

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
**Факультет електроенергетики та електромеханіки**  
(повне найменування інституту)  
**Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного**  
(повна назва кафедри)  
**менеджменту**

**Пояснювальна записка  
до бакалаврської дипломної роботи**

Бакалавр  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АГРОКОМПЛЕКС «ЗЕЛЕНА ДОЛИНА», ТОМАШПОЛЬСЬКИЙ  
ЦУКРОВИЙ ЗАВОД**

Виконав: студент 3 курсу, групи Е-17мс  
6.050701 – електротехніка та електротехнології  
(шифр і назва напрямку підготовки)

Шевчук В.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Бабенко О.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ - 2020 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Напрямок підготовки – 6.050701– електротехніка та електротехнології

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Шевчук Василь Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс «Зелена долина», Томашпольський цукровий завод»  
керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доцент,  
затверджені наказом по ВНТУ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року, № \_\_\_\_
2. Строк подання студентом роботи « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.
  - Анотація.
  - Вступ.
    1. *Загальні відомості про підприємство*
      - 1.1 Відомості про технологічні процеси
      - 1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання
    2. *Аналіз системи електропостачання підприємства.*
      - 2.1 Розрахунок електричних навантажень
      - 2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій
      - 2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства
        - 2.3.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання
        - 2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

2.3.3. Розрахунок засобів компенсації реактивної потужності

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху

2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі

3. Дослідження з актуальної для підприємства тематики „ Компенсація реактивної потужності в мережах цукрового заводу”

Висновки

4. Охорона праці

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3 Пожежна безпека

ВИСНОВКИ

Література

5. Перелік графічного матеріалу.

- Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
- План цеху з силової та освітлювальною мережами
- Розрахунково-монтажна таблиця
- Однолінійна схема електропостачання підприємства

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «\_\_» грудня 2019 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства		
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина роботи		

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник бакалаврської  
дипломної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Шевчук В.М.

(прізвище та ініціали)

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Шевчук В.М. Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс «Зелена долина», Томашпольський цукровий завод», Бакалаврська дипломна робота. Напрямок підготовки – 6.050701– електротехніка та електротехнології – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. – с.51

Бакалаврська дипломна робота присвячена проектуванню системи електропостачання Томашпольського цукрового заводу. На основі діючих нормативних документів проведені всі необхідні розрахунки та прийняті технічні рішення по електрообладнанню та матеріалам. З достатньою степенню деталізації розроблено питання компенсації реактивної потужності в мережах 0,4 кВ заводу.

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

## АННОТАЦИЯ

Шевчук В.Н. Разработка системы электроснабжения Общества с ограниченной ответственностью «Агрокомплекс «Зелена долина», Томашпольский сахарный завод. Бакалаврская дипломная работа. Направление подготовки – 6.050701– электротехника и электротехнология - Винница: ВНТУ, ФЭЭЭМ, кафедра ЭСЭЭМ, 2020. - с.51

Бакалаврская дипломная работа посвящена проектированию системы электроснабжения Томашпольского сахарного завода. На основе действующих нормативных документов проведены все необходимые расчеты и приняты технические решения по электрооборудованию и материалам. С достаточной степенью детализации проведены расчеты по компенсации реактивной мощности в сетях 0,4 кВ завода.

стр. 45 , табл. 11, рис. 7, чертежей 5, библиограф. 6.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Загальні відомості про підприємство.....	6
1.1 Короткий опис технологічних процесів.....	6
1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика.....	7
2 Розрахунок електричних навантажень .....	10
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі.....	10
2.2 Розрахунок навантажень підприємства.....	15
2.3 Вибір та розміщення підстанцій.....	17
2.3.1 Вибір цехових ТП.....	17
2.3.2 Вибір місць для розміщення підстанцій .....	18
2.3.3 Розрахунок електропостачання підприємства.....	23
2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху.....	26
2.4.1 Вибір схеми цехової мережі.....	26
2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	27
3. Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах.....	31
3.1 Загальні положення. Основи компенсації реактивної потужності.....	31
3.2 Види та способи компенсації.....	35
3.3 Розрахунок плати за реактивну енергію на підприємстві... ..	49
4. Безпека життєдіяльності .....	51
ВИСНОВКИ.....	61
Література.....	62
Додатки .....	63

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Якість та актуальність електропостачання зазвичай пов'язується з застосуванням сучасних методик та нормативних документів, які використовуються на етапі проектувальних робіт. Саме цим питанням присвячена бакалаврська робота, яка забезпечує проектування оптимальної сучасної системи електропостачання Томашпольського цукрового заводу. Крім того в роботі для живлення та захисту споживачів електричної енергії використовується сучасне енергетичне обладнання, як вітчизняних, так і європейських виробників.

Підприємство відноситься до споживачів 2-ї категорії – це споживачі, перерва в електропостачанні яких, пов'язана з істотним недовипуском продукції, механізмів, промислового транспорту, тому система електропостачання підприємства повинна бути надійною, економічною, зручною і безпечною для експлуатації, забезпечувати можливість розширення.

Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, пристроїв автоматики і релейного захисту.

**Мета роботи** – проектування системи електропостачання підприємства, виборі схем живлячих мереж, розрахунку їх навантажень, визначення місць розташування ТП, а також вибору комутаційно-захисної апаратури таким чином, щоб забезпечувалось найбільш надійна, економічна та ефективна робота підприємства.

**Основні задачі** даної роботи полягають у ефективному та економічно обґрунтованому виборі всіх елементів схеми електропостачання підприємства, комутаційно-захисної апаратури та провідників. Для вирішення даних задач:

- в першому розділі бакалаврської роботи розраховується електропостачання цеху.

- другий розділ присвячений розрахунку навантажень підприємства, а також вибору комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.
- в третьому розділі проводиться розрахунок компенсації реактивної потужності в мережах 0,4 кВ.

**Об'єктом** бакалаврської роботи є система електропостачання Томашпольського цукрового заводу.

**Предметом** даної роботи є методи та засоби, що використовуються для розрахунку оптимальної системи електропостачання підприємства, виборі схем його цехових та заводських мереж та відповідних пристроїв автоматики та релейного захисту.

Для виконання роботи використані методи впорядкованих діаграм, коефіцієнтів використання, коефіцієнтів попиту, коефіцієнту одночасності, коефіцієнтів питомого освітлення та загальні закони електротехніки



## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

### 1.1 Короткий опис технологічного процесу

Цукрове виробництво належить до безперервно-потокowego механізованого виробництва з високим рівнем автоматизації основних процесів. Воно має багатосторонні зв'язки з іншими галузями народного господарства. Відходи цукрового виробництва використовують у тваринництві, у якості добрив, одержання спирту, харчових дріжджів, харчових кислот, сухого жому. Робота цукрового заводу є сезонною.

Технологічний процес одержання цукру складається із таких основних стадій: очищення буряків, подрібнення буряків на стружку, одержання дифузійного соку, очищення дифузійного соку, випаровування соку і одержання сиропу, кристалізація, відділення кристалів цукру, висушування цукру, пакування.

Привезені з поля буряки зберігаються в кагатах. Далі їх подають в миюче відділення, де миють у спеціальних машинах, Буряки повністю очищаються від піску, бруду та інших частин, Очищені буряки подаються на транспортер, де піддаються ікспекції. Подрібнюють буряки на спеціальних різальних барабанних машинах на тонкі стружки. Із подрібненої стружки одержують дифузійний сік в спеціальних апаратах безперервної дії шляхом дифузії. Залишок після відділення дифузійного соку відтискають на шнекових пресах і отримують жом.

Очищають дифузійний сік в декілька стадій. Спочатку вапняним молоком для видалення не цукристих речовин. Процес відбувається в котлах (дефекаторах) і називається дефекацією. При дефекації сік забруднюється вапняним молоком. Для його осадження сік обробляють вуглекислим газом у котлах-сатураторах. Процес називається сатурацією. Далі сік відстоюють і фільтрують.

Для фільтрування застосовують фільтрпреси, вакуум-фільтри, механічні фільтри. Випарювання дифузійного соку проводять у випарних апаратах з метою видалення з нього води. Очищений сироп уварюють у вакуум-апаратах, подібних

до випарних. Кристали цукру відділяють від розчину на центрифугах під дією відцентрових сил. Центрифуги мають сітчасті стінки, через які видаляється розчин. Це зелена патока, яку потім ще раз переробляють у вакуум-апаратах. Із неї одержують жовтий цукор і мелясу. Із центрифуг (при їх зупинці) цукор випадає на транспортерну стрічку і подається в сушильні барабани. Висушений цукор пакують у мішки масою 50 кг і зберігають на складах.

## 1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

Томашпільський цукровий завод живиться від власної ТЕЦ в період цукроваріння, в міжсезонний період може отримувати живлення від РТП 110/35/10 кВ, що розташована на відстані 4 км. Від території підприємства.

Кількість годин використання максимального навантаження –  $T_m = 3500$  год. В робочий сезон підприємство працює в 3 зміни.

Вихідні дані для розрахунку:

Таблиця 1.1 - Вхідні дані про електричні навантаження заводу

№ на плані	Назва цеху	$P_n$ , кВт
1	Мийка	760
2	Сокоочисний цех	
3	Сушка	140
4	Продуктовий	1500
5	ТЕЦ	370
6	Склад №1	17
7	Склад №2	15
8	Склад №3	15
9	Хім.лабораторія	4,5
10	Адмінкорпус	24
11	Контора	14
12	Жомосховище	26
13	Мех.майстерня	420
14	АТЦ	38
15	Насосна жомокислої води	260

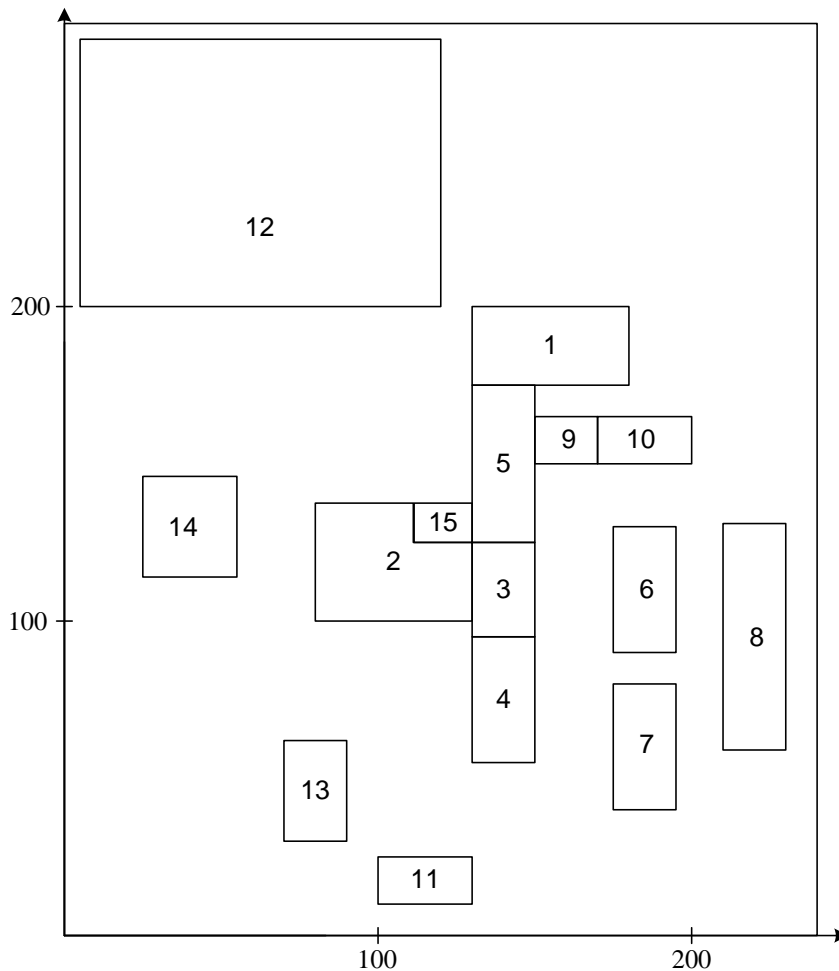


Рисунок 1.1 - Генплан підприємства

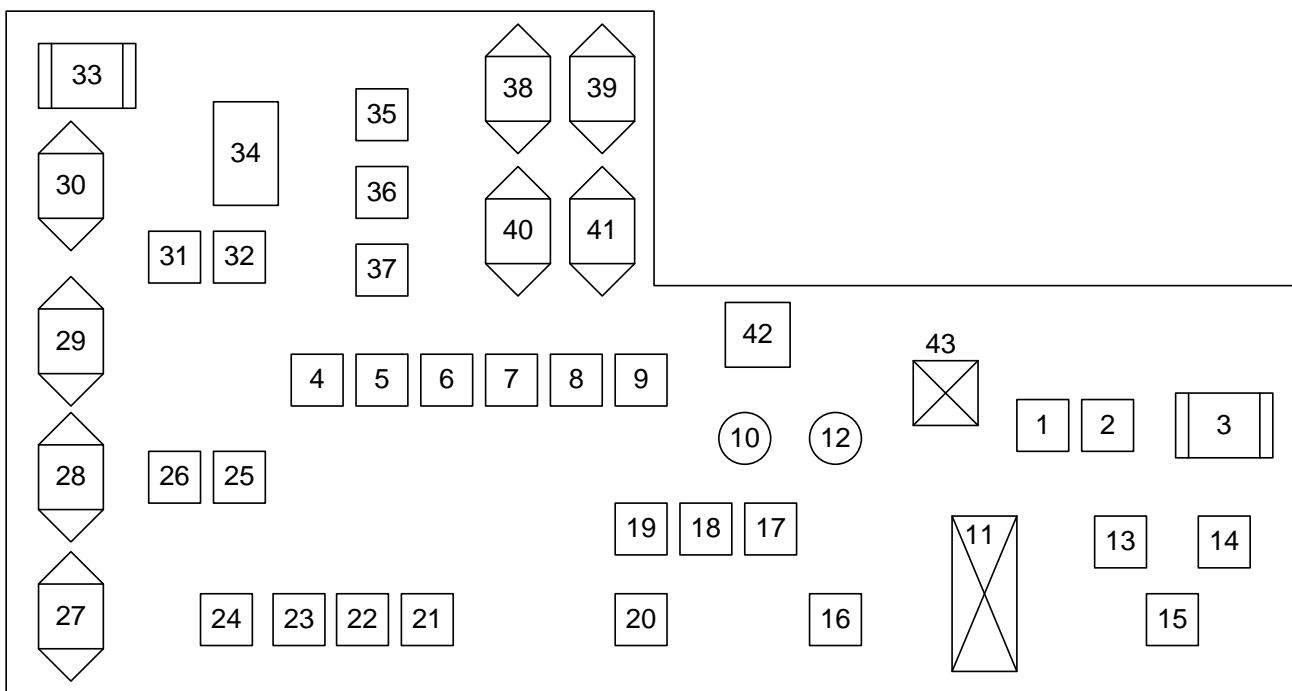


Рисунок 1.2 - План сокоочисного цеху

Таблиця 1.2 - Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва електроприймача	Р <sub>н</sub> , 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	Дисковий фільтр	7,5
31,32	Насос густого сиропу	40
33	Компресор	27
34	Мішалка	2,8
35-37	Насос густого сиропу	29
38-41	Фільтр	7
42	Транспортер	11
43	Тельфер	6

## 2. Розрахунок електричних навантажень

### 2.1. Розрахунок навантажень цехової мережі

Для розрахунку навантаження цехової мережі електроприймачі розподільчих пунктів поділяють на дві групи:

- електроприймачі зі змінним графіком навантаження – навантаження групи А, коефіцієнт використання яких  $k_B < 0,65$ ;

- електроприймачі з практично постійним графіком навантаження – навантаження групи Б, коефіцієнт використання яких  $k_B \geq 0,65$ .

Для РП-1 до групи А відносимо електроприймачі 42, до групи Б – електроприймачі 4-9.

Розраховуємо середню активну і реактивну потужність для:

- транспортера 42 групи А:

$$P_c = n \cdot P_n \cdot K_B = 1 \cdot 11 \cdot 0,3 = 3,3 \text{ кВт},$$

$$Q_c = n \cdot P_n \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 1 \cdot 11 \cdot 0,3 \cdot 0,75 = 2,48 \text{ квар};$$

- центрифуги 4-9 групи Б:

$$P_c = n \cdot P_n \cdot K_B = 6 \cdot 44 \cdot 0,65 = 171,6 \text{ кВт},$$

$$Q_c = n \cdot P_n \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi = 6 \cdot 44 \cdot 0,65 \cdot 1,02 = 175,03 \text{ квар}.$$

Розрахункові навантаження РП-1 визначаємо в такій послідовності:

1) для ЕП групи А:

$$K_B = \frac{\sum n \cdot P_n \cdot k_B}{\sum n \cdot P_n} = \frac{3,3}{11} = 0,3,$$

$$n_c = \frac{(\sum n \cdot P_n)^2}{\sum n \cdot P_n^2} = \frac{(11)^2}{121} = 1,$$

де  $k_B$  – з таблиці 24-3 [1].

З таблиці 1.1 [2, с.10]  $K_M = 2,67$  і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів групи А:

$$P_M = K_M \cdot K_B \cdot n \cdot P_n = 2,67 \cdot 0,3 \cdot 11 = 8,81 \text{ кВт},$$

$$Q_M = 1,1 \cdot K_B \cdot n \cdot P_H \cdot \operatorname{tg}\phi = 1,1 \cdot 2,48 = 2,72 \text{ квар.}$$

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

Визначаємо  $S_M$  електроприймачів групи А РП-1:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{8,81^2 + 2,72^2} = 9,22 \text{ кВА.}$$

2) для ЕП групи Б:

$$P_M = \sum n \cdot P_H \cdot K_B = 171,6 \text{ кВт,}$$

$$Q_M = \sum n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\phi = 175,03 \text{ квар.}$$

Визначаємо  $S_M$  електроприймачів групи Б РП-1:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{171,6^2 + 175,03^2} = 245,12 \text{ кВА.}$$

Підсумовуємо розрахункові значення  $P_M$ ,  $Q_M$  ЕП групи А і Б і визначаємо  $S_M$  в цілому для РП-1:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{(8,81 + 171,6)^2 + (2,72 + 175,03)^2} = 253,27 \text{ кВА.}$$

Розрахункові навантаження цеху визначаються в такій послідовності:

- спочатку проводимо розрахунок для всіх споживачів групи А:

$$K_B = \frac{\sum n \cdot P_H \cdot k_B}{\sum n \cdot P_H} = \frac{3,3 + 5,1 + 13,12 + 9,8}{11 + 24 + 32,8 + 28} = \frac{31,32}{95,8} = 0,33,$$

$$n_e = \frac{(\sum n \cdot P_H)^2}{\sum n \cdot P_H^2} = \frac{(11 + 24 + 32,8 + 28)^2}{121 + 360 + 232,84 + 196} \approx 10.$$

З таблиці 1.2 [2, с.11] знаходимо значення  $K_M = 0,9$  і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів групи А:

$$P_M = K_M \cdot K_B \cdot n \cdot P_H = 0,9 \cdot 31,32 = 28,19 \text{ кВт,}$$

$$Q_M = K_M \cdot K_B \cdot n \cdot P_H \cdot \operatorname{tg}\phi = 0,9 \cdot 33,58 = 30,22 \text{ квар,}$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{28,19^2 + 30,22^2} = 41,33 \text{ кВА.}$$

Для ЕП групи Б:

$$P_M = K_B \cdot n \cdot P_H = 171,6 + 182,65 + 179,4 + 70,9 + 56,55 + 130 + 104 + 35 + 232,5 = 1162,6 \text{ кВт,}$$

$$Q_M = K_B \cdot n \cdot P_H \cdot \operatorname{tg}\phi = 175,03 + 136,99 + 134,55 + 59,94 + 49,76 + 114,4 + 91,52 + 26,25 + 174,38 = 962,81 \text{ квар}$$

Визначаємо  $S_M$  електроприймачів групи Б:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{1162,6^2 + 962,81^2} = 1509,52 \text{ кВА.}$$

Для розрахунку цехових навантажень підсумуємо отримані значення потужностей групи А і Б:

$$P_M = 28,19 + 1162,6 = 1190,79 \text{ кВт,}$$

$$Q_M = 30,22 + 962,81 = 993,03 \text{ квар.}$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{1190,79^2 + 993,03^2} = 1550,51 \text{ кВА.}$$

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





гр.А														
Фільтр(38-41)	4	7	49	28	0,35	1,17	9,80	11,47	196					
Всього гр.А	4		49	28	0,35		9,80	11,47	196,00	4	1,47	14,41	12,61	19,15
гр.Б														
Насос густого сиропу(35-37)	3	29	841	87	0,65	0,88	56,55	49,76	2523					
Всього гр.Б	3		841	87	0,65		56,55	49,76	2523			56,55	49,76	75,33
Всього по РП-5	7			115			66,35	61,23				70,96	62,38	94,48
Газовий насос(1)	1	200	40000	200	0,65	0,88	130,00	114,40	40000					
Вакуумний насос(2)	1	160	25600	160	0,65	0,88	104,00	91,52	25600					
Компресор(3)	1	50	2500	50	0,70	0,75	35,00	26,25	2500					
Генератор-двигун(10,12)	2	155	24025	310	0,75	0,75	232,50	174,38	48050					
Всього гр.А	12		594,09	95,8	0,33		31,32	33,58	909,84	10	0,90	28,19	30,22	41,33
Всього гр.Б	31		101752	1735			1162,60	962,81	158361,00			1162,60	962,81	1509,52
Всього навантаження цеху	43			1830,8			1193,92	996,39	159270,84			1190,79	993,03	1550,51

## 2.2. Розрахунок навантажень підприємства

Проведемо розрахунок активної та реактивної потужності силового обладнання і розрахункової потужності освітлення для мийки:

$$P_{mc} = P_H \cdot K_{\Pi} = 760 \cdot 0,4 = 304 \text{ кВт},$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 304 \cdot 0,75 = 228 \text{ квар},$$

$$P_{mo} = P_{\text{пит.о}} \cdot K_{\text{по}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot F = 0,014 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 1250 = 17,85 \text{ кВт},$$

$$Q_{mo} = P_{mo} \cdot \operatorname{tg}\varphi_o = 17,85 \cdot 0,48 = 8,57 \text{ квар},$$

де  $K_{\Pi}$  – коефіцієнт попиту [1],

$K_{\text{по}}$ ,  $K_{\text{пра}}$  – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження і коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі відповідно [2, с.15].

Розрахункові потужності мийки дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_M = P_{mc} + P_{mo} = 304 + 17,85 = 321,85 \text{ кВт},$$

$$Q_M = Q_{mc} + Q_{mo} = 228 + 8,57 = 236,57 \text{ квар}.$$

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

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначаємо:

- сумарне активне навантаження:

$$P_M = K_o \cdot (P_{mc} + P_{mo}) = 0,8 \cdot 2902,64 + 267,88 = 2589,99 \text{ кВт};$$

- сумарне реактивне навантаження:

$$Q_M = K_o \cdot (Q_{mc} + Q_{mo}) = 0,8 \cdot 2213,13 + 171,22 = 1941,72 \text{ квар},$$

де  $K_o = 0,8$  – коефіцієнт одночасності максимумів навантаження для  $K_B < 0,3$  і 5-8 приєднань 10 кВ на збірних шинах РП [2, с.16];

- сумарне повне навантаження цеху:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{2589,99^2 + 1941,72^2} = 3237,02 \text{ кВА}.$$

Таблиця 2.2 - Розрахунок навантажень підприємства

№ п/п	Споживач	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Всього			
		Рн, кВт	Кп	cosφ	tgφ	Рмс, кВт	Qмс,квар	F,м²	Рпит.о	Кпра	Кпо	tgφо	Рмо, кВт	Qмо, квар	Рм, кВт	Qм, квар	Sm, кВА
1	Мийка	760	0,4	0,8	0,75	304,00	228,00	1250	0,014	1,2	0,85	0,48	17,85	8,57	321,85	236,57	399,44
2	Сокоочисний цех					1190,79	993,03	1641	0,012	1,2	0,85	0,48	20,09	9,64	1210,88	1002,67	1572,12
3	Сушка	140	0,4	0,65	1,17	56,00	65,52	600	0,012	1,2	0,85	0,48	7,34	3,53	63,34	69,05	93,70
4	Продуктовий	1500	0,5	0,9	0,48	750,00	360,00	800	0,012	1,2	0,85	0,48	9,79	4,70	759,79	364,70	842,79
5	ТЕЦ	370	0,6	0,65	1,17	222,00	259,74	1000	0,014	1,2	0,85	0,48	14,28	6,85	236,28	266,59	356,23
6	Склад №1	17	0,3	0,8	0,75	5,10	3,83	800	0,012	1,1	0,85	1,73	8,98	15,53	14,08	19,35	23,93
7	Склад №2	15	0,2	0,7	1,02	3,00	3,06	800	0,012	1,1	0,85	1,73	8,98	15,53	11,98	18,59	22,11
8	Склад №3	15	0,3	0,75	0,88	46,55	45,94	1440	0,012	1,1	0,85	1,73	16,16	27,95	62,71	73,89	96,91
9	Хім.лабораторія	4,5	0,4	0,9	0,48	1,80	0,86	300	0,016	1,2	0,85	0,48	4,90	2,35	6,70	3,21	7,43
10	Адмінкорпус	24	0,45	0,8	0,75	10,80	8,10	450	0,015	1,2	0,85	0,48	6,89	3,30	17,69	11,40	21,04
11	Контора	14	0,3	0,7	1,02	4,20	4,28	450	0,014	1,2	0,85	0,48	6,43	3,08	10,63	7,37	12,93
12	Жомосховище	26	0,2	0,85	0,62	5,20	3,22	9775	0,012	1,2	0,85	0,48	119,65	57,43	124,85	60,65	138,80
13	Мех.майстерня	420	0,5	0,8	0,75	210,00	157,50	640	0,015	1,2	0,85	0,48	9,79	4,70	219,79	162,20	273,16
14	АТЦ	38	0,4	0,8	0,75	15,20	11,40	960	0,014	1,2	0,85	0,48	13,71	6,58	28,91	17,98	34,04
15	Насосна жомокислої води	260	0,3	0,75	0,88	78,00	68,64	231	0,013	1,2	0,85	0,48	3,06	1,47	81,06	70,11	107,18
	Всього по підприємству					2902,64	2213,13	21137					267,88	171,22	2589,99	1941,72	3237,02

## 2.3 Вибір та розміщення підстанцій

### 2.3.1. Вибір цехових ТП

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0,4 кВ:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{15} S_i = 399,44 + 1572,12 + 93,7 + 842,79 + 356,23 + 23,93 + 22,11 + 96,91 + 7,43 + 21,04 + 12,93 + 138,8 + 273,16 + 34,04 + 107,18 = 4001,82 \text{ кВА}$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{15} F_i = 1250 + 1641 + 600 + 800 + 1000 + 800 + 800 + 1440 + 300 + 450 + 450 + 9775 + 640 + 960 + 231 = 21137 \text{ м}^2$$

Визначимо економічний ступінь потужності трансформаторів в залежності від густини навантаження:

$$S_{\text{шт}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{4001,82}{21137} = 0,19 \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$$

При такій питомій густині навантаження доцільно встановлювати трансформаторні підстанції потужністю  $S_{\text{ном.ТП}} = 1000 \text{ кВА}$  або  $S_{\text{ном.ТП}} = 630 \text{ кВА}$ .

Розглянемо 2 варіанти спорудження трансформаторних підстанцій з  $S_{\text{ном.ТП}} = 630 \text{ кВА}$  та  $S_{\text{ном.ТП}} = 1000 \text{ кВА}$ :

$$1) S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.ТП}} = 630 \text{ кВА}$$

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{4001,82}{630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 8,5 \div 7,9$$

$k_3 = 0,8 \div 0,85$  - коефіцієнт завантаження трансформаторів однострансформаторної підстанції.

Отже необхідно встановити 9 трансформаторів.

$$2) S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.ТП}} = 1000 \text{ кВА}$$

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{4001,82}{1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 5,3 \div 5$$

Отже необхідно встановити 5 трансформаторів.

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами і визначимо їх фактичний коефіцієнт завантаження. Дані розрахунку приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

Варіант 1				Варіант 2			
Цех	S <sub>м</sub> , кВА	S <sub>ном.ТР</sub> = 630кВА		Цех	S <sub>м</sub> , кВА	S <sub>ном.ТР</sub> = 1000кВА	
		N, шт	k <sub>з</sub>			N, шт	k <sub>з</sub>
1,6-10,12,14,15	850,89	2	0,68	1,6,8-10,12,14,15	828,77	1	0,83
2,3,5	2022,05	4	0,8	2	1572,12	2	0,79
4,11,13	1128,88	2	0,9	3-5,7,11,13	1600,92	2	0,8

Оскільки в другому варіанті кількість трансформаторів менша, які рівномірніше завантажені, то приймаємо рішення про встановлення 5 трансформаторів потужністю 1000 кВА.

### 2.3.2. Вибір місць для розміщення підстанцій

Розрахуємо місце установки ТП для цехів 3-5,7,11,13:

$$X_{ТП-3} = \frac{\sum_{k=1}^6 P_{mk} \cdot X_k}{\sum_{k=1}^6 P_{mk}} = \frac{63,34 \cdot 140 + 759,79 \cdot 140 + \dots + 219,79 \cdot 80}{63,34 + 759,79 + \dots + 219,79} = 130,$$

$$Y_{ТП-3} = \frac{\sum_{k=1}^6 P_{mk} \cdot Y_k}{\sum_{k=1}^6 P_{mk}} = \frac{63,34 \cdot 110 + 759,79 \cdot 75 + \dots + 219,79 \cdot 46}{63,34 + 759,79 + \dots + 219,79} = 85.$$

Трансформаторну підстанцію розміщуємо згідно з розрахованих координат.

Розраховані координати розміщення інших цехових ТП зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Координати розміщення цехових ТП

Цех	Розраховані		Оптимальні	
	X	Y	X	Y
1,6,8-10,12,14, 15	136	177	128	178
2	105	119	105	98
3-5,7,11,13	130	85	128	85

Для визначення повної потужності, яку повинно споживати підприємство з енергосистеми, визначимо втрати потужності в цехових ТП.

Параметри встановленого на підприємстві трансформатора наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Параметри трансформатора

$S_{н.тр}$ , кВА	$U_{н.т}$ , кВ	$\Delta P_{xx}$ , кВт	$\Delta P_{к}$ , кВт	$I_{xx}\%$	$U_{к}\%$
1000	10	2,1	10,5	1,4	6

$$\Delta P_{mp} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \Delta P_{к} \left( \frac{S_p}{S_{н.тр}} \right)^2 = 2,1 + 10,5 \cdot (0,83)^2 = 9,33 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{mp} = n \frac{\Delta I_{x\%}}{100} S_{н.тр} + \frac{1}{n} \frac{\Delta U_{к}}{100} \left( \frac{S_p}{S_{н.тр}} \right)^2 = \frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{6}{100} \cdot (0,83)^2 = 14,04 \text{ квар}$$

Розрахунки для інших цехових ТП проводимо аналогічно. Результати зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Втрати в трансформаторах цехових ТП

ТП №	К-сть ТР	$S_{н.тр}$ , кВА	$k_3$	$\Delta P_{ТП}$ , кВт	$\Delta Q_{ТП}$ , квар
1	1	1000	0,83	9,33	14,04
2	2	1000	0,79	17,17	28,07
3	2	1000	0,8	17,66	28,08
Всього	5			44,16	70,19

Розрахуємо потужність заводу з врахуванням втрат в цехових ТП:

$$P_M = P_{M3} + \sum_{i=1}^3 \Delta P_{mpi} = 2589,99 + 44,16 = 2634,15 \text{ кВт}$$

$$Q_M = Q_{M3} + \sum_{i=1}^3 \Delta Q_{mpi} = 1941,72 + 70,19 = 2011,91 \text{ квар}$$

Визначимо реактивну потужність, що може бути спожита з енергосистеми в години великих навантажень:

$$Q_{1e} = a \cdot P_M = 0,15 \cdot 2634,15 = 395,12 \text{ квар},$$

де  $a = 0,15$  - для підстанцій напругою 10 кВ [2, с.17];

Визначимо необхідну потужність компенсувальних пристроїв:

$$Q_{ку} \geq Q_M - Q_{1e} = 2011,91 - 395,12 = 1616,79 \text{ квар}$$

Розрахуємо повну потужність, що споживається підприємством з енергосистеми:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_{1e}^2} = \sqrt{2634,15^2 + 395,12^2} = 2663,62 \text{ кВА.}$$

Для визначення місця розташування ЦРП побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності

$$P_{mk} = \pi \cdot r_k^2 \cdot m_p \quad (2.1)$$

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень: приймемо радіус круга навантаження мийки 15 м, тоді масштаб побудови визначаємо:

$$m_p = \frac{P_{m1}}{\pi \cdot r_1^2} = \frac{321,85}{3,14 \cdot 15^2} = 0,46 \text{ кВт/м}^2.$$

Вибираємо  $m_p = 0,5 \text{ кВт/м}^2$ . Визначимо радіуси кругів при даному масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{m1}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{321,85}{3,14 \cdot 0,5}} = 15 \text{ м.}$$

Сектор освітлювального навантаження для мийки складає:

$$\alpha_1 = \frac{360 \cdot P_{\text{мо}}}{P_{\text{м}}} = \frac{360 \cdot 17,85}{321,85} = 20^\circ.$$

Розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Споживачі	Р <sub>мо</sub> , кВт	Р <sub>м</sub> , кВт	г, м	α, °	x	y
1	Мийка	17,85	321,85	15	20	155	188
2	Сокоочисний цех	20,09	1210,88	28	6	105	119
3	Сушка	7,344	63,344	7	42	140	110
4	Продуктовий	9,792	759,792	22	5	140	75
5	ТЕЦ	14,28	236,28	13	22	140	150
6	Склад №1	8,976	14,076	3	230	185	110
7	Склад №2	8,976	11,976	3	270	185	60
8	Склад №3	16,1568	62,7068	7	93	220	95
9	Хім.лабораторія	4,896	6,696	3	264	160	158
10	Адмінкорпус	6,885	17,685	4	141	185	158
11	Контора	6,426	10,626	3	218	115	18
12	Жомосховище	119,646	124,846	9	346	63	243
13	Мех.майстерня	9,792	219,792	12	17	80	46
14	АТЦ	13,7088	28,9088	5	171	40	130
15	Насосна жомокислої води	3,06306	81,06306	8	14	121	131

Визначаємо координати центру навантажень:

$$X = \frac{\sum_{k=1}^{15} P_{\text{mk}} \cdot X_k}{\sum_{k=1}^{15} P_{\text{mk}}} = \frac{321,85 \cdot 155 + 1210,88 \cdot 105 + \dots + 81,06 \cdot 121}{321,85 + 1210,88 + \dots + 81,06} = 122,$$

$$Y = \frac{\sum_{k=1}^{15} P_{\text{mk}} \cdot Y_k}{\sum_{k=1}^{15} P_{\text{mk}}} = \frac{321,85 \cdot 188 + 1210,88 \cdot 119 + \dots + 81,06 \cdot 131}{321,85 + 1210,88 + \dots + 81,06} = 117$$



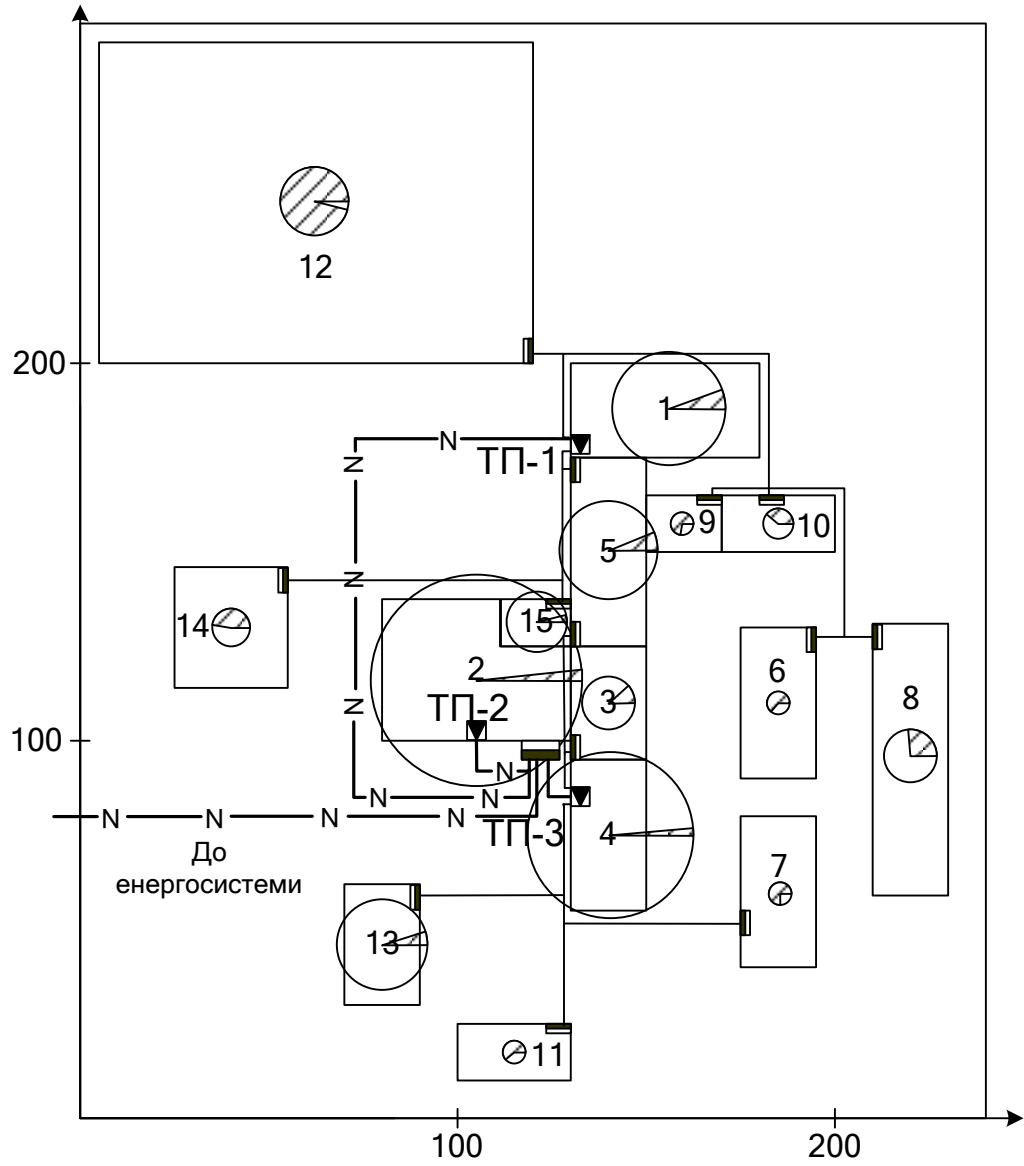


Рисунок 2.1 – Картограма навантажень підприємства

### 2.3.3 Розрахунок електропостачання підприємства

Для визначення опору ліній від системи до ТП визначимо переріз цих ліній за економічною густиною струму. Для кабелів з паперовою ізоляцією  $j_{ек} = 1,6 \text{ А/мм}^2$  при  $T_M = 2000$  год з таблиці 2.35 [3, с.127]:

$$I_M = \frac{S_M}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{2663,62}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 76,9 \text{ А.}$$

$$s_{ек} = \frac{I_M}{j_{ек}} = \frac{76,9}{1,6} = 48 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабельну лінію ААБ прокладену в землі перерізом  $3 \times 50 \text{ мм}^2$  з  $I_{дон} = 140 \text{ А}$  з таблиці Г.1 [2, 142].

### 2.3.4. Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Оскільки цехові ТП розміщені в різних напрямках від ЦРП, то вибираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ.

Конструктивно заводські мережі підприємства виконані кабелями прокладеними в траншеях.

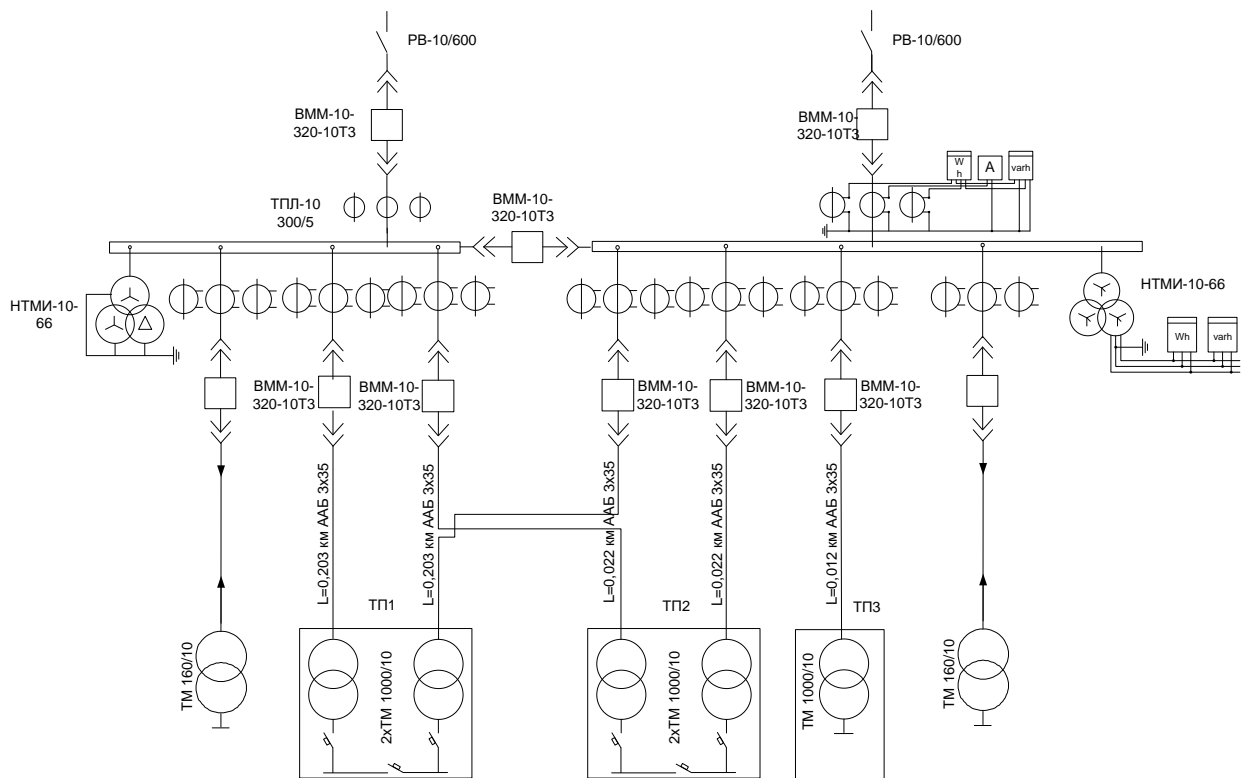


Рисунок 2.2 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

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

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}, \quad (2.2)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{м.ав}}, \quad (2.3)$$

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

Розрахуємо струм для нормального та післяаварійного режиму:

- для ТП-1:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{828,77}{\sqrt{3} \cdot 10} = 47,8 \text{ А}$$

$$I_{м.ав} = \frac{S_{нтр}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,74 \text{ А.}$$

- для ТП-2:

$$I_M = \frac{S_M}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{1572,12}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 45,4 \text{ А}$$

$$I_{м.ав} = \frac{1,4S_{н.тр}}{\sqrt{3}U_H} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80,8 \text{ А}$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВВ-10-320-10ТЗ. Номінальний струм вимикачів  $I_{ном.в} = 320 \text{ А} > I_{м.ав}$  для всіх приєднань. Власний час відключення вимикача 0,105 с.

Для внутрішньозаводської високовольтної мережі вибираємо броньовані кабелі з паперовою ізоляцією в алюмінієвій оболонці типу ААБ прокладені в траншеї. Вибір перерізу жил виконаємо за економічною густиною струму. Для кабелів з паперовою ізоляцією  $j_{ек} = 1,4 \text{ А/мм}^2$  при  $T_M = 4000$  год з таблиці 2.35 [3, с.127].

Визначаємо економічний переріз провідників для живлення ТП-1:

$$s_{ек} = \frac{I_M}{j_{ек}} = \frac{47,8}{1,4} = 34,1 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель ААБ перерізом  $3 \times 35 \text{ мм}^2$  з  $I_{доп} = 115 \text{ А}$  з таблиці Г.1 [2, 142].

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	$I_M$ , А	$I_{м.ав}$ , А	Вимикач	$I_{ном.в}$ , А	$s_{ек}$ , мм <sup>2</sup>	Провідник	$I_{доп}$ , А
ЦРП-ТП-1	47,8	57,74	ВВ-10-320-10ТЗ	320	34,1	ААБ-3х35	115
ЦРП -ТП-2	45,4	80,8	ВВ-10-320-10ТЗ	320	32,2	ААБ-3х35	115
ЦРП -ТП-2	45,4	80,8	ВВ-10-320-10ТЗ	320	32,2	ААБ-3х35	115
ЦРП -ТП-3	46,2	80,8	ВВ-10-320-10ТЗ	320	33	ААБ-3х35	115
ЦРП -ТП-3	46,2	80,8	ВВ-10-320-10ТЗ	320	33	ААБ-3х35	115

## 2.4. Розрахунок електропостачання цеху

### 2.4.1. Вибір схеми цехової мережі

Вибираємо радіальну схему цехової мережі для сокоочисного цеху.

Радіальними називаються мережі, в яких для передачі електричної енергії до споживача використовується окрема лінія. Радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання, однак вони вимагають великих витрат на електрообладнання і монтаж.

Враховуючи потужність і розташування електроприймачів підведемо живлення до них наступним чином: електроприймачі 7-9,42 від РП-1, електроприймачі 11,13-20,43 від РП-2, електроприймачі 21-26 від РП-3, електроприймачі 27-33 від РП-4, електроприймачі 35-41 від РП-5, електроприймачі 1-3,10,12 від ТП. РП-1 – РП-5 живляться від ТП-2.

План електропостачання сокоочисного цеху зображений на рисунку 2.3

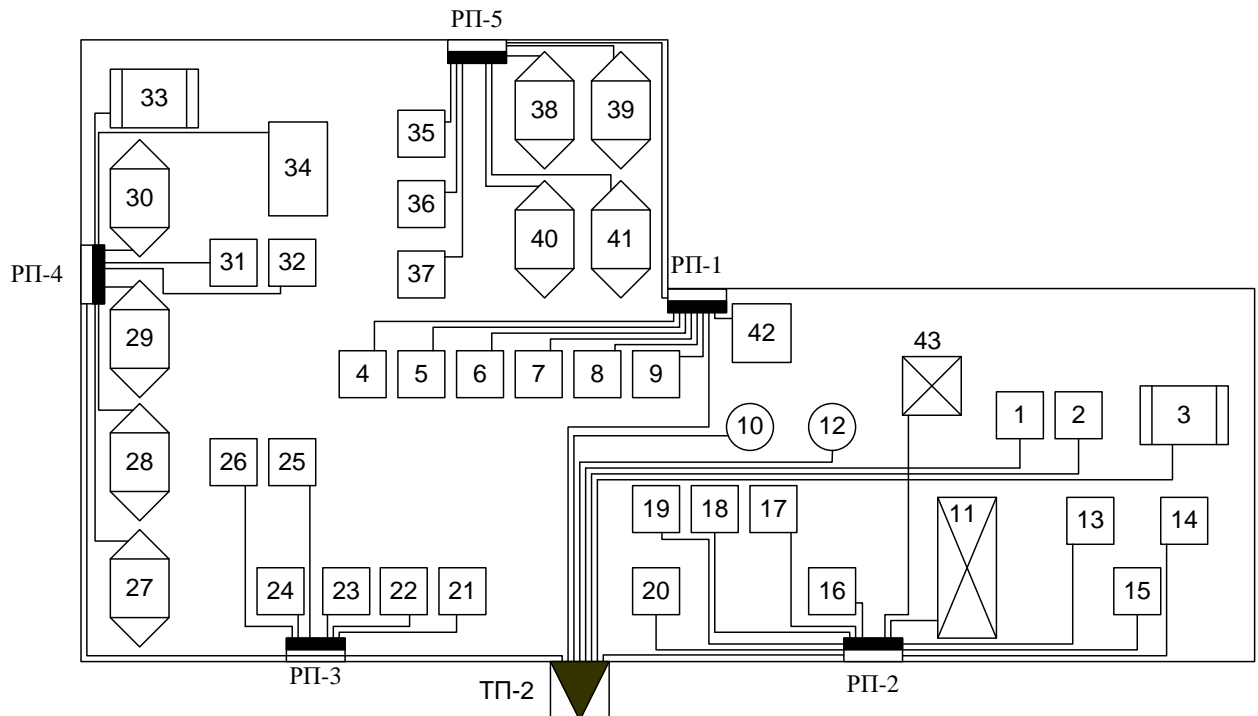


Рисунок 2.3 - План електропостачання сокоочисного цеху

## 2.4.2. Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись такі умови:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M, \quad (1.1)$$

$$I_{с.в} \geq K_n I_n, \quad (1.2)$$

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

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

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

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

цілому при  $U_i = 0,38$ кВ,

$K_n$  - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки,

$I_n$  - піковий (пусковий) струм.

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

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_n} = \frac{253,27}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 384,8 \text{ А.}$$

Піковий струм визначаємо за формулою:

$$I_n = I_M - K_{в} I_{н.макс} + I_{н.макс}, \quad (1.3)$$

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

$$I_n = I_M - K_в I_{н.макс} + I_{п.макс} = 384,8 - 0,65 \cdot \frac{44}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} + 5 \cdot \frac{44}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 675,6 \text{ А.}$$

Вибираємо для встановлення на лініях від ТП до РП-1 – РП-5 автоматичні вимикачі серії ЕВ2 з напівпровідниковим розчіплювачем (селективні). Розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки для лінії ТП – РП-1:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M = 1,1 \cdot 384,8 = 423,28 \text{ А,}$$

$$I_{с.в} \geq K_n I_n = 1,5 \cdot 675,6 = 1013,41 \text{ А.}$$

Значення  $K_{відс}$  і  $K_n$  для різних типів вимикачів наведені в таблиці 5.1 [2, 78].

За розрахованими значеннями струмів вибираємо селективний автоматичний вимикач ЕВ2 з напівпровідниковим розчіплювачем з номінальним струмом вимикача 630 А, номінальним струмом розчіплювача 504 А (кратність струму 0,8) та струмом спрацювання відсічки 1512 (кратність струму 3).

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ЕВ2з напівпровідниковим розчіплювачем для лінії від ТП до РП-2 – РП-5. На лініях, що підходять безпосередньо до електроприймачів вибираємо автоматичні вимикачі серії ЕВ2 з тепловим і електромагнітними розчіплювачами.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від РП-1 до транспортера 42.

Розрахунковий та піковий струми для цієї лінії:

$$I_M = \frac{P_M}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 16,71 \text{ А,} \quad I_n = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 16,71 = 83,56 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ЕВ2 з тепловим і електромагнітними розчіплювачами. За умовами вибору автоматичних

вимикачів розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_M = 1 \cdot 16,71 = 16,71 \text{ А},$$

$$I_{с.в} \geq K_n \cdot I_{п} = 2,1 \cdot 83,56 = 175,48 \text{ А}.$$

За розрахованими значеннями струмів вибираємо автоматичний вимикач EB2 тепловим і електромагнітними розчіплювачами з номінальним струмом вимикача 25 А, номінальним струмом розчіплювача 20 А та струмом спрацювання відсічки 200 А (кратність струму 10).

Аналогічно проводимо вибір решти автоматичних вимикачів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок комутаційно-захисної апаратури цеху

Лінія	Р <sub>м</sub> , кВА	I <sub>м</sub> , А	I <sub>п</sub> , А	Тип захисного апарата	I <sub>ном в</sub> , А	I <sub>н розч</sub> , А	I <sub>сВ</sub> , А
ТП - РП-1	253,27	384,80	675,60	EB2 1000/3S	630	504,0	1512
ТП - РП-2	245,17	372,50	676,52	EB2 1000/3S	630	504,0	1512
ТП - РП-3	224,25	340,71	644,73	EB2 400/3S	400	400,0	1200
ТП - РП-4	116,17	176,49	440,86	EB2 250/3S	250	250,0	750
ТП - РП-5	94,48	143,54	335,21	EB2 160/3S	160	160,0	800
ТП - Газовий насос(1)	200	303,87	1519,34	EB2 400/3S	400	320	3200
ТП - Вакуумний насос(2)	160	243,09	1215,47	EB2 250/3S	250	250	3000
ТП - Компресор(3)	50	75,97	379,84	EB2 100/3S	100	80	800
ТП - Генератор-двигун(10,12)	155	235,50	1177,49	EB2 250/3S	250	250	3000
РП-1 - Транспортёр(42)	11	16,71	83,56	EB2 100/3S	25	20	200
РП-1 - Центрифуга(4-9)	44	66,85	334,26	EB2 100/3S	100	80	800
РП-2 - Кран-балка(11)	18	27,35	136,74	EB2 100/3S	100	31,5	315
РП-2 - Тельфер(43)	6	9,12	45,58	EB2 100/3S	25	10	100
РП-2 - Насос(13-15)	17	25,83	129,14	EB2 100/3S	100	31,5	315
РП-2 - Насос(16-20)	46	69,89	349,45	EB2 100/3S	100	80	800
РП-3 - Насос(21-26)	46	69,89	349,45	EB2 100/3S	100	80	800
РП-4 - Дисковий фільтр(27-30)	7,5	11,40	56,98	EB2 100/3S	25	12,5	125
РП-4 - Мішалка(34)	2,8	4,25	21,27	EB2 100/3S	25	6,3	63
РП-4 - Насос густого сиропу(31,32)	40	60,77	303,87	EB2 100/3S	100	80	800
РП-4 - Компресор(33)	27	41,02	205,11	EB2 100/3S	100	50	500
РП-5 - Фільтр(38-41)	7	10,64	53,18	EB2 100/3S	25	12,5	125
РП-5 - Насос густого сиропу(35-37)	29	44,06	220,30	EB2 100/3S	100	50	500

Відповідно вимог правил влаштування електроустановок вибираємо наступні способи прокладки ліній:



- від ТП до РП-1 – РП-3, ЕП-1, 2, 10, 12 прокладка кабелю з алюмінієвими жилами марки АВВГ в полівінілхлоридній оболонці в трубі, прокладеній в підлозі;

- від ТП до РП-4 – РП-5, ЕП-3, від РП до електроприймачів прокладка алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в стальних рукавах.

Від РП-1 до транспортера 42 вибираємо переріз проводу з умови:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}} = 16,71 \text{ А.}$$

Допустимий тривалий струм для АПВ складає 21 А, що відповідає перерізу 4(1x4).

Аналогічно вибираємо переріз решти провідників. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Вибір провідників цехової мережі

Лінія	$I_{\text{м}}$ , А	$I_{\text{н}}$ розч, А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм <sup>2</sup>	$I_{\text{доп}}$ , А
ТП - РП-1	384,80	504	АВВГ	в трубі в підлозі	2x(4x150)	432,4
ТП - РП-2	372,50	504	АВВГ	в трубі в підлозі	2x(4x150)	432,4
ТП - РП-3	340,71	400	АВВГ	в трубі в підлозі	2x(4x120)	368
ТП - РП-4	176,49	250	АПВ	в трубі в підлозі	4(1x120)	190
ТП - РП-5	143,54	160	АПВ	в трубі в підлозі	4(1x95)	165
ТП - Газовий насос(1)	303,87	320	АВВГ	в трубі в підлозі	2x(4x95)	312,8
ТП - Вакуумний насос(2)	243,09	250	АВВГ	в трубі в підлозі	4x185	248,4
ТП - Компресор(3)	75,97	80	АПВ	в стальних рукавах	4(1x50)	105
ТП - Генератор-двигун(10,12)	235,50	250	АВВГ	в трубі в підлозі	4x185	248,4
РП-1 - Транспортёр(42)	16,71	20	АПВ	в стальних рукавах	4(1x4)	21
РП-1 - Центрифуга(4-9)	66,85	80	АПВ	в стальних рукавах	4(1x35)	75
РП-2 - Кран-балка(11)	27,35	31,5	АПВ	в стальних рукавах	4(1x10)	38
РП-2 - Тельфер(43)	9,12	10	АПВ	в стальних рукавах	4(1x4)	21
РП-2 - Насос(13-15)	25,83	31,5	АПВ	в стальних рукавах	4(1x6)	26
РП-2 - Насос(16-20)	69,89	80	АПВ	в стальних рукавах	4(1x35)	75
РП-3 - Насос(21-26)	69,89	80	АПВ	в стальних рукавах	4(1x35)	75
РП-4 - Дисковий фільтр(27-30)	11,40	12,5	АПВ	в стальних рукавах	4(1x4)	21
РП-4 - Мішалка(34)	4,25	6,3	АПВ	в стальних рукавах	4(1x4)	21
РП-4 - Насос густого сиропу(31,32)	60,77	80	АПВ	в стальних рукавах	4(1x25)	65
РП-4 - Компресор(33)	41,02	50	АПВ	в стальних рукавах	4(1x16)	55
РП-5 - Фільтр(38-41)	10,64	12,5	АПВ	в стальних рукавах	4(1x4)	21
РП-5 - Насос густого сиропу(35-37)	44,06	50	АПВ	в стальних рукавах	4(1x16)	55

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

#### 3.1 Загальні положення. Основи компенсації реактивної потужності

Залежно від виду використовуваного устаткування електричне навантаження підрозділяється на активне, індуктивне і ємнісне. Найчастіше споживач має справу із змішаними активно-індуктивними навантаженнями. Відповідно, з електричної мережі відбувається споживання як активної, так і реактивної енергії.

Активна енергія перетвориться в корисну – механічну, теплову та ін. енергії. Реактивна енергія не пов'язана з виконанням корисної роботи, а витрачається на створення електромагнітних полів в електродвигунах, трансформаторах, індукційних печах, зварювальних трансформаторах, дроселях і освітлювальних приладах. У загальному випадку вираз для визначення реактивної потужності має вигляд:

$$Q=U \cdot I \cdot \sin\varphi. \quad (3.1)$$

Вона додатня при струмі, який відстає (індуктивне навантаження -  $0 < \varphi < 180$ ) і від'ємна при струмі, який випереджає (ємнісне навантаження -  $180 < \varphi < 360$ ). Показником споживання реактивної енергії (потужності) є коефіцієнт потужності  $\cos\varphi$ , який показує співвідношення активної потужності  $P$  і повної потужності  $S$ , споживаній електроприймачами з мережі:

$$P=S \cdot \cos\varphi. \quad (3.2)$$

Одиницею вимірювання реактивної потужності є вольт-ампер реактивний (ВАр). Активна, реактивна і повна потужності пов'язані

наступним співвідношенням:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3.3)$$

Значення коефіцієнта потужності незкомпенсованого устаткування наведені в табл.3.1. В оптимальному режимі показник повинен прямувати до одиниці і відповідати нормативним вимогам.

Таблиця 3.1- Значення коефіцієнта потужності незкомпенсованого устаткування

Тип навантаження	Приблизний коефіцієнт потужності
Асинхронний електродвигун до 100 кВт	0,6-0,8
Асинхронний електродвигун 100-250 кВт	0,8-0,9
Індукційна піч	0,2-0,6
Зварювальний апарат змінного струму	0,5-0,6
Електродугова піч	0,6-0,8
Лампа денного світла	0,5-0,6

Реактивна потужність, яка споживається промисловим підприємством у кожній даній точці мережі, визначається величиною намагнічувальної потужності, яка необхідна для окремих елементів електроустановки, які розташовані за даною точкою в напрямку передачі енергії. Реактивні навантаження підприємств не залишаються незмінними не тільки протягом більш-менш тривалих проміжків часу доби місяця року, але й протягом однієї виробничої зміни. Ці навантаження безупинно змінюються залежно від виробничої програми окремих струмоприймачів, від ступеня їхнього

завантаження і відносної тривалості ввімкнення, від коливань напруги в мережі, від якості обслуговування устаткування експлуатаційним і ремонтним персоналом та від інших факторів.

Компенсація реактивної потужності є найдешевшим і ефективним засобом підвищення техніко-економічних показників електропостачання, який зменшує всі види втрат електроенергії.

Реактивний струм додатково навантажує лінії електропередачі, що призводить до збільшення перерізів проводів і кабелів і відповідно до збільшення капітальних витрат на зовнішні і внутрішньо майданчикові мережі. Реактивна потужність разом з активною потужністю враховується постачальником електроенергії, а отже, підлягає оплаті по тарифах, що діють, тому складає значну частину рахунку за електроенергію.

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивній потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів і синхронних компенсаторів). За рахунок приєднання до мережі компенсуючого пристрою КП зменшуються втрати потужності і напруги. На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99.

Відносну ефективність зменшення реактивного навантаження в тому чи іншому пункті електричної мережі можна оцінити за допомогою так названого економічного еквівалента реактивної потужності. Економічний еквівалент чисельно дорівнює зменшенню втрат активної потужності в мережах при зменшенні реактивного навантаження на 1 кВАр.

Асинхронні електродвигуни, флуоресцентні лампи, індукційні печі, силові, зварювальні і інші спеціальні трансформатори, зварювальні автомати для дугового зварювання на змінному струмі або зварювання контактним опором, котушки контакторів і реле, лінії електропередач споживають разом з активною і реактивну потужність. Реактивна потужність затрачається на

створення змінних електромагнітних полів. Як відомо, чим більша реактивна потужність при постійній активній, тим нижче коефіцієнт потужності.

При зниженні коефіцієнта потужності споживачів (при незмінній активній потужності) внаслідок зростання реактивного струму збільшуються втрати електроенергії в мережах, трансформаторах і генераторах. При значному зниженні значення коефіцієнта потужності трансформатори та генератори виявляються настільки завантаженими реактивними струмами, що подальше отримання від них активної потужності стає нереальним. Крім того, при зниженні коефіцієнта потужності збільшуються і втрати напруги в мережах і практично всі показники якості електроенергії за напругою залежать від обсягів споживання реактивної потужності промисловими установками.

Реактивна потужність визначається при синусоїдальній напрузі мережі живлення наступним чином:

- у випадку однофазних навантажень:  $Q = UI_1 \sin \varphi = P \operatorname{tg} \varphi$ ,

де  $\operatorname{tg} \varphi = Q/P$  - коефіцієнт реактивної потужності,

$P = UI_1 \cos \varphi$  - активна потужність навантаження,

а  $\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності.

- у випадку трьохфазних навантажень:  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

Рівень компенсованої реактивної потужності  $Q_K$  визначається як різниця реактивних потужностей навантаження підприємства  $Q_{\Pi}$ , та потужності, що надається підприємством енергосистемою  $Q_{\Theta}$ :  
 $Q_K = Q_{\Pi} + Q_{\Theta} = P(\operatorname{tg} \varphi_{\Pi} - \operatorname{tg} \varphi_{\Theta})$ .

Потреби в реактивній потужності зазвичай перевищують можливості її покриття генераторами на електростанціях, оскільки більша частина промислових навантажень – це споживачі реактивної потужності.

Таким чином компенсація реактивної потужності є важливою складовою частиною комплексу організаційно-технічних заходів з

регулювання режимів електроспоживання і обмеження максимумів навантаження на промислових підприємствах.

Основними споживачами реактивної потужності на промислових підприємствах є:

- асинхронні двигуни - 45-65%.
- електропечі - 8%.
- напівпровідникові перетворювачі та повітряні електричні лінії – 10%.
- трансформатори всіх ступенів трансформації – 20-25%.

### 3.2 Види та способи компенсації

Основним джерелом реактивної потужності (РП) є синхронні генератори електростанцій. Передавання РП з енергосистеми до споживачів не є раціональним, оскільки виникають додаткові втрати активної потужності у всіх елементах систем електропостачання, обумовлені завантаженням РП, та додаткові втрати в живлячих мережах. Щоб знизити ці втрати, необхідно біля споживачів встановлювати додаткові джерела РП, основними серед яких є конденсатори.

Сучасні асинхронні двигуни споживають реактивний струм, що складає біля 20-40% від номінального струму. Асинхронні електродвигуни споживають, при номінальному навантаженні, реактивну потужність, що визначається за формулою:

$$Q_{\text{НОМ}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{НОМ}} / \eta_{\text{НОМ}}, \quad (3.4)$$

де:  $P_{\text{НОМ}}$ ,  $\eta_{\text{НОМ}}$  - відповідно номінальна потужність (кВт) і ККД двигуна;  $\text{tg}\varphi_{\text{НОМ}}$  - тангенс, відповідаючий номінальному значенню  $\cos \varphi_{\text{НОМ}}$  двигуна.

Реактивна потужність, що споживається з мережі при холостому ході (кВар), визначається за формулою:

$$Q_{X.X} \approx \sqrt{3}U_D \cdot I_{X.X}, \quad (3.5)$$

де:  $I_{X.X}$  - струм холостого ходу двигуна, А;

$U_D$  - напруга на зажимах двигуна, кВ.

Для двигунів з  $\cos \varphi_{НОМ} = 0,91-0,93$  реактивна потужність холостого ходу складає біля 60% реактивної потужності при номінальному завантаженні двигуна. Для двигунів з  $\cos \varphi_{НОМ} = 0,77-0,8$  реактивна потужність холостого ходу складає біля 70%.

При завантаженнях асинхронного електродвигуна, менше номінального, приріст споживання реактивної потужності в порівнянні з холостим ходом пропорційний квадрату коефіцієнта завантаження двигуна, тоді, реактивна потужність при довільному навантаженні:

$$Q_{AD} = Q_{X.X} + \Delta Q_{НОМ} \beta^2, \quad (3.6)$$

де:  $\beta = P/P_{НОМ}$  - коефіцієнт завантаження двигуна.

Звідси слідує висновок, що заміна не завантажених двигунів на двигуни меншої потужності буде сприяти зниженню споживання реактивної потужності. Досвід вказує, що якщо середнє навантаження асинхронних двигунів по потужності не перевищує 45% номінальної потужності, то їх слід замінити електродвигунами меншої потужності. Якщо навантаження становить 45-70%, то необхідно провести техніко-економічну перевірку доцільності заміни двигуна на двигун меншої потужності.

В ряді випадків ефективним засобом із зниження споживання реактивної потужності є переключення обмоток недовантаженого асинхронного двигуна з трикутника на зірку. Оскільки при цьому пусковий і

обертовий момент зменшуються в 3 рази. Переключення можна виконувати при низькому навантаженні – до 35% номінальної потужності. Переключення завантажених на 25% електродвигунів приводить до наближення їх коефіцієнта потужності до номінального.

Одним з ефективних заходів по зниженню споживання реактивної потужності асинхронними електродвигунами є використання обмежувачів холостого ходу станків. Обмежувач холостого ходу автоматично відключає магнітний пускач двигуна на між операційний час.

Сучасні асинхронні електродвигуни проектуються з мінімально можливим повітряним зазором між статором і ротором. Це зменшує опір шляху магнітного потоку і споживання реактивної потужності. Магнітним опором повітряного зазору обумовлено 70-80% реактивної потужності, що споживаються асинхронним двигуном на холостому ходу.

При експлуатації електродвигуна, відбувається нерівномірне зношення підшипників, що викликає асиметрію магнітного поля двигуна і погіршення ККД на 1,4-3,7%, а також погіршення коефіцієнта потужності на 0,01-0,025 в порівнянні з паспортними даними. При появі значного осьового зрушення ротора також збільшується споживання реактивної потужності двигуном. Різке погіршення коефіцієнта потужності відбувається також при проточці ротора, замість заміни зношених підшипників при ремонтів, оскільки при цьому збільшується повітряний зазор.

Трапляються випадки коли згорівшу обмотку статора асинхронного двигуна міняють проводами з меншим поперечним розрізом. Або з меншим числом витків, ніж це необхідно за технологією. В той же час зменшення числа витків на 10% зменшує магнітний потік на 10% і підвищує індукцію в сталі. Реактивна потужність і струм холостого ходу двигуна збільшується приблизно на 25%, коефіцієнт потужності погіршується на 0,05-0,06. Погіршується і ККД двигуна внаслідок збільшення активних втрат в сталі.



Сучасні досягнення напівпровідникової техніки дозволяють конструювати такі перетворювачі (компенсаційні) що вони можуть підтримувати максимальний коефіцієнт потужності електроприводу і навіть генерувати реактивну потужність. Такі перетворювачі необхідно використовувати в першу чергу.

Трансформатори є другою найбільш крупною групою електроприймачів по споживанню реактивної потужності.

При холостому ході, коли виводи вторинної обмотки розімкнені, в первинній обмотці протікає струм холостого ходу з діючим значенням  $I_X$ . Повна потужність для однофазного трансформатора:

$$S = U_1 I_X \quad (3.7)$$

Її реактивна складова витрачається на перемагнічування сталі магнітопровода, а активна складова покриває втрати при холостому ході трансформатора.

$$Q_X = U_1 I_X \sin \varphi_X \quad (3.8)$$

$$P_X = U_1 I_X \cos \varphi_X \quad (3.9)$$

Коефіцієнт потужності при холостому ході трансформатора:

$$\cos \varphi_X = \frac{P_{CT}}{S} = \frac{I_X^2 R_1 + P_{CT}}{I_X U} = \frac{P_X}{\sqrt{3} U_1 I_X} \quad (3.10)$$

Слабо завантажені трансформатори, як і асинхронні двигуни, мають низький коефіцієнт потужності. Тому важливо правильно вибирати потужності трансформаторів при проектуванні, а також здійснювати

перегрупування і заміну не завантажених трансформаторів в процесі експлуатації. Заміна трансформаторів на менш потужні признано доцільним у випадку, якщо вони завантажені менше ніж на 30%. Необхідно також слідкувати, щоб у вихідні та неробочі часи трансформатори відключались.

З метою раціоналізації роботи трансформаторів стосовно режимів споживання реактивної потужності також можна переводити навантаження тимчасово завантажених менш ніж на 30% на інші трансформатори; відключення їх при роботі на холостому ході.

Також для компенсації реактивної потужності використовують конденсаторні установки. Можливі такі види компенсації реактивної потужності:

Одинична компенсація – краща там, де: потрібна компенсація потужних (понад 20 кВт) споживачів; потужність, яка споживається постійна протягом тривалого часу.

Групова компенсація – застосовується для випадку компенсації декількох індуктивних навантажень, які розташовані поруч і вмикаються одночасно, підімкнених до одного розподільного пристрою і які компенсуються однією конденсаторною батареєю.

Централізована компенсація. Для підприємств, які потребують змінної реактивної потужності постійно ввімкнені батареї конденсаторів не прийнятні, оскільки при цьому може виникнути режим недокомпенсації або перекомпенсації. У цьому випадку конденсаторна установка оснащується спеціалізованим контролером і комутаційно-захисною апаратурою. При відхиленні значення  $\cos\varphi$  від заданого значення контролер підмикає або відмикає ступені конденсаторів. Перевага централізованої компенсації полягає в наступному: ввімкнена потужність конденсаторів відповідає спожитій в конкретний момент часу реактивній потужності без перекомпенсації або недокомпенсації.

При виборі конденсаторної установки необхідна потужність

конденсаторів визначається як :

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2), \quad (3.11)$$

де  $\operatorname{tg}\varphi_1$  – коефіцієнт потужності споживача до встановлення компенсувальних пристроїв;

$\operatorname{tg}\varphi_2$  – коефіцієнт потужності після встановлення компенсувальних пристроїв (бажаний або коефіцієнт, який задає енергосистема).

Заходи з підвищення коефіцієнта потужності в електроустановках можна розділити на дві групи: перша – при яких не потрібна установка компенсуючих пристроїв, і друга – при яких потребується компенсуючих пристроїв. Компенсація реактивної потужності у споживачів дозволяє:

- знизити струм в передаючих елементах мережі, що призводить до зменшення поперечного розрізу проводів.
- зменшення повної потужності, що знижує потужність трансформаторів і їх число.
- зменшення втрат активної потужності, а відповідно, і потужності генераторів на електростанціях.

Сутність будь-яких заходів із зниження споживання реактивної потужності заключається в обмеженні впливу електроприймача на мережу живлення шляхом впливу на сам електроприймач.

Перша група заходів з підвищення коефіцієнта потужності в електроустановках:

1. Підвищення завантаження технологічних агрегатів по потужності, а саме:

- підвищення завантаження асинхронних двигунів;
- ліквідація режиму роботи асинхронних двигунів без навантаження шляхом встановлення обмежувачів холостого ходу, коли між операційний період більший 10с;

- перемикання обмоток статора асинхронних електродвигунів напругою до 1000 В із трикутника на зірку, якщо їх завантаження менше 40% (знижує потужність двигуна в 3 рази);
  - вибір потужності трансформаторів близькою до необхідного навантаження, заміна або відключення трансформаторів, які завантажені у середньому менше ніж на 30% номінальної потужності;
  - плавне регулювання напруги за допомогою тиристорних пристроїв;
  - поліпшення якості ремонту електродвигунів, при якому зберігаються їх номінальні дані.
2. Підвищення завантаження технологічних агрегатів по часу, в тому числі:
    - використання обмежувачів холостого ходу асинхронних електродвигунів та зварювальних агрегатів.
  3. Заміна асинхронних двигунів синхронними.
  4. Упорядкування технологічного процесу, що створює кращий енергетичний режим роботи електрообладнання. Заміна, перестановка і виключення малозавантажених технологічних агрегатів.
  5. Використанням перетворювачів з великим числом фаз випрямлення, штучної комутації вентилів і обмеженням вмісту вищих гармонік в струмі, що споживається.

Друга група заходів з підвищення коефіцієнта потужності в електроустановках:

Відноситься встановлення компенсуючих пристроїв. Зазвичай компенсація реактивної потужності реалізується за допомогою таких технічних засобів як компенсуючі пристрої різного роду: синхронні двигуни (компенсатори), комплектні конденсаторні батареї, фільтрокомпенсуючі пристрої, статистичні компенсатори (керовані тиристорами реактори або комутовані тиристорами конденсатори), які розміщуються в тих чи інших місцях мережі споживача.

Якщо заходи першої групи не підвищують коефіцієнт потужності до 0,9-0,95, то застосовуються штучні компенсуючі пристрої. Наприклад встановлення конденсаторної батареї біля асинхронного електроприводу, дозволяє уникнути необхідності завантаження мережі живлення електроприводу реактивною потужністю

Режим роботи конденсаторних установок повинен виключати можливість роботи підприємств із випереджальним коефіцієнтом потужності. У зв'язку із цим найдоцільнішим є застосування автоматичного регулювання потужності конденсаторних установок за напругою, за часом доби і за іншими параметрами.

Для розрахунку параметрів компенсаторної установки в мережі знімають характерні добові графіки навантаження і текуче значення  $\cos\phi$ , за якими визначають середнє значення коефіцієнта потужності за період. Знаючи фактичний і потрібний (за умовами компенсації) коефіцієнт потужності, а також споживання активної електроенергії, можна розрахувати потрібну потужність конденсаторної установки.

Ємність статичного конденсатора не повинна перевищувати 80% реактивного навантаження двигуна в режимі холостого ходу для уникнення виникнення проблем при виключенні двигуна. Загальна рекомендація для трансформаторів – вибір статичного конденсатора, ємністю (кВАР), що відповідає 3% потужності трансформатора.

Вибір типу, потужності, місця встановлення і принципу керування пристроями компенсації має забезпечувати найбільший ефект. При цьому слід враховувати, що:

- найбільший економічний ефект досягається при розміщенні засобів компенсації безпосередньо поблизу електроприймача;
- статистичні конденсатори можуть встановлюватися поблизу одиничного навантаження, з великим терміном навантаження.

- індивідуальна компенсація найбільш ефективна і доцільна для потужних електроприймачів, але супроводжуватись відключенням компенсуючого пристрою з відключенням споживача.
- синхронні двигуни, які працюють з перезбудженням поля, можуть також бути використанні для підвищення коефіцієнта потужності.

#### Встановлення синхронних електродвигунів

Встановлення синхронних електродвигунів може значно знизити потреби підприємства в реактивній потужності. Синхронна машина, яка за рахунок регулювання струму збудження може здійснювати генерацію реактивної потужності в електричну мережу.

Максимальної величина реактивної потужності  $Q_M$ , яку може генерувати кожний з встановлених на підприємстві синхронних двигунів визначається за формулою:

$$Q_M = \frac{\alpha_M \cdot P_{НОМ} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{НОМ}}{\eta_{НОМ}} \quad (3.12)$$

де:  $P_{НОМ}$  - номінальна активна потужність двигуна, кВт;

$\operatorname{tg}\varphi_{НОМ}$  - значення тангенса кута  $\varphi_{НОМ}$ , яке відповідає номінальному значенню  $\cos\varphi_{НОМ}$ ;

$\eta_{НОМ}$  - номінальний ККД двигуна;

$\alpha_M$  - найбільше допустиме перевантаження синхронного двигуна за реактивною потужністю, яка залежить від типу двигуна, відносної напруги  $U^0$  і коефіцієнта завантаження за активною потужністю  $\beta$ .

Таблиця 3.2 - Середнє значення  $\alpha_M$  для синхронних двигунів серій СДН, СТД, СД і СДЗ

Серія, номінальна напруга і частота обертання двигуна	Напруга на зажимах $U^0 = U/U_{НОМ}$	Коефіцієнт завантаження $\beta$		
		0,9	0,8	0,7
СДН, 6 і 10 кВ, для всіх частот обертання	0,95	1,31	1,39	1,45
	1,0	1,21	1,27	1,33
	1,05	1,06	1,12	1,17
СДН, 6 кВ:				
600-1000 об/хв	1,1	0,89	0,94	0,96
375-500 об/хв	1,1	0,88	0,92	0,94
187-300 об/хв	1,1	0,86	0,88	0,9
100-167 об/хв	1,1	0,81	0,85	0,87
СДН, 10 кВ:				
1000 об/хв	1,1	0,9	0,98	1,0
250-750 об/хв	1,1	0,86	0,9	0,92
СТД, 6 і 10 кВ, 3000 об/хв	0,95	1,3	1,42	1,52
	1,0	1,23	1,34	1,43
	1,05	1,12	1,23	1,31
	1,1	0,9	1,08	1,16
СД і СДЗ, 380 В, для всіх частот обертання	0,95	1,16	1,26	1,36
	1,0	1,15	1,24	1,32
	1,05	1,1	1,18	1,25
	1,1	0,9	1,06	1,15

Визначається фактична величина реактивної потужності  $Q_{\Phi}^{C.D.}$ , що генерується працюючими на підприємстві синхронними двигунами. Для визначення  $Q_{\Phi}^{C.D.}$  необхідно оцінити компенсуючу здібність СД, яка представляє собою відношення реактивної потужності (Квар), що віддається

в мережу, до повної потужності двигуна (кВ.А):  $q = \frac{Q_{\Phi}^{C.D.}}{S_{НОМ}} 100$ , %.

Найбільша компенсуюча здібність двигуна при даному навантаженні має місце при номінальному струмі збудження  $I_{3.НОМ}$ . При зниженні струму збудження нижче номінального компенсуюча здібність СД різко зменшується. І для двигунів з  $\cos \varphi_{НОМ}=1,0$  незначне зниження струму збудження може привести до того, що двигун буде споживати реактивну потужність з мережі.

При відомих значеннях коефіцієнта завантаження двигуна  $\beta$ , струму збудження  $I_3$ , а також з врахуванням його паспортних значень визначається за графіком перевантажувальна здібність  $q$ .

Величина повної номінальної потужності двигуна  $S_{НОМ}$  визначається з виразу:

$$S_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\cos \varphi_{НОМ} \cdot \eta_{НОМ}} \quad (3.13)$$

де  $P_{НОМ}$ ,  $\cos \varphi_{НОМ}$ ,  $\eta_{НОМ}$  - номінальні данні двигуна.

При відомих значеннях  $q$  та  $S_{НОМ}$  величина  $Q_{\Phi}^{C.D.}$ :

$$Q_{\Phi}^{C.D.} = \frac{q \cdot S_{НОМ}}{100} \quad (3.14)$$

Для кожного СД визначається реактивна потужність, що не використовується:



$$Q_{\text{Н.ВИК}}^{\text{С.Д}} = Q_{\text{М}} - Q_{\text{Ф}}^{\text{С.Д}} \quad (3.15)$$

В подальшому визначається невикористана реактивна потужність всіх працюючих на підприємстві синхронних двигунів.

Синхронні електродвигуни можуть використовуватись для різноманітних виробничих механізмів і робочих машин: для компресорів, насосів, вентиляторів, воздуходувок, газодувок, вугільних і інших млинів, дробилок, двигунів генераторних агрегатів, дефіберів, прокатних станів та ін. При використанні пристроїв регулювання швидкості електродвигуна синхронні електродвигуни можуть також використовуватись для механізмів, що потребують регулювання швидкості.

Вибір того чи іншого засобу компенсації здійснюється на основі техніко-економічних розрахунків. При цьому порівнюються затрати засобів на виробляє мий 1 кВАр.г

Одним із найважливіших показників економічності компенсуючи засобів є питомі витрати в них активної потужності на отримання реактивної потужності. Не можна рахувати економічним і доцільним отримання реактивної потужності за рахунок великих затрат активної потужності.

Найменші втрати мають батареї конденсаторів, які із-за простоти конструкції і обслуговування, відсутності частин, що обертаються, установки їх в будь-якій точці мережі у вигляді крупних батарей, групами чи індивідуальними банками, отримали широке використання в електроустановках.

До основних їх недоліків слід віднести залежність генеруємої потужності  $Q_{\text{КБ}}$  конденсаторів від напруги та частоти:

$$Q_{\text{ЕА}} = Q_{\text{ЕА.нн}} K_U^2 K_f \quad (3.16)$$

де  $K_U, K_f$  - відношення напруги при відхиленні напруги і частоти мережі від номінальних значень до напруги в номінальному режимі.

Синхронні компенсатори хоча і мають більші питомі втрати активної потужності, встановлюються в енергосистемах із-за необхідності, відповідно режимам роботи систем, забезпечення стійкості та регулювання напруги систем. В періоди максимального навантаження синхронні компенсатори можуть працювати в режимі перезбудження та віддавати реактивну потужність, а в періоди зниження навантаження, споживати реактивну потужність. Таким чином, синхронні компенсатори можуть регулювати напругу на приймальних кінцях мережі.

Вибираючи потужність компенсаторних батарей необхідно слідкувати, щоб ця установка покривала реактивне навантаження цеха чи підприємства і не видавала реактивну потужність в мережу енергосистеми. Така перекомпенсація приводить лише до втрат потужності, що викликається передачею в мережу від підприємства реактивної потужності. Оскільки таке явище має місце при спадах графіка навантаження (вночі, у вихідні дні) необхідно, щоб потужність приєднаних косинус них конденсаторів використовувалась в залежності від графіка реактивного навантаження підприємства. Для цього конденсаторні батареї секціонуються на ступені. Ці секції автоматично включаються та виключаються в залежності від рівня напруги і періоду доби чи за іншими параметрами.

Цього недоліку позбавлені статичні джерела реактивної потужності, що представляють із себе сполучення конденсаторних батарей з регулюючою ланкою. В такому випадку сумарна реактивна потужність рівна різниці потужностей конденсаторних батарей та керуючого реактору. Реактивна потужність реактора є функцією струму підмагнічування, і компенсатор може або генерувати реактивну потужність, або споживати її. Використання керованих статичних компенсаторів виправдано лише в мережах з різко змінним навантаженням.

При розподілі засобів компенсації реактивної потужності між мережами напругою до і вище 1 кВ необхідно враховувати положення:

- найбільше зниження втрат потужності і електроенергії досягається при розміщенні КБ в безпосередньому наближенні від споживаючих реактивну потужність електроприймачів;
- передача реактивної енергії з мережі напругою 6-10 кВ в мережу до 1 кВ економічно не вигідна, якщо це призводить до збільшення числа і потужності цехових трансформаторів;

використання комплексних конденсаторних установок на стороні 6-10 кВ цехових трансформаторних підстанцій і розподільчих пунктах, як правило, економічно недоцільне. Конденсаторні установки напругою 6-10 кВ слід встановлювати на головних понижуючих підстанціях і підстанціях глибокого вводу.

Розглядаючи проблему підвищення коефіцієнта потужності, неможливо виходити тільки з інтересів підприємства, оскільки так інколи понадмірне підвищення коефіцієнту потужності на підприємстві приводить не до зниження, а до підвищення сумарних втрат в енергосистемі. Тому в усіх випадках використання компенсуючих пристроїв має витримуватись наступна умова: – зниження втрат активної потужності в системі електропостачання внаслідок використання засобів компенсації має бути більше ніж втрати активної потужності в компенсуючому пристрої.

Критерієм економічності при виборі і розрахунку компенсуючих пристроїв є мінімум приведених затрат. При визначенні величини приведених затрат необхідно враховувати: затрати на встановлення КП і додаткового обладнання – комутаційних апаратів, пристроїв автоматики і т.п.; зниження вартості обладнання трансформаторних підстанцій і вартості спорудження постачаючих та розподільних мереж, обумовленого зменшенням струмових навантажень; зниження втрат електроенергії в

постачальній та розподільчій мережі; зменшення втрат активної потужності при максимумі навантаження енергосистеми.

3.3 Розрахунок плати за реактивну енергію на Томашпільському цукровому заводі.

Для розрахунку плати за реактивну енергію будемо опиратися на Наказ «Про затвердження методики розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії між енергопостачальною компанією та споживачами.», яки було затверджено 14.11.1997 р.

Вхідні величини, що отримуються інструментальним шляхом (за допомогою приладів або систем обліку електроенергії) є:

- Споживання активної електроенергії за місяць за показаннями лічильника виявилось  $WP = 3000000$  кВт·год.
- Середньостатистичне значення ЕЕРП,  $D = 0.032$  кВт/кВАр.
- Середньовідпускний тариф  $T = 0,05846$  грн/кВт·год.
- Базовий коефіцієнт стимулювання капітальних вкладень в засоби КРП Сбаз = 1.0.

До складу засобів КРП входять компенсуючі установки (КУ), засоби регулювання потужності КУ, прилади або системи обліку реактивної електроенергії.

Підприємство належить до промислових споживачів, для яких в умовах відсутності обліку реактивної електроенергії нормативний коефіцієнт потужності  $\text{tg } \varphi_H = 0.80$ , а граничний коефіцієнт потужності, що визначає зону нечутливості,  $\cos \varphi_\Gamma = 0.97$

( $\text{tg } \varphi_\Gamma = 0.25$ ).

В такому випадку:

$$WQ_{\text{сп}} = WP \cdot \text{tg } \varphi_H = 3000000 \cdot 0.8 = 2400000 \text{ кВАр} \cdot \text{год.},$$

$$П1 = WQ_{\text{сп}} \cdot D \cdot T = 2400000 \cdot 0.032 \cdot 0.5846 = 4489,73 \text{ грн.},$$

де  $\Pi_1$  - основна плата за споживання і генерацію реактивної електроенергії.

Оскільки нормативне значення  $\operatorname{tg} \varphi_{\text{н}} = 0.80$  більше граничного  $\operatorname{tg} \varphi_{\text{г}} = 0.25$ , підприємство працює за межею зони нечутливості, і йому нараховується надбавка:

$$\Pi_2 = \Pi_1 \cdot C_{\text{баз}} \cdot (K_{\text{ф}} - 1), \quad (3.17)$$

де  $\Pi_2$  - надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами КРП.

Для  $\operatorname{tg} \varphi = 0.80$  значення  $K_{\text{ф}} = 1.3025$ .

Тоді значення надбавки:

$$\Pi_2 = 4489,73 \cdot 1.0 \cdot (1.3025 - 1) = 1346,92 \text{ грн.}$$

Повна плата за місяць:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 = 4489,73 + 1346,92 = 5836,65 \text{ грн.}$$

За рік :  $\Pi = 70039,8$  грн.

### Висновки

Компенсація реактивної потужності є важливою складовою частиною комплексу організаційно-технічних заходів з регулювання режимів електроспоживання і обмеження максимумів навантаження на промислових підприємствах.

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивній потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів і синхронних компенсаторів). За рахунок приєднання до мережі компенсуючого пристрою КП зменшуються втрати потужності і напруги.

В даній частині роботи було проведено розрахунок плати за реактивну енергію на Вінницькому олійножировому комбінаті

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Об'єктом розробки технічних рішень щодо безпеки життєдіяльності є сокоочисний цех Томашпільського цукрового заводу. В цеху знаходиться такі електроприлади як мішалки та насоси для здійснення різноманітних технологічних потреб.

В процесі виробництва експлуатаційний і ремонтний персонал може зазнати дії небезпечних та шкідливих факторів. За характером та природною впливу всі небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофілогічні.

Згідно з ГОСТ 12.0.003-74 на технологів та майстрів сокоочисного цеху впливають такі шкідливі фактори:

- фізичні: підвищена швидкість руху повітря, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень вібрації, підвищена вологість, підвищена та знижена температура повітря робочої зони, недостатня освітленість;

- психофізіологічні: нервово-психічні перевантаження (перевантаження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження);

- хімічні: насосна П продукту не належить до запилених приміщень з хімічно активним середовищем.

### 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

На території підприємства використовують дві ТП 2x1000-10/0,4, ТП 1x1000-10/0,4 і одна ТП 2x160-10/10. Напряга, яка відходить від ТП1 живить розподільчі пункти насосної П продукту трифазною чотирьох провідною мережею, величина якої складає 380/220 В.

Живлення цеху від ТП до РП-1 - РП-5 здійснюється кабелями з алюмінієвими жилами марки АВВГ в полівінілхлоридній оболонці в трубах,

прокладених в підлозі, а живлення електроприймачів – алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в сталевих рукавах. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною. Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується занулення.

Для забезпечення нормальної роботи електрообладнання та безпеки обслуговуючого персоналу згідно вимог ПУЕ на підприємстві, яке проектується передбачається встановлення штучних захисних заземлюючих пристроїв.

Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись індивідуальні та колективні засоби захисту від ураження електричним струмом. Ізолювальні електрозахисні засоби призначені для ізоляції людини від частин електрообладнання, котрі знаходяться під напругою, а також від землі. До них відносяться: ізолювальні та вимірювальні штанги, штанги для накладання тимчасових переносних заземлень; ізолювальні та електровимірювальні кліщі; покажчики напруги; ізолювані ручки монтерського інструменту; діелектричні рукавиці, боти та калоші; гумові килимки, доріжки, підставки; ізолювальні ковпаки та накладки; ізолювальні драбини.

Огороджувальні електрозахисні засоби призначені для тимчасового огороження струмоведучих частин обладнання. До них відносяться переносні огороження (ширми, бар'єри, щити, клітки), а також тимчасові переносні заземлення. Умовно до них відносять і переносні попереджувальні плакати.

Допоміжні захисні засоби призначені для захисту персоналу від падіння з висоти (запобіжні пояси та страхувальні канати), для безпечного підймання на висоту (драбини, кігті), а також для захисту від світлового,

теплового, механічного та хімічного впливів (захисні окуляри, протигази, рукавиці, спецодяг).

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99.

Мікроклімат сокоочисного цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху кисню, м/с
		Допустима на робочих місцях			
		Постійних	Непостійних		
Холодний	Середньої важкості: I б	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий	Середньої важкості: I б	21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup>.



В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути: пил рослинного походження. Шкідлива речовина відноситься до 4 класу небезпечності.

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТу 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення [27]:

- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану
- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами , які встановлені безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні.

#### 4.2.3 Виробниче освітлення

За нормативними вимогами ДБН В.2.5-28.2006 в приміщенні сокоочисного цеху використовується комбіноване освітлення. Система природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт – середньої точності. Контраст об'єкту розпізнавання з фоном - середній, фон - світлий. Відповідно до ДБН В.2.5-28.2006 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». При штучному загальному освітленні освітленість - 150 лк, при комбінованому освітленні - освітленість - 300 лк. Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення. При експлуатації електричних пристроїв включається регулярне очищення віконних проїм будівель від забруднень, своєчасна заміна перегорілих ламп і контроль за рівнем напруги в освітлювальній мережі, підвищення загального рівня культури експлуатації будівель, що забезпечують чистоту повітря у

приміщенні і відсутність викиду в атмосферу пилу, кіптяви і так далі, а також регулярне фарбування та побілка стін і стелі.

Природне освітлення одностороннє і здійснюється через вікна, які орієнтовані на південь.

Норми по штучному освітленні наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Норми освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрзряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк	
						Штучне освітлення	
						Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	IV	г	Великий	Світлий	300	150

Для освітлення сокоочисного цеху вибираємо світильники прямого світла ЛПО-02 з двома люмінесцентними лампами. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 14,5 метра.

#### 4.2.4 Виробничий шум

В сокоочисному цеху джерелом шуму є мішалки та насоси. Постійна дія сильного шуму не лише негативно впливає на слух, але й на центральну нервову систему викликаючи запаморочення, зниження працездатності, головний біль, підвищення втоми. Відповідно до [27] рівень звуку вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 10 \lg(I / I_0) = 10 \lg(p / p_0) = 10 \lg(U / U_0), \quad (4.1)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P-звуковий тиск, Па;

$U_o$  коливальна швидкість, 5-10 м/с;

$P_o$  -нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого насоси виконуються в металевому кожусі. Для виключення випадків перевищення допустимого рівня шуму необхідно регулярно здійснювати контроль роботи обладнання і своєчасно усувати недоліки, що викликають підвищення рівня шуму під час роботи обладнання.

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають будь-які механічні коливання пружинних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Коливання тіл з частотою, нижчою 16 Гц сприймається організмом, як вібрація, а коливання з частотою 16...20 Гц і більше – одночасно як вібрація і як звук.

В сокоочисному цеху основними джерелами вібрації є насоси, мішалки, центрофуги.

Таблиця 4.4 - Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	1,3	0,45	0,22	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$				

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , в знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонансу, динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок та будівельних конструкцій. Також для зменшення дії вібрації в насосній П продукту передбачено розміщення двигунів та компресорів на масивних фундаментах.

#### 4.4 Пожежна безпека

Приміщення сокоочисного цеху, що проектується відносять до категорії Г, оскільки в цеху відбувається випарка та кристалізація цукру при

високих температурах.

До цієї категорії відносяться негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я, а також горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються у вигляді палива.

Сокоочисний цех відноситься до II ступеня вогнестійкості, оскільки будівля з несучими і відгороджуваними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плиткових негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

Межі вогнестійкості занесені у таблицю 4.5

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику – межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 4.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили, (з утеплювачем), інші несучі конструкції перекрить	Елементи перекрить	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні ненесучі	Внутрішні ненесучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
II	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.75}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$

В таблиці 4.6 приведена допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі відповідно до ступеня вогнестійкості.

Таблиця 4.6 - Допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі.

Категорія будівлі (пожежних відсіків)	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> , будівель		
			Одноповерхових	багатоповерхових	
				2 поверхи	3 поверхи і більше
Г	10	I і II	Не обмежується		

В таблиці 4.7 приведені протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Таблиця 4.7 - Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Номер п/п	Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, год
1	Протипожежні стіни	1	2.5
		2	0.75
2	Протипожежні перегородки	1	0.75
		2	0.25
3	Протипожежні перекриття	1	2.5
		2	1
		3	0.75
4	Протипожежні вікна і двері	1	1.2
		2	0.6
		3	0.25

Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до II ступеня вогнестійкості не нормується для будівель та споруд з виробництвами категорії Г

Площа сокоочисного цеху становить 4050 м<sup>2</sup>, необхідно встановити 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежегасіння, які розміщені на ньому слід включити: вогнегасники – 3шт., ящик з піском – 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного

матеріалу або повсті розміром 2м х 2м – 1шт., гаки – 3шт., лопати – 2шт., ломи – 2шт., сокири – 2шт.

Вмістилища для піску, що є елементом конструкції пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше  $0.1\text{м}^3$ . Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

## Висновки

В бакалаврській дипломній роботі була спроектована система електропостачання Томашпільського цукрового заводу.

Згідно нормативних документів методами коефіцієнту використання та коефіцієнту попиту були визначені відповідно цехові групові навантаження силового обладнання та розрахункові потужності цехів з урахуванням освітлення. Враховуючи коефіцієнт одночасності була визначена розрахункова потужність всього підприємства. В основних виробничих цехах спорудити дві двотрансформаторні підстанції з трансформаторами ТМ-1000 кВА та три одно трансформаторних з ТМ-1000, ТМ-160 . Всі інші підрозділи підприємства заживити від цих підстанцій.

Також у відповідності до вимог ПУЕ були вибрані високовольтні та низьковольтні кабелі, їх способи прокладки, високовольтні вимикачі для розподільчих мереж підприємства та захисні апарати низьковольтних мереж для одного з цехів.

Розробленні та запропоновані заходи для компенсації реактивної потужності в системі електропостачання заводу.

Всі прийняті в процесі проектування рішення забезпечують необхідну надійність та якість електропостачання.



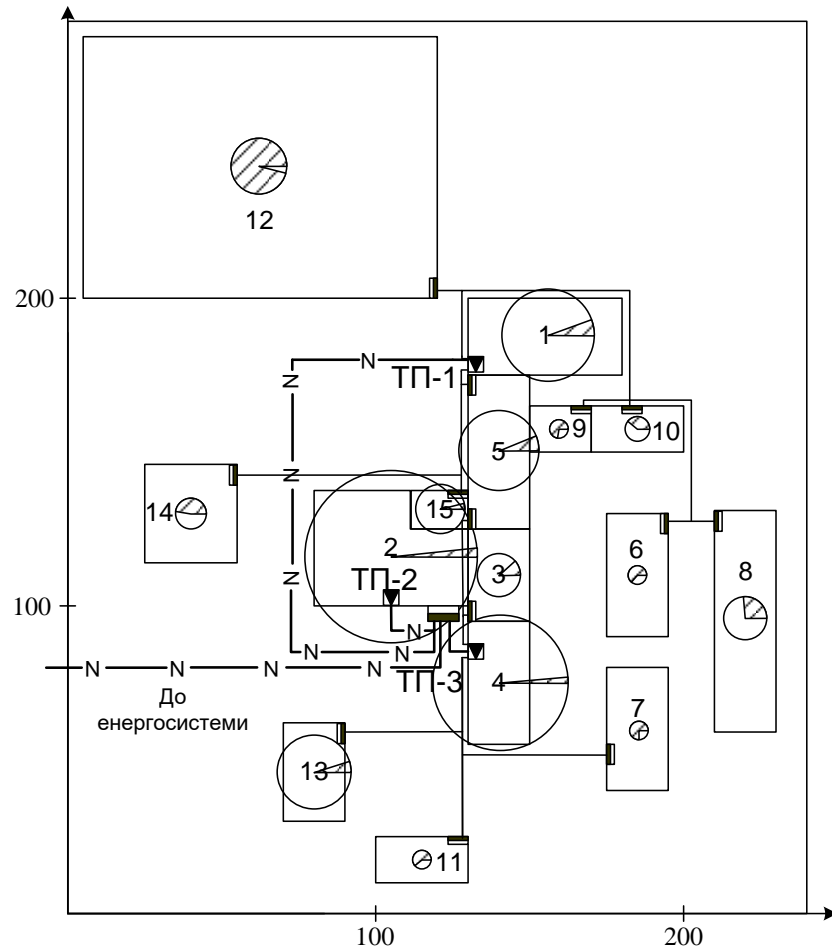
## Література

1. Правила устройства электроустановок. — М.: Энергоатомиздат, 2009 — 640 с.
2. Електропостачання підприємства. Режим доступу: <http://lib.lntu.info/book/fepes/elektropostachnnia/2011/11-87>.
3. Показники якості електроенергії. Режим доступу: [http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi\\_14.html](http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi_14.html).
4. СН 174-75 Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятия.
5. Мешков В.В. Основы светотехники: Учебное пособие для техникумов / В.В. Мешков. — М.: Энергоатомиздат, 1979. — 368 с.
6. РД 153-34.0-15.501-00 Контроль качества электрической энергии.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б.И. Кудрин, В.В. Прокопчик — Минск: Высшая школа, 1988. — 360 с.
8. Овчаренко А.С. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий / А.С. Овчаренко, Д.И. Розинський — Киев: Техніка, 1980. — 287 с.
9. Бурбело М.Й. «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» / М.Й. Бурбело. — Вінниця: ВНТУ, 2005р. — 94 с.
10. Демов О.Д. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук. — Вінниця: ВНТУ, 2008. — 92 с.
11. Перелік небезпечних шкідливих факторів. Режим доступу: [http://pidruchniki.ws/15290527/bzhd/perelik\\_nebezpechnih\\_shkidlivih\\_virobnichih\\_faktoriv](http://pidruchniki.ws/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv).
12. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST\\_12000374\\_SSBT\\_Opasnye\\_i\\_v.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasnye_i_v.html)

13. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охраны труда при эксплуатации электронно -вычислительных машин. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/pravila-ohoroni-praci-pid-chas-ekspluataciyi-elektronno-obch-nor17970.html>
14. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98>
15. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
16. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
17. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>
18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
19. СанПіН 2.2.2 542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.gippokrat.ru/help/sanpin96.php>
20. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI
21. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z1410-04>
22. Дьяков А Ф., Овчаренко Н. И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Учеб. пособие для вузов. М: Изд. МЭИ, 2000. 199 с.

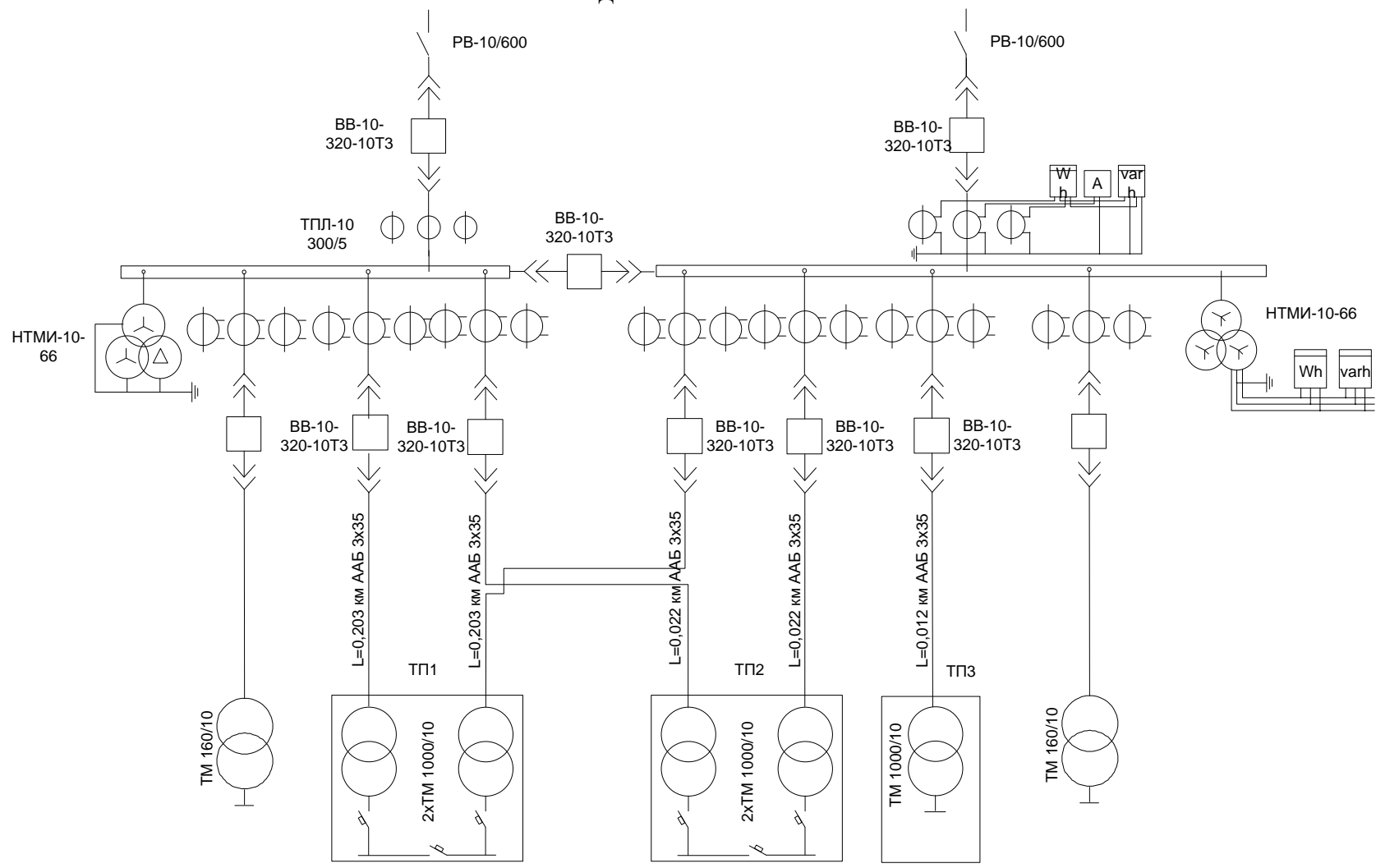
## ДОДАТКИ

Додаток А  
Генплан підприємства

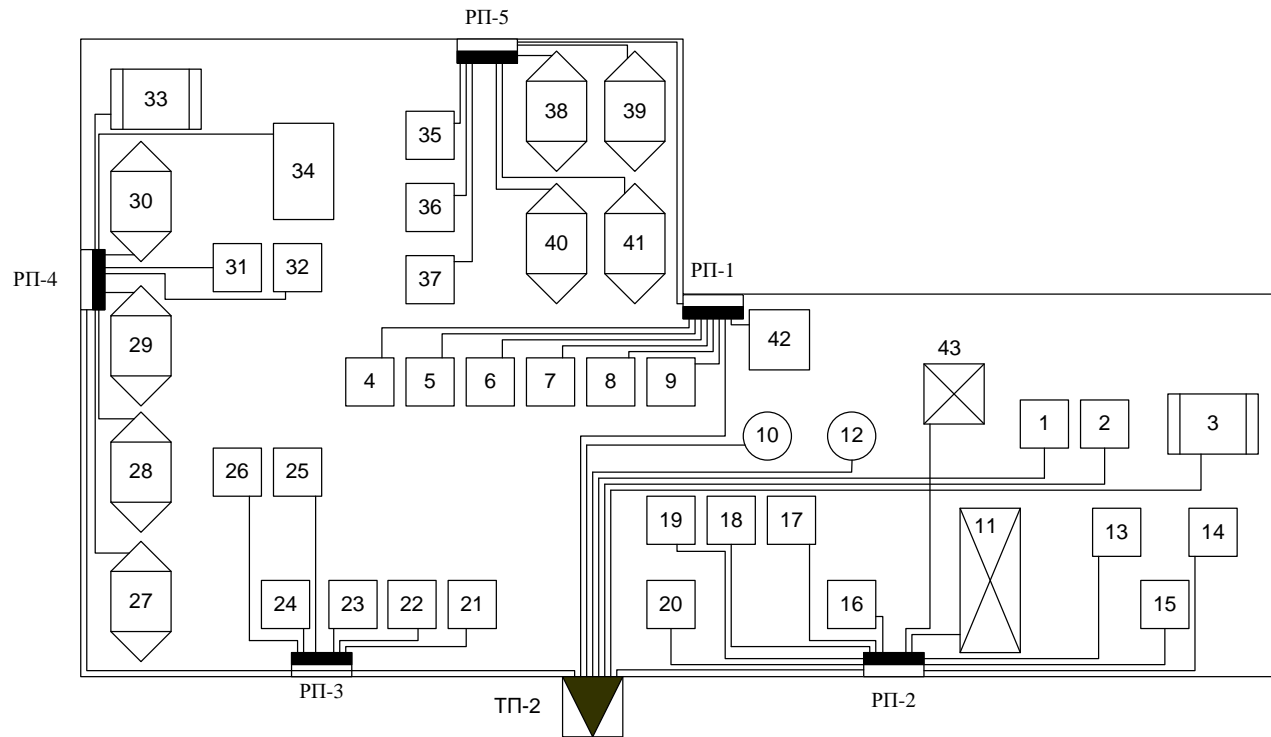


№	Найменування цеху	Рн, кВт
1	Мийка	760
2	Сокоочисний цех	1200
3	Сушка	140
4	Продуктовий	1500
5	ТЕЦ	370
6	Склад №1	17
7	Склад №2	15
8	Склад №3	15
9	Хім.лабораторія	4,5
10	Адмінкорпус	24
11	Контора	14
12	Жомосховище	26
13	Мех.майстерня	420
14	АТЦ	38
15	Насосна жомокислої води	260

### Додаток Б Однолінійна схема



Додаток В  
План цеху



№	Найменування	Рн, 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	Дисковий фільтр	7,5
31,32	Насос густого сиропу	40
33	Компресор	27
34	Мішалка	2,8
35-37	Насос густого сиропу	29
38-41	Фільтр	7
42	Транспортер	11
43	Тельфер	6

### Додаток Г

#### Розрахунково-монтажна таблиця

Тип вимикача	$I_{н. А}$	$I_{н. розр. А}$	$I_{св. А}$	$I_{н. А}$	Кабель	$I_{дон. А}$	ШІР	Тип вимикача	$I_{н. А}$	$I_{н. розр. А}$	$I_{св. А}$	$I_{н. А}$	$I_{н. А}$	Кабель	Спосіб прокладання	$I_{дон. А}$	№	К-сть	Назва споживача			
EB2 1000/3S	630	504	1512	384,8	2АВВГ (4×150)	432,4	PI-1	EB2 100/3S	25	20	200	16,71	83,56	АПВ 4(1×4)	в сталіних рукавах	21	42	1	Транспортер			
								EB2 100/3S	100	80	800	66,85	334,26	АПВ 4(1×35)	в сталіних рукавах	75						
EB2 1000/3S	630	504	1512	372,5	2АВВГ (4×150)	432,4	PI-1	EB2 100/3S	100	31,5	315	27,35	136,74	АПВ 4(1×10)	в сталіних рукавах	38	4-9	6	Центрифуга			
								EB2 100/3S	25	10	100	9,12	45,58	АПВ 4(1×4)	в сталіних рукавах	21						
EB2 400/3S	400	400	1200	340,71	2АВВГ (4×120)	368	PI-2	EB2 100/3S	100	31,5	315	25,83	129,14	АПВ 4(1×6)	в сталіних рукавах	26	13-15	3	Насос			
								EB2 100/3S	100	80	800	69,89	349,45	АПВ 4(1×35)	в сталіних рукавах	75						
								EB2 100/3S	100	80	800	69,89	349,45	АПВ 4(1×35)	в сталіних рукавах	75						
								EB2 100/3S	100	80	800	69,89	349,45	АПВ 4(1×35)	в сталіних рукавах	75						
EB2 250/3S	250	250	750	176,49	АПВ 4(1×120)	190	PI-4	EB2 100/3S	25	12,5	125	11,4	56,98	АПВ 4(1×4)	в сталіних рукавах	21	21-26	6	Насос			
								EB2 100/3S	25	6,3	63	4,25	21,27	АПВ 4(1×4)	в сталіних рукавах	21						
EB2 160/3S	160	160	800	143,54	АПВ 4(1×95)	165	PI-5	EB2 100/3S	100	80	800	60,77	303,87	АПВ 4(1×25)	в сталіних рукавах	65	27-30	4	Дисковий фільтр			
								EB2 100/3S	100	80	800	60,77	303,87	АПВ 4(1×25)	в сталіних рукавах	65						
								EB2 100/3S	100	50	500	41,02	205,11	АПВ 4(1×16)	в сталіних рукавах	55						
								EB2 100/3S	25	12,5	125	10,64	53,18	АПВ 4(1×4)	в сталіних рукавах	21						
EB2 400/3S	400	320	3200	303,87	2АВВГ (4×95)	312,8	PI-5	EB2 100/3S	100	50	500	44,06	220,30	АПВ 4(1×16)	в сталіних рукавах	55	31,32	2	Насос густого сиропу			
								EB2 100/3S	100	50	500	44,06	220,30	АПВ 4(1×16)	в сталіних рукавах	55						
EB2 250/3S	250	250	3000	243,09	АВВГ (4×185)	248,4													33	1	Компресор	
EB2 100/3S	100	80	800	75,97	АПВ 4(1×50)	105														38-41	4	Фільтр
EB2 250/3S	250	250	3000	235,5	АВВГ (4×185)	248,4														35-37	3	Насос густого сиропу
EB2 400/3S	400	320	3200	303,87	2АВВГ (4×95)	312,8														1	1	Газовий насос
EB2 250/3S	250	250	3000	243,09	АВВГ (4×185)	248,4														2	1	Вакуумний насос
EB2 100/3S	100	80	800	75,97	АПВ 4(1×50)	105														3	1	Компресор
EB2 250/3S	250	250	3000	235,5	АВВГ (4×185)	248,4														10,12	2	Генератор-двигун

Додаток Д  
Компенсація реактивної потужності

## Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах

### *Розрахунок плати за реактивну енергію*

Споживання електроенергії за місяць за показами лічильника:  
 $WP=3000000$  Квт\*год

Середньостатистичне значення ЕЕРП:  $D=0.032$  кВт/кВар  
Середньовыдпускний тариф:  $T=0,05846$  грн/кВт\*год

Базовий коефіцієнт стимулювання капітальних вкладень в  
засоби КРП  $C_{баз} = 1.0$

$$\operatorname{tg} n = 0.80$$

$$\cos g = 0.97 \quad \text{звідки} \quad \operatorname{tg} g = 0.25$$

$$WQ_{\text{сп}} = WP \operatorname{tg} n = 3000000 \cdot 0.8 = 2400000 \text{ кВар год.},$$

$$P1 = WQ_{\text{сп}} D T = 2400000 \cdot 0.032 \cdot 0.5846 = 4489,73 \text{ грн.},$$

$P1$  - основна плата за споживання і генерацію реактивної  
електроенергії

Оскільки нормативне значення  $\operatorname{tg} n = 0.80$  більше граничного  $\operatorname{tg} g = 0.25$ ,  
нараховується надбавка:

$$P2 = P1 C_{баз} (K_{\phi} - 1).$$

Для  $\operatorname{tg} n = 0.80$  значення  $K_{\phi} = 1.3025$

$$P2 = 4489,73 \cdot 1.0 \cdot (1.3025 - 1) = 1346,92 \text{ грн}$$

Повна плата за місяць:

$$P = P1 + P2 = 4489,73 + 1346,92 = 5836,65 \text{ грн}$$

За рік :  $P=70039,8$  грн