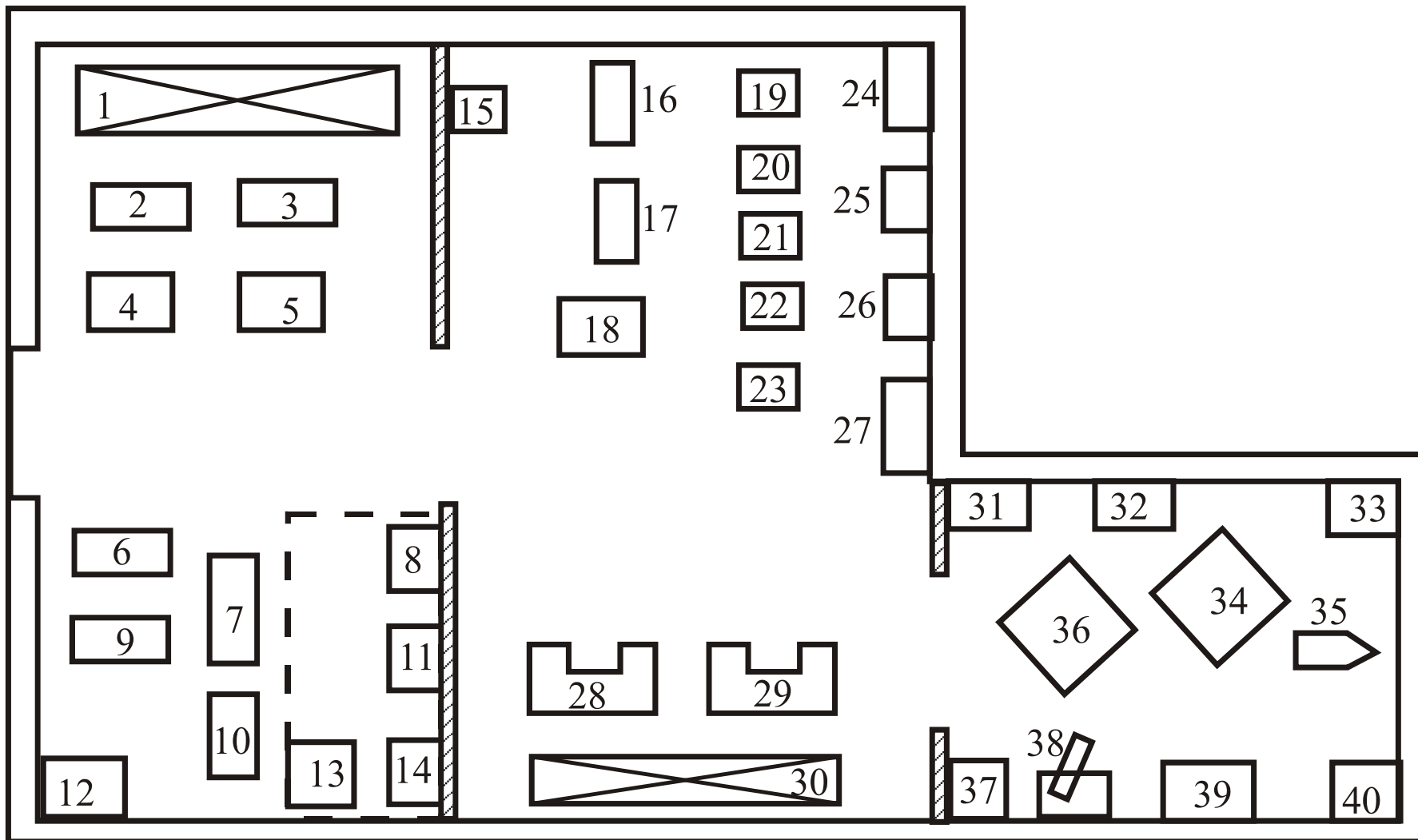


Рисунок В.2 - План ковальського цеху

Таблиця В.2 - Відомості про електричне навантаження ковальського цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	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 3

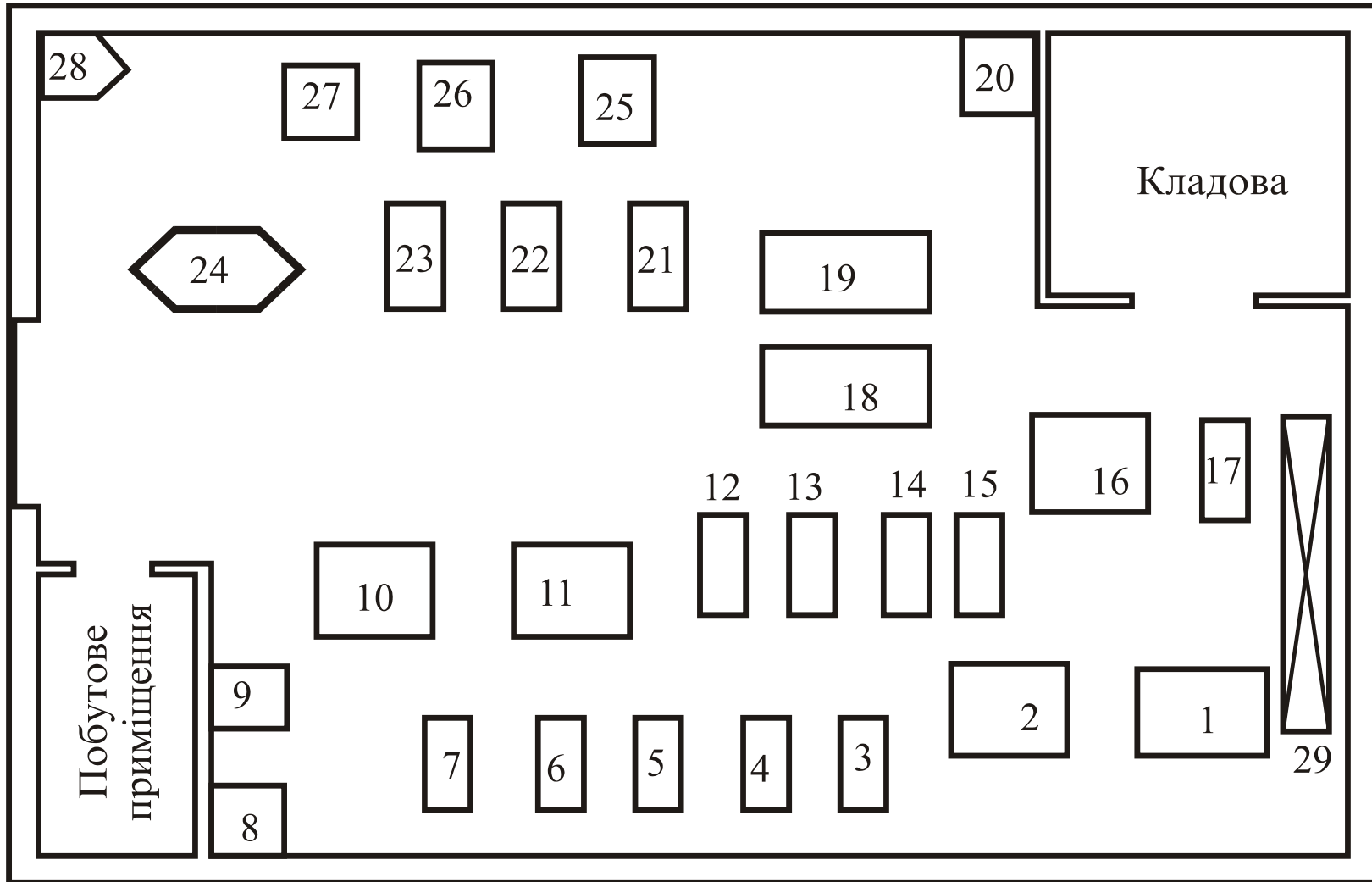


Рисунок В.3 - План ремонтно-механічного цеху

Таблиця В.3 - Відомості про електричне навантаження ремонтно-механічного цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	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	Попереочно-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 4

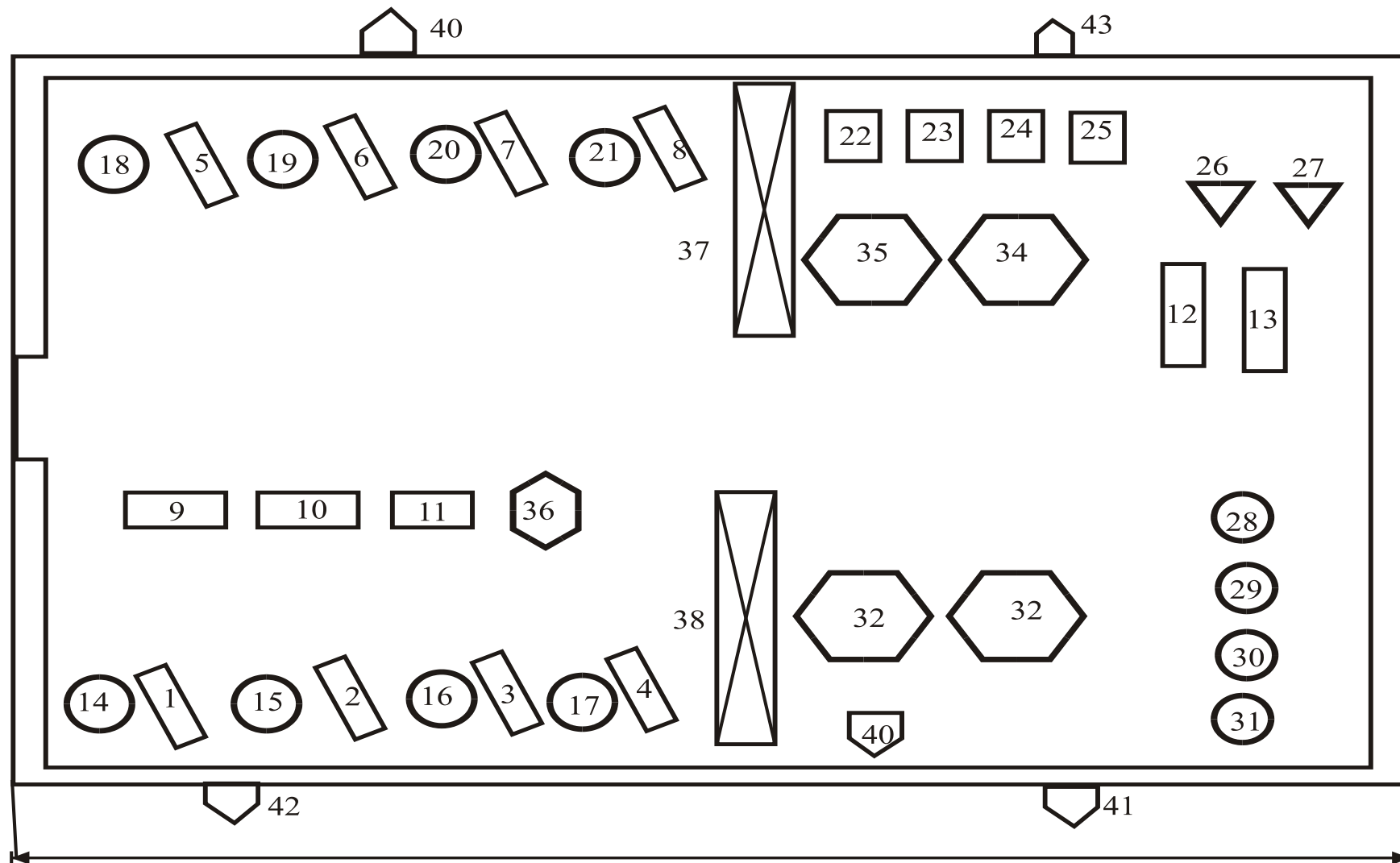


Рисунок В.4 - План ливарного цеху

Таблиця В.4 - Відомості про електричні навантаження ливарного цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	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	Плави́льна 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 5

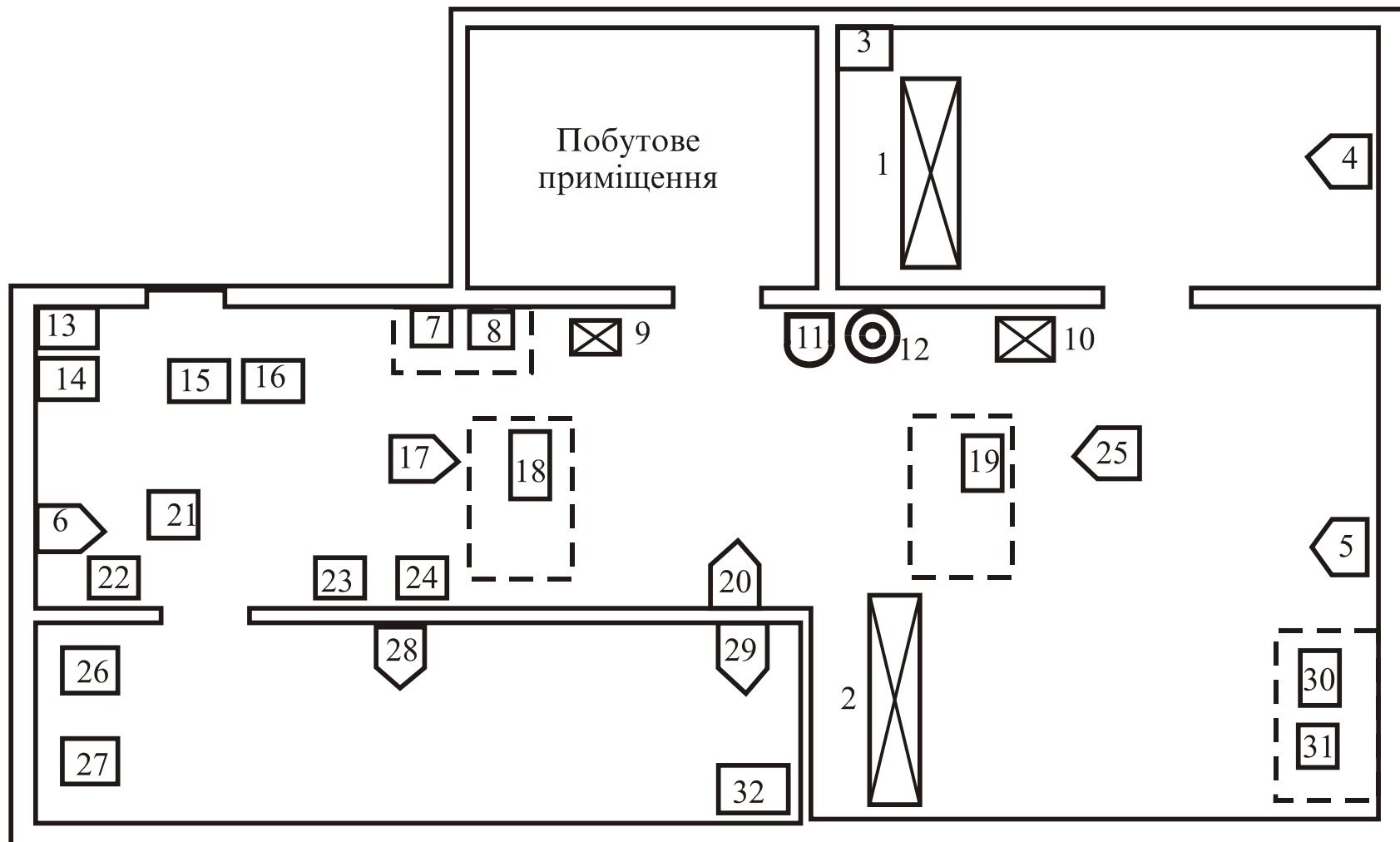


Рисунок В.5 - План півного відділення

Таблиця В.5 - Відомості про електричне навантаження пічного відділення

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	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 6

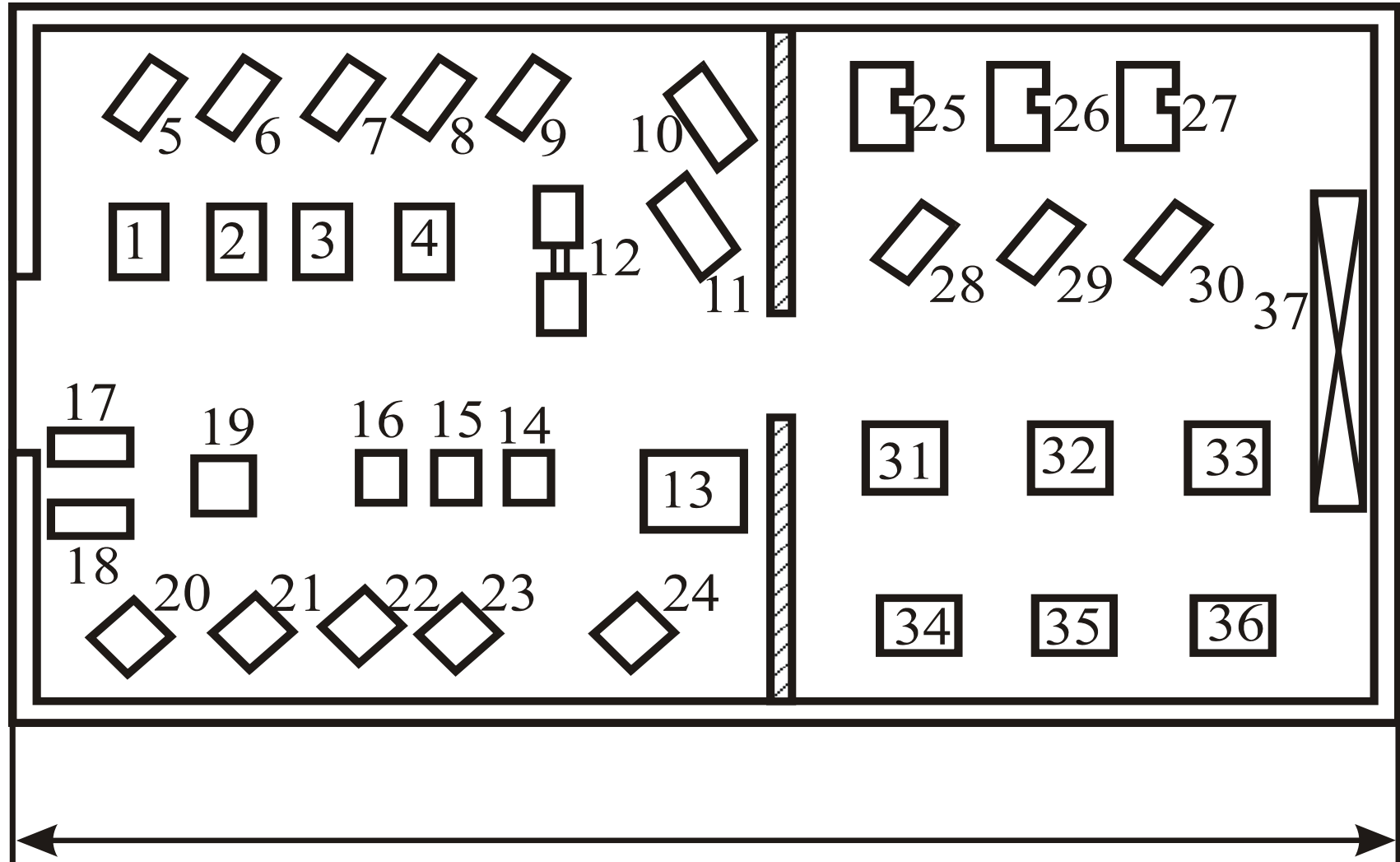


Рисунок В.6 - План інструментального цеху

Таблиця В.6 - Відомості про електричне навантаження інструментального цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	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, 19	Вертикально-свердлильний верстат	16	10	12	14	15	9	18	14	20	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 7

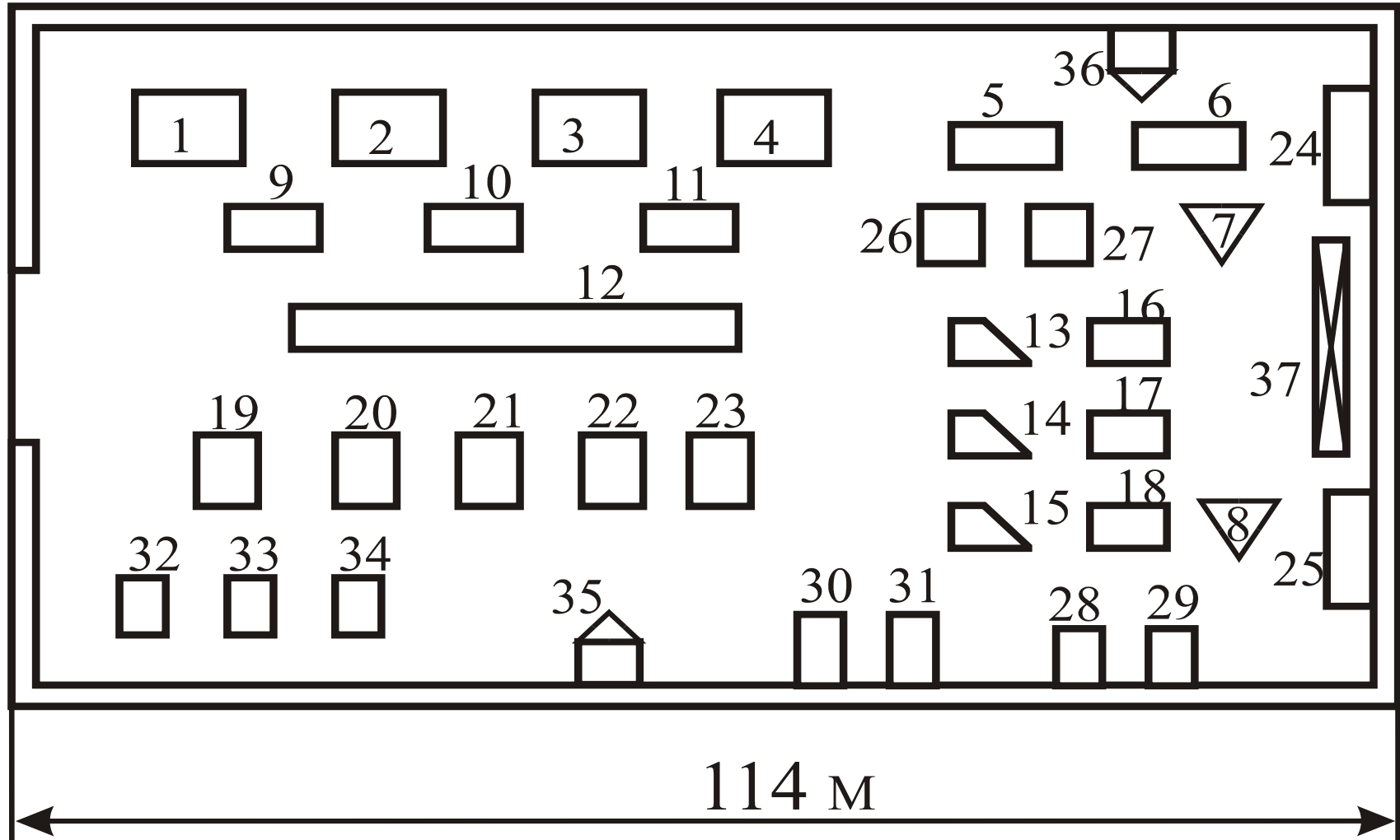


Рисунок В.7 - План деревообробного цеху

Таблиця В.7 - Відомості про електричне навантаження деревообробного цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	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	Фугувальний 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	Клеєварка	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

Варіант 8

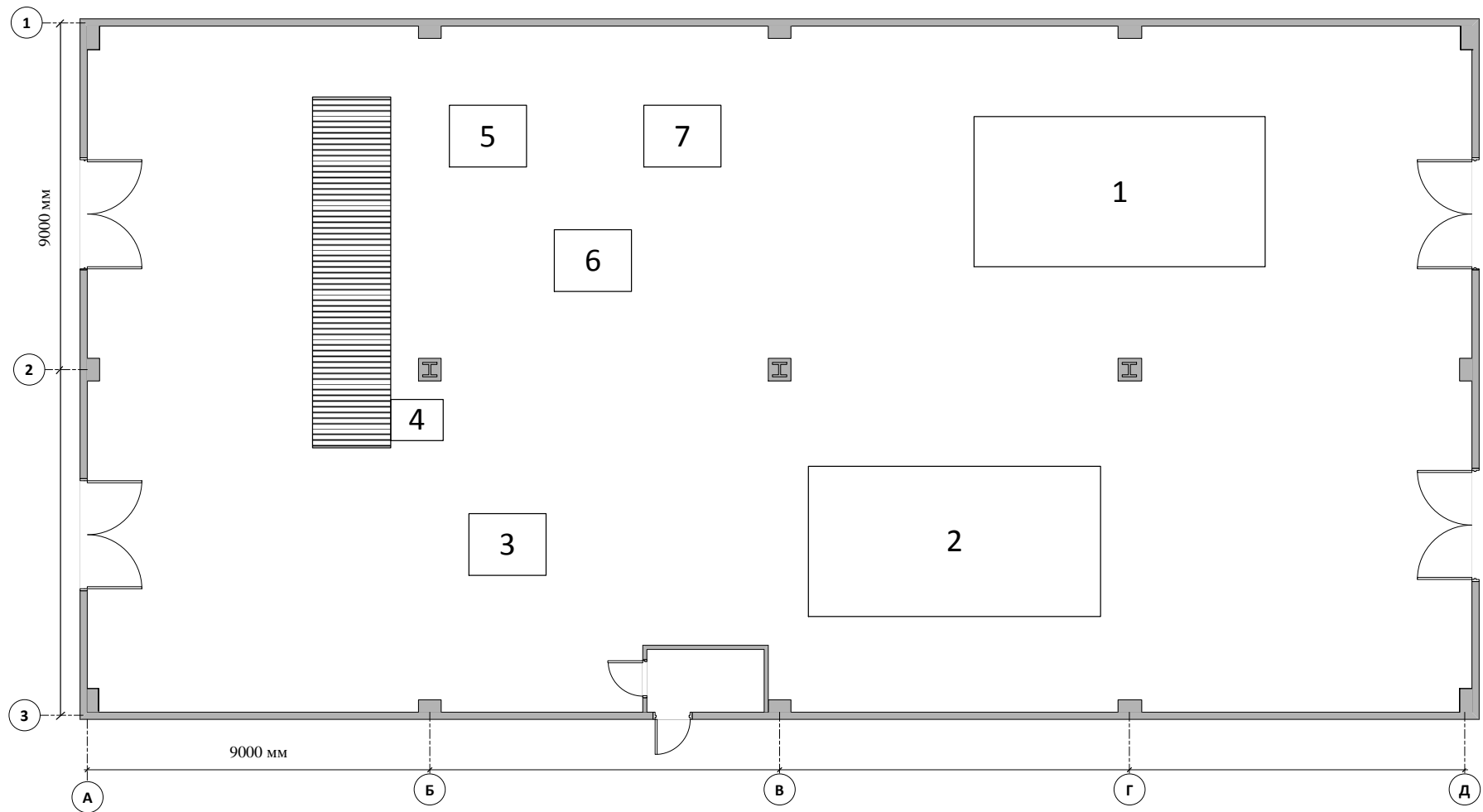


Рисунок В.8 - План сушильного відділення

Таблиця В.8 - Відомості про електричне навантаження сушильного відділення

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,2	Зерносушильний агрегат МС3800	135	127	125	141	145	142	136	138	139	140
3,5,6,7	Норія	7,5	8,7	7,2	6,7	6,3	6,7	7,3	7,5	7,3	6,5
4	Стрічковий конвеєр	10	9,6	8,7	11,2	13,4	12,6	11,5	10,3	11,7	10,2

Вариант 9

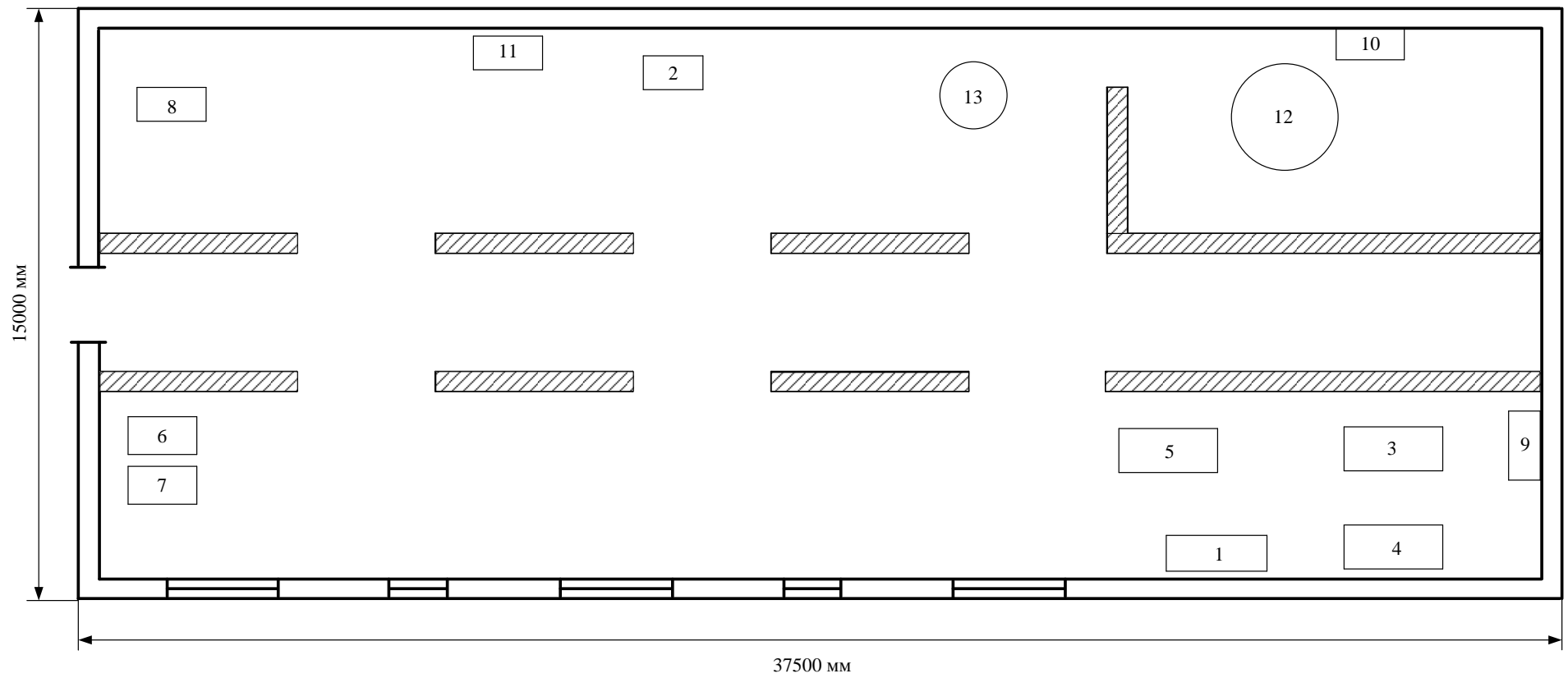


Рисунок В.9 - План столярного цеху

Таблиця В.9 - Відомості про електричне навантаження столярного цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Верстат фугувальний	4	3,3	2,9	4,5	4,7	4,3	5,1	5,5	5,3	4,8
2	Верстат ударний	2	1,5	2,3	2,7	1,8	2,2	3,7	5	3,4	3,7
3,4,5	Верстат круглопильний	4	3,6	4,1	5,5	4,2	3,8	4,2	4,3	4,2	3,8
6,7	Верстат свердлильний	1,5	2	1,7	1,8	2,1	0,9	1,1	2,5	1,5	1,3
8	Верстат шліфувальний	4	4,5	4,3	4,7	3,2	3,6	4,2	3,8	5,2	3,9
9,10	Витяжка	22	34	25	21	27	22	34	24,6	33,3	21,6
11	Верстат вертикальний	4	3,7	3,8	4,2	4,5	4,3	5,1	3,7	4,2	4,3
12	Сушильна камера	12	11,2	12,6	13,5	11,5	12,7	14,2	15,2	11,2	11,8

Варіант 10

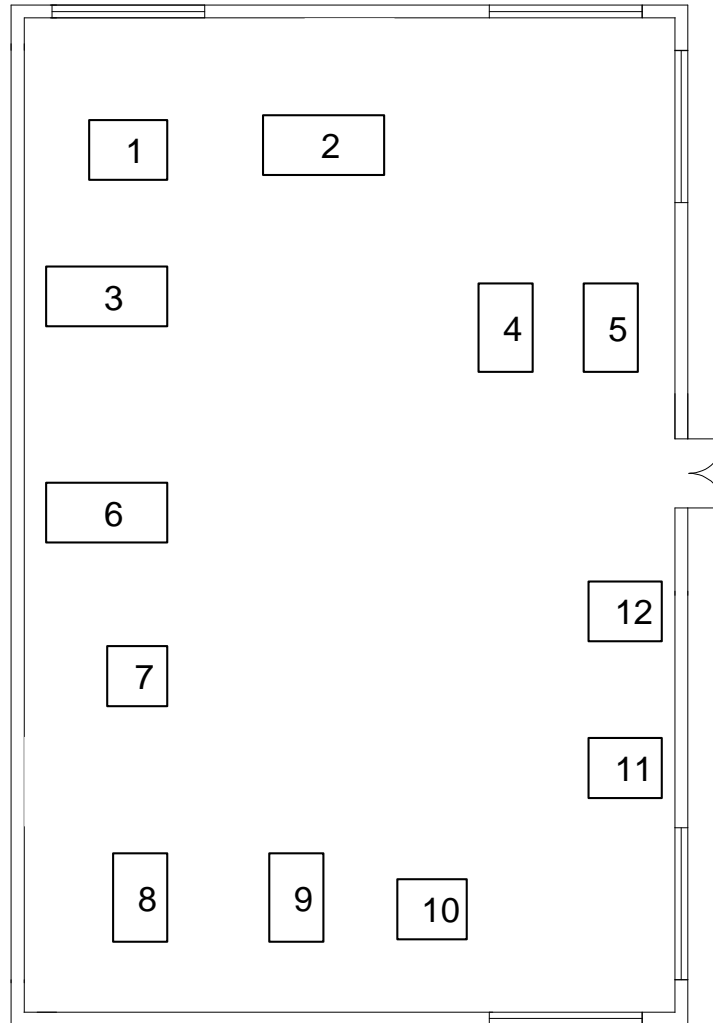


Рисунок В.10 - План розмелювального цеху

Таблиця В.10 - Відомості про електричне навантаження розмелювального цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2, 5-7	Дренна установка	44	45	48	37	39	47	35	46	41	49
3	Шліфувальний верстат	30	28	26	29	31	34	36	33	32,5	37,6

Варіант 11

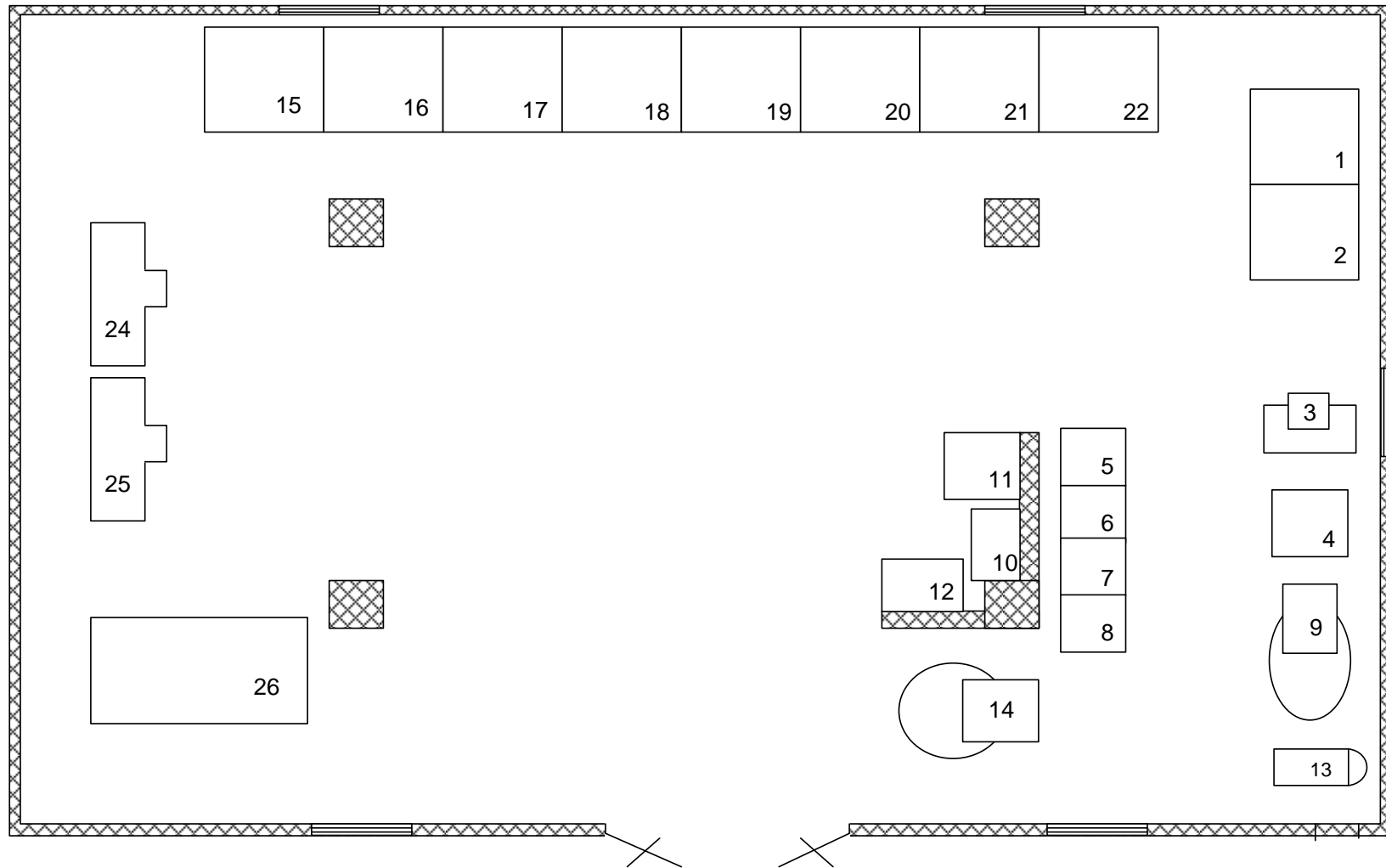


Рисунок В.11 - План цеху по виготовленню печива

Таблиця В.11 - Відомості про електричне навантаження цеху по виготовленню печива

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	Морозильна камера	10	9,8	10,5	11,2	10,3	10,6	9,8	10,2	11,4	13,1
3-5,9	Тістозмішувач	5,5	6	6,7	5	5,2	4,8	5,3	6,2	5,5	4,9
6-8	Тістозмішувач	7,5	7,8	7,6	6,9	7	7,2	6,5	8,2	8,8	7,5
10	Дозатор води	3	3,4	3,2	4,2	2,9	3,2	3,6	3,8	2,7	3,1
11-12	Бойлер	28	34	32	29	30	28,4	25	23	24	28,6
13	Підйомник	4,5	5	5,6	6,2	3,6	2,9	4	4,9	5,2	5,7
15-19	Піч	5	4,5	4,3	5,6	6,1	5,5	5,2	3,9	7,1	6,2
20-22	Піч	3	2,3	2,1	3,5	4,2	5,1	4,5	3,5	2,9	3,2
23-24	Формувальна машина	3	5,1	4,5	3,5	2,3	2,1	3,5	4,2	3,1	2,9

Вариант 12

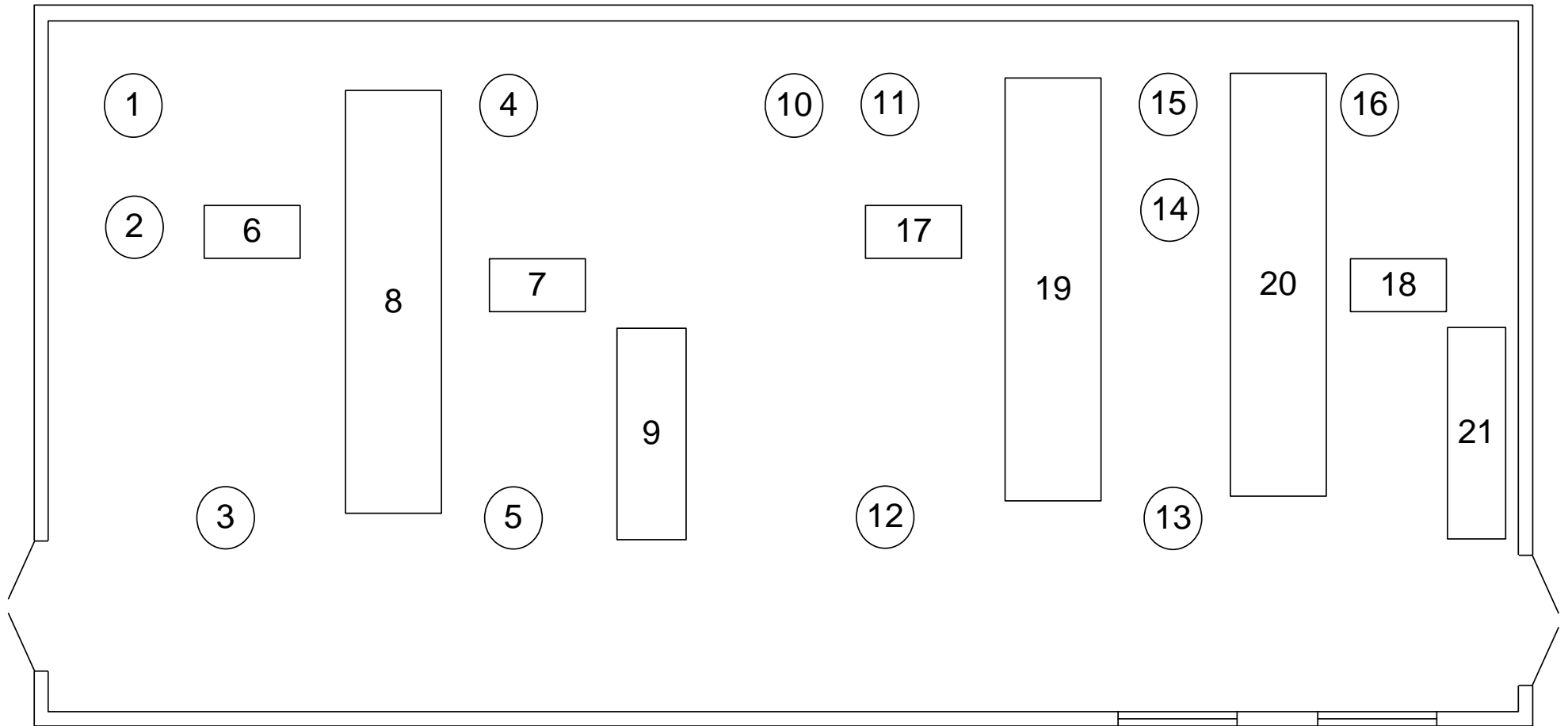


Рисунок В.12 - План транспортерного цеху

Таблиця В.12 - Відомості про електричне навантаження транспортерного цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-5, 10-16	Вентилятор аспірації	7,5	8,2	7,8	7,4	8,1	6,7	6,9	7,6	7,5	8,3
6-7, 17-18	Транспортер стрічковий	13	14,2	13,5	12,5	12,6	13,2	14,6	11,9	13,2	14,2
8, 19-20	Норія стрічкова	30	32,1	33,5	27,8	28,6	29,4	30,5	31,4	28,5	35

Варіант 13

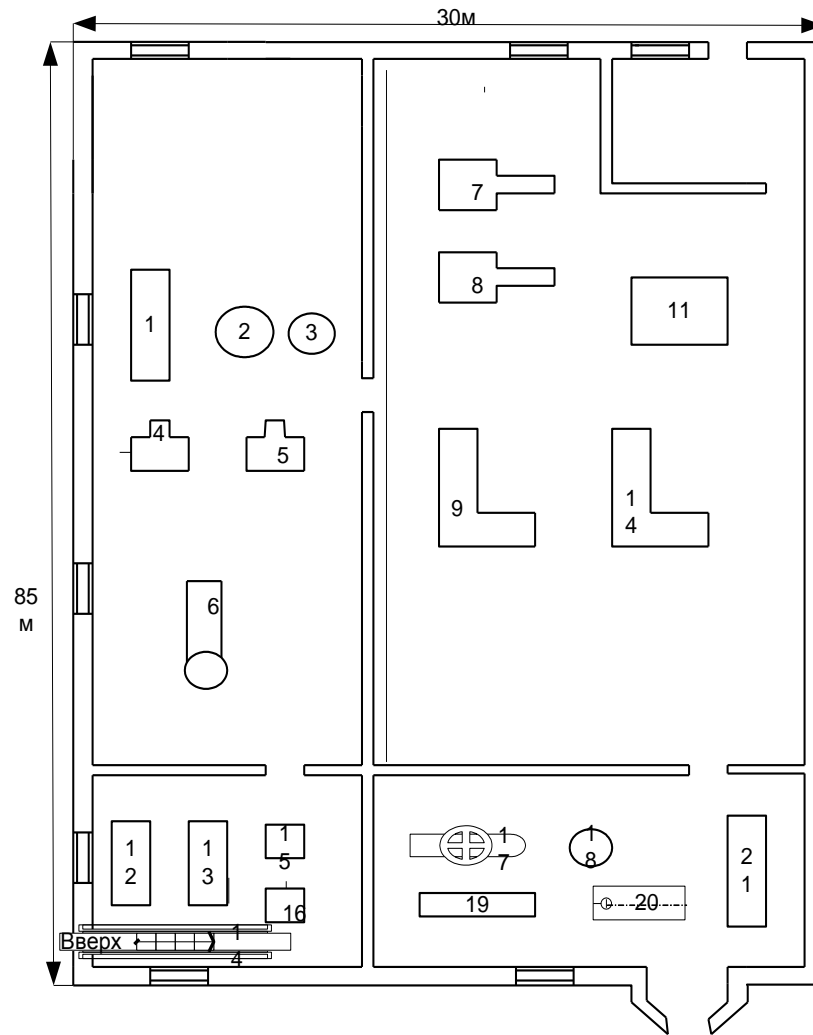


Рисунок В.13 - План цукрового цеху

Таблиця В.13 - Відомості про електричне навантаження цукрового цеху

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Транспортер буряка	22	23	22,5	21	21,6	20,4	21,7	22,7	23,4	22,2
2	Вентилятор обдуву	3	3,5	3,3	3,1	2,7	4,1	4,7	3,9	3,4	3,5
3	Вентилятор мийки	13	12,3	14,5	13,2	13,5	13,1	12,8	12,5	13,9	13,6
4,5	Водоополіскувач перед мийкою	10	9,7	11,4	12,3	11,2	10,8	9,9	10,1	9,7	12,4
6	Привід мийки	75	76	81	73	75,2	69,7	74	77	75	80
7,8	Соломозахоплювач	5,5	5,7	5,5	5,2	4,9	6,4	7,1	5,4	5,1	5
9,10	Каміннезахоплювач	5,5	6	5,7	5,2	5,5	5,7	6,2	6,8	4,9	5,8
11	Барабан	3	3,8	4,2	3,1	2,9	3,4	3,5	3,7	3,3	4
12,13	Класифікатор хвостиків	3	4	3,8	5,1	4,6	2,8	2,5	3,5	3,7	2,8
14	Елеватор	17	16,5	17,2	15,2	19,2	20,7	35	18,7	17,6	17,8
15,16	Вага	2,2	1,7	2,5	1,6	1,5	2	2,3	2,6	2,1	2,3
17	Шнек буряка	5,5	5,6	7,1	4,8	5,4	5,6	5,5	6,2	5,8	6,5
18	Майя	4	4,5	4,3	3,7	3,5	4,2	4,5	4,2	3,5	3,7
19	Буряконасос	8	7,5	7,8	8,4	8,2	7,6	8,2	6,9	7,8	8,4
20	Зворотній валік	7,5	8,2	7,6	8,2	6,9	7,8	8	7,5	7,8	8,7
21	Транспортер буряка	18	16,5	17,2	15,2	19,2	20,7	18,4	18,7	17,6	17,8

Варіант 14

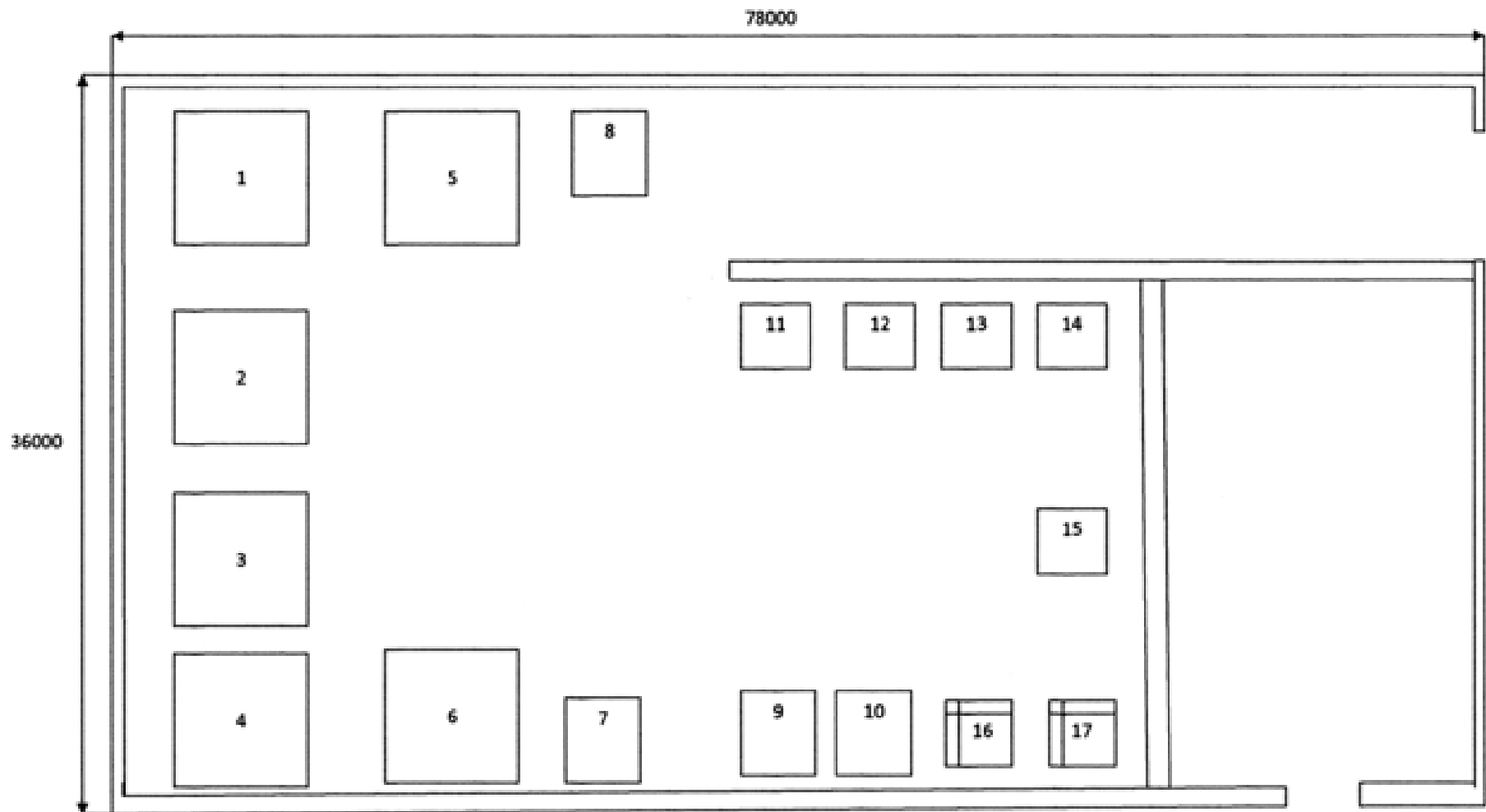


Рисунок В.14 - План цеху виробництва масла

Таблиця В.14 - Відомості про електричне навантаження цеху виробництва масла

№ на плані	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	Потужність споживачів цеху по варіантах, кВт									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	Відділювач	12	15	17	20	16	13	10	7	14	18
3	Подрібнювач	18,5	19	15	25	21	30	14	16	18	20
4	Мийка	4,5	6	3	4	7,3	6,2	4,3	3,9	5	4,8
5-6	Дозувальна машина	11	12	10	11,5	14	11,2	10,8	9,6	15	10,2
7-8	Вакуум-фільтр	22,2	25	30	23	21	21,7	20,9	23,4	25,3	24
9-10	Вентилятор	1,1	1	1,5	0,9	0,7	1,3	1,6	1,1	2	1,4
11-12	Дозрівач	24	21	23	24,6	23,8	22	21,5	21	25,3	24,2
13	Мішалка	13	12	14	13,5	12,7	11,8	12,3	13,2	14,2	14,8
14	Циклон	1,5	1,3	1,6	1,2	1,4	1,8	2,3	0,9	2,1	1,9
15	Класифікатор	7,5	5,9	7,6	7,1	6	6,7	7,3	8,1	6,4	7
16	Міксер	7,5	6,7	7,3	8,1	6,4	7	7,1	6	6,7	5,6
17	Вібратор	18,5	21,5	23,5	14,9	16,5	18	20,1	19,4	17,9	16,2

Організаційні питання курсового проектування

1 Функціональні обов'язки

Завдання на курсову роботу 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 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 консулює 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 деканатом.

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

Курсову роботу 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 курсової роботи

Курсову роботу 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 курсову роботу, 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 курсової роботи:

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 курсової роботи

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 курсової роботи

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° 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 Д

Зразок завдання

Вінницький національний технічний університет
Кафедра «Електроенергетики електротехніки, та електромеханіки»

Дисципліна «Системи електропостачання»

Спеціальність 141 «Електроенергетика електротехніка, та електромеханіка»

Курс 5 Група ЕІ- 21-1 Семестр 10

ЗАВДАННЯ

НА ІНДИВІДУАЛЬНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Петрова Івана Івановича

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

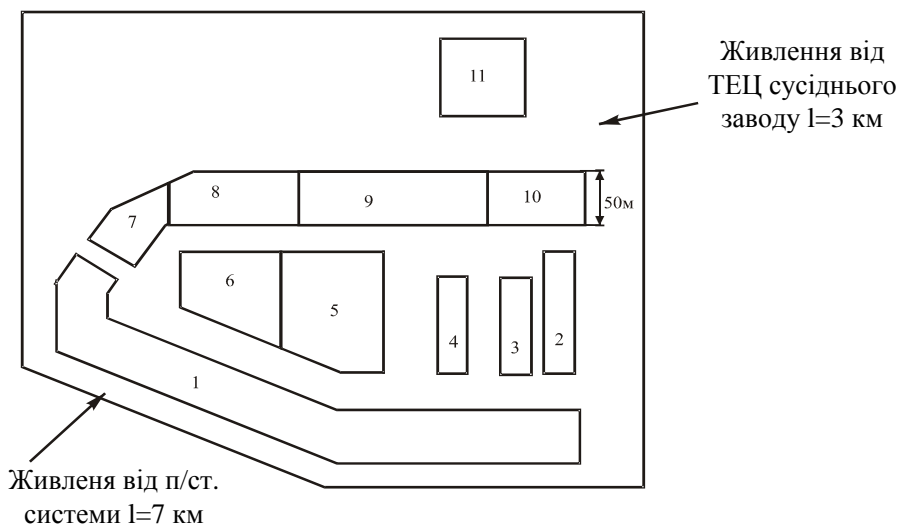


Рисунок 1 – Генплан підприємства

Таблиця 1 – Відомості про електричні навантаження заводу

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

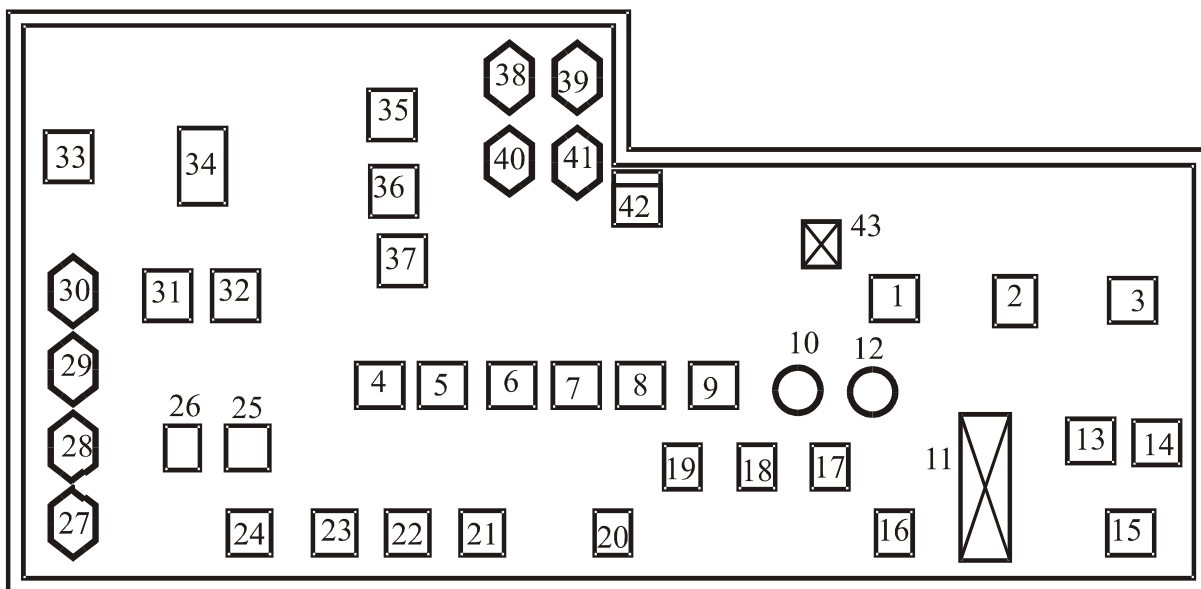


Рисунок 2 – План сокоочисного цеху



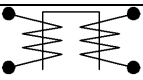


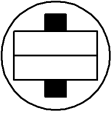
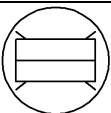
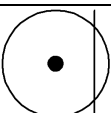
Таблиця 2 – Відомості про електричні навантаження сокоочисного цеху


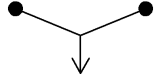
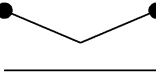
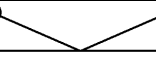



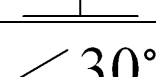
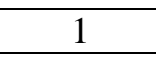
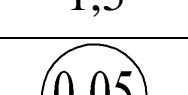

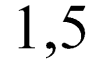

№ на плані	Назва обладнання	P_n , КВТ
1	Газовий насос	200
2	Вакуумний насос	160
3	Компресор	50
4-9	Центрифуга	44
10, 12	Генератор-двигун	155
11	Кран-балка	18
13-15	Насос	17
16-26	Насос	46
27-30	Дискові фільтри	7,5
31, 32	Насос густого сиропу	40
33	Компресор	27
34	Мішалка	2,8
35-37	Насос сирого сиропу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




Список умовних скорочень

ТП – трансформаторна підстанція;
 КТП – комплексна трансформаторна підстанція;
 РП – розподільчий пункт;
 ЕП – електроприймач;
 ЕП з ТРР – електроприймач з тривалим режимом роботи;
 ЕП з ПКРР – електроприймач з повторно-короткочасним режимом роботи;
 ШП – шина розподільча;
 КЗ – коротке замикання;

Таблиця В.1 – Умовні позначення на шкалах електровимірювальних приладів

Зображення знака	Пояснення
1	2
	Магнітоелектричний прилад з рухомою рамкою
	Електромагнітний прилад
	Електромагнітний логометр
	Електродинамічний прилад
	Електродинамічний логометр
	Феродинамічний прилад
	Феродинамічний логометр
	Індукційний прилад


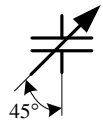

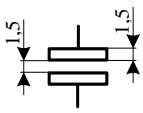
Зображення знака	Пояснення
	Індукційний логометр
	Тепловий прилад
	Термоперетворювач ізольований
	Термоперетворювач неізольований
	Електронний перетворювач
	Захист від зовнішніх електричних кіл (I категорія захисту)
	Захист від зовнішніх магнітних кіл (I категорія захисту)
	Постійний струм
	Постійний і змінний струм
	Трифазний струм
	Горизонтальне положення шкали
	Вертикальне положення шкали
	Нахил накладення шкали під визначеним кутом до горизонту, наприклад 30°
	2
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках діапазону вимірювання, наприклад 1,5
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від даного показника, наприклад 0,05
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від довжини шкали, наприклад 1,0
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від кінцевого значення робочої частини шкали, для приладів з без нульовою шкалою, наприклад 1,5
	Загальний затискач для багатопризначених приладів змінного струму, а також генераторний затискач (наприклад, ватметрів)

Зображення знака	Пояснення
	<p>Вимірювальне коло ізольоване від корпусу і випробуване напругою, наприклад 7кВ</p>
	<p>Обережно! Міцність ізоляції вимірювального кола по відношенні до корпусу не відповідає нормам (знак яскраво-червоного кольору з розмірами по ГОСТ 6395-52)</p>
	<p>Увага! Дивися додаткові вказівки в паспорті і інструкції по експлуатації</p>

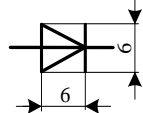

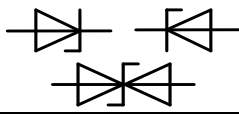


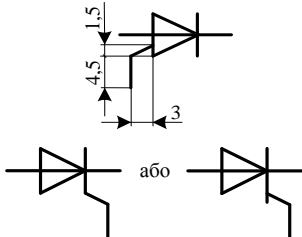
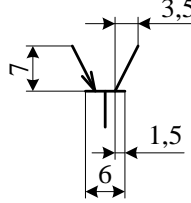

УМОВНІ ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМ

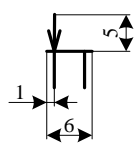

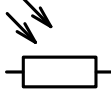
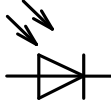

Таблиця В.2 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 728-74 (резистори, конденсатори)

Опис	Графічне позначення
Резистор постійний	
Резистор змінний	
Примітка: для змінного резистора у реостатному ввімкненні допускається використовувати таке позначення:	
1) загальне позначення	
2) з нелінійним регулюванням	
Шунт вимірювальний	
Конденсатор постійної ємності	

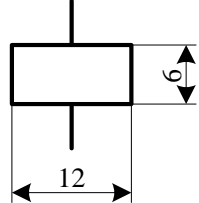
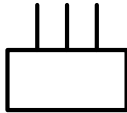
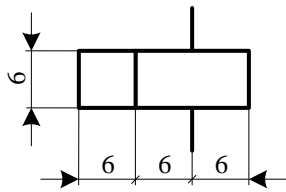
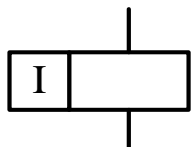
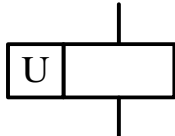
Опис	Графічне позначення
Примітка: для того щоб вказати полярність конденсатора використовують позначення	
Конденсатор змінної ємності	
Конденсатор електролітичний поляризований	
Конденсатор електролітичний неполяризований	

Таблиця В.3 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.730-73 (прилади напівпровідникові)

Опис	Графічне позначення
Діод	
Тунельний діод	
Стабілітрон: 1) односторонній 2) двосторонній	
Варикап	
Діод Шоткі	
Тиристор тріодний, який запирається в зворотному напрямку: 1) з управлінням за анодом 2) з управлінням за катодом	
Транзистор PNP Примітка: Допускається позначення транзисторів зображати в дзеркальному положенні	
Транзистор NPN	

Опис	Графічне позначення
Транзистор польовий	
Транзистор польовий з ізолюваним затвором	
Фоторезистор:	
Фотодіод	
Фототранзистор (PNP та NPN відповідно):	


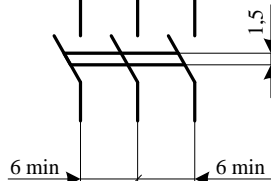
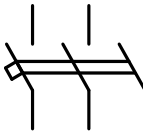
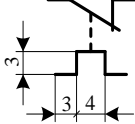
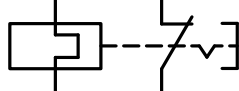

Таблиця В.4 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.756-76 (сприймаюча частина електромеханічних пристроїв)

Опис	Графічне позначення
Котушка електромагнітного пристрою	
Котушка електромеханічного пристрою трифазного струму	
Котушка електромеханічного пристрою з додатковим графічним полем (у додатковому полі вказують уточнюючі дані електромеханічного пристрою)	
Котушка електромеханічного пристрою з зазначенням виду обмотки:	
1) обмотка струму	
2) обмотка напруги	

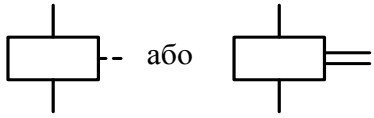
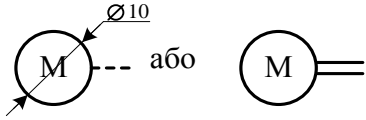
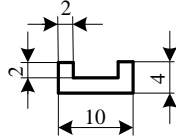
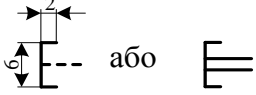
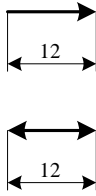
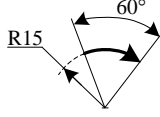
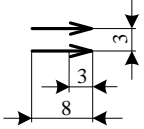
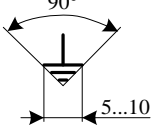
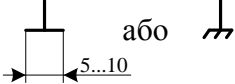
Опис	Графічне позначення
3) обмотка максимального струму	
4) обмотка мінімальної напруги	
Котушка поляризованого електромеханічного пристрою	
Сприймаюча частина електротеплового реле	

Таблиця В.5 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.755-87 (пристрої комутаційні і контактні з'єднання)

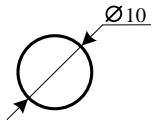
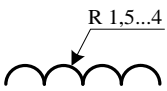




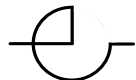
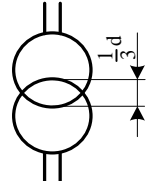
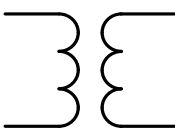
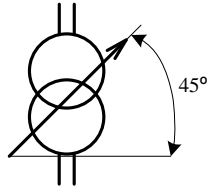
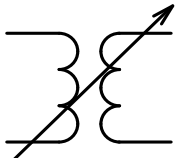
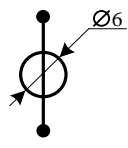
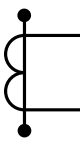
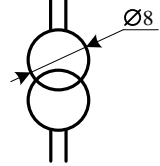
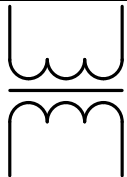
Опис	Графічне позначення
Нормально розімкнутий контакт комутаційного пристрою	
Нормально замкнутий контакт комутаційного пристрою	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення із нейтральним центральним положенням	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення без розмикання кола	
Вимикач кнопковий нажимний з нормально розімкнутим контактом	

Опис	Графічне позначення
Вимикач кнопковий нажимний з нормально замкнутим контактом	
Вимикач триполюсний	
Вимикач триполюсний з автоматичним спрацюванням максимального струму	
Контакт електротеплового реле при рознесеному способі зображення	
Реле електротеплове без само повернення	
Контакт кінцевого вимикача	


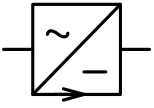
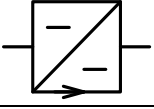
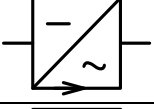
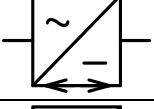
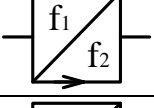
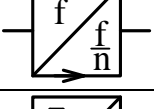
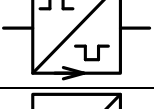
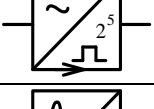
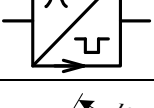
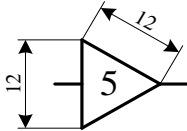
Таблиця В.6 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.721-74
(позначення загального застосування)

Опис	Графічне позначення
Електромагнітний привод	
Електромашинний привод	
Магніт постійний	
Привод ручний, який приводиться в рух натисненням кнопки	
Рух прямолінійний: 1) односторонній 2) з поверненням	
Обертальний рух	
Зв'язок оптичний	
Заземлення (загальне позначення)	
Електричне з'єднання з корпусом	

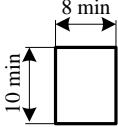
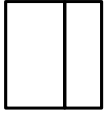
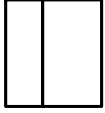
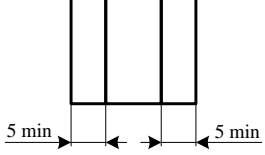
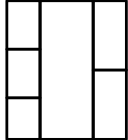
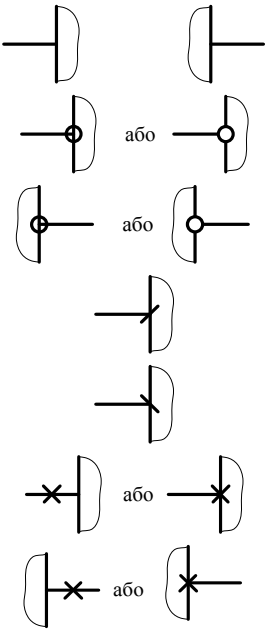
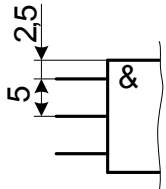
Таблиця В.7 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.723-68
(котушки індуктивності, дроселі, трансформатори)

Опис	Графічне позначення	
	форма I	форма II
Обмотка трансформатора (силового), автотрансформатора, дроселя і магнітного підсилювача		
Магнітопровід		
1) феромагнітний		
2) феритовий (зображають товстою лінією)		
3) феромагнітний з повітряним зазором		
4) магнітодіелектричний		
<i>Примітка.</i> Кількість штрихів не встановлюється		
Реактор		
Трансформатор без магнітопровода		
1) з постійним зв'язком <i>де d – діаметр</i>		
2) з змінним зв'язком		
Трансформатор струму з одною вторинною обмоткою		
Трансформатор напруги вимірний		

Таблиця В.8 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.737-68 (пристрої зв'язку)

Опис	Графічне позначення
Генератор прямокутних імпульсів	
Генератор синусоїдальних коливань (50 Гц)	
Генератор з кварцовою стабілізацією	
Випрямляч	
Перетворювач постійного струму	
Інвертор	
Випрямляч-інвертор	
Перетворювач частоти f_1 в частоту f_2	
Помножувач частоти	
Подільник частоти	
Інвертор імпульсів	
Перетворювач змінного струму в бінарний код	
Формувач імпульсів	
Підсилювач багатокаскадний (наприклад, п'яти)	

Таблиця В.9 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.743-91 (елементи цифрової техніки)

Опис	Графічне позначення
Елемент цифрової техніки, що має тільки основне поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (праве) додаткове поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (ліве) додаткове поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових поля	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових, які розділені на зони (кількість зон – необмежена)	
<p>Позначення виводів елементів</p> <p>прямий статичний вхід та вихід, відповідно</p> <p>інверсний статичний вхід</p> <p>інверсний статичний вихід</p> <p>прямий динамічний вхід</p> <p>інверсний динамічний вхід</p> <p>вивід, який не несе логічної інформації</p>	
Позначення логічного елемента з групою рівнозначних вводів	

Опис	Графічне позначення
Елемент «І» («&»)	
Елемент «АБО» («1»)	
Елемент «НЕ»	
Елемент «АБО-НЕ»	
Компаратор	
RS-тригер	
D-тригер	

Таблиця В.10 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.729-68 (прилади електровимірювальні)

Опис	Графічне позначення
Прилад електровимірювальний:	
1) показу вальний	
2) реєстру вальний	
3) інтегрувальний (лічильник електричної енергії)	

БУКВЕНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

Таблиця В.11 – Буквені коди найбільш поширених елементів згідно з ГОСТ 2.710-81

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>A</i>	Пристрій (загальне позначення)		
<i>B</i>	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або навпаки; аналогові і багаторозрядні перетворювачі; сенсори для показу або вимірювання:	Гучномовець	<i>BA</i>
		магнітострикційний елемент	<i>BB</i>
		сельсин-приймач	<i>BE</i>
		сельсин-сенсор	<i>BC</i>
		тепловий сенсор	<i>BK</i>
		Фотоелемент	<i>BL</i>
		Мікрофон	<i>BM</i>
		сенсор тиску	<i>BP</i>
		п'єзоелемент	<i>BQ</i>
		Звукознімач	<i>BS</i>
	сенсор швидкості	<i>BV</i>	
<i>C</i>	Конденсатори		
<i>D</i>	Схеми інтегральні:	схема інтегральна аналогова	<i>DA</i>
		схема інтегральна, цифрова, логічний елемент	<i>DD</i>
		пристрій зберігання інформації	<i>DS</i>
		пристрій затримки	<i>DT</i>
<i>E</i>	Елементи різні:	нагрівальний елемент	<i>EK</i>
		лампа освітлювальна	<i>EL</i>
		Піропатрон	<i>ET</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії	<i>FA</i>
		дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії	<i>FP</i>
		запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	Батарея	<i>GB</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	Батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Пристрої індикаційні і сигнальні:	прилад звукової сигналізації	<i>HA</i>
		індикатор символний	<i>HG</i>
		прилад світлової сигналізації	<i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контактори, пускачі:	реле струмове	<i>KA</i>
		реле вказівне	<i>KH</i>
		реле електротеплове	<i>KK</i>
		контактор, магнітний пускач	<i>KM</i>
		реле часу	<i>KT</i>
		реле напруги	<i>KV</i>
<i>L</i>	Котушки індуктивності, дроселі, реактори	дросель люмінесцентного освітлення	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигуни		
<i>P</i>	Прилади вимірювальні: <i>Примітка.</i> Поєднання <i>PE</i> є недопустимим	Амперметр	<i>PA</i>
		лічильник імпульсів	<i>PC</i>
		Частотомір	<i>PF</i>
		лічильник активної енергії	<i>PI</i>
		лічильник реактивної енергії	<i>PK</i>
		Омметр	<i>PR</i>
		реєструвальний прилад	<i>PS</i>
		годинник, вимірювач часу, дії	<i>PT</i>
		Вольтметр	<i>PV</i>
		Ватметр	<i>PW</i>
<i>Q</i>	Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах:	вимикач автоматичний	<i>QF</i>
		короткозамикач	<i>QK</i>
		роз'єднувач	<i>QS</i>
<i>R</i>	Резистори:	терморезистор	<i>RK</i>
		потенціометр	<i>RP</i>
		шунт вимірювальний	<i>RS</i>
<i>S</i>	Пристрої комунікаційні в колах керування, сигналізації і вимірювальних: <i>Примітка.</i> Позначення <i>SF</i> використовують для апаратів, які не мають контактів в силових колах	вимикач або перемикач	<i>SA</i>
		вимикач кнопочний	<i>SB</i>
		вимикач автоматичний	<i>SF</i>
		вимикач, що спрацьовує від різних впливів:	
		Рівня	<i>SL</i>
		Тиску	<i>SP</i>
		положення (шляховий)	<i>SQ</i>
		частоти обертання	<i>SR</i>
Температури	<i>SK</i>		

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>T</i>	Трансформатори, автотрансформатори:	трансформатор струму	<i>TA</i>
		електромагнітн. стабілізатор	<i>TS</i>
		трансформатор напруги	<i>TV</i>
<i>U</i>	Пристрої зв'язку. Перетворювачі електричних величин в електричні:	Модулятор	<i>UB</i>
		Демодулятор	<i>UR</i>
		дискримінатор	<i>UI</i>
		перетворювач частоти, інвертор, генератор частоти, випрямляч	<i>UZ</i>
<i>V</i>	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	діод, стабілітрон	<i>VD</i>
		прилад електровакуумний	<i>VL</i>
		Транзистор	<i>VT</i>
		Тиристор	<i>VS</i>
<i>W</i>	Лінії і елементи СВЧ. Антени:	відгалужувач	<i>WE</i>
		короткозамикач	<i>WK</i>
		Вентиль	<i>WS</i>
		трансформатор, фазообертач	<i>WT</i>
		Атенюатор	<i>WU</i>
		Антенa	<i>WA</i>
<i>X</i>	З'єднання контактні:	струмоznімач, контакт ковзний	<i>XA</i>
		Штир	<i>XP</i>
		Гніздо	<i>XS</i>
		з'єднання розбірне	<i>XT</i>
		з'єднувач високочастотний	<i>XW</i>
<i>Y</i>	Пристрої механічні з електромагнітними приводами:	електромагніт	<i>YA</i>
		гальмо з електромагнітним приводом	<i>YB</i>
		муфта з електромагнітним приводом	<i>YC</i>
		електромагнітний патрон або плита	<i>YH</i>
<i>Z</i>	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі:	Обмежувач	<i>ZL</i>
		фільтр кварцовий	<i>ZQ</i>