

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра електроенергетики

Проект допущено до захисту  
Зав. кафедрою електроенергетики  
\_\_\_\_\_ І.Л. Лебединський  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

## **МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему «Проектування систем електропостачання та освітлення  
машинобудівного заводу»

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав студент гр. ЕТ.м-91

\_\_\_\_\_ О.О. Артюх

Керівник, к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_ В.В. Волохін

Консультант

з економічної частини, к.ек.н, доцент

\_\_\_\_\_ О.М. Маценко

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_ М.А. Никифоров

Суми 2020

## Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроенергетики

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

\_\_\_\_\_ І.Л. Лебединський

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студента

Артюха Олександра Олександровича

1. Тема роботи: «Проектування систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу»

затверджена наказом по університету № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом закінченої роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи:

- Нормативні документи;
- План розташування приміщень;
- Паспортні данні обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

- Вступ;
- Загальні відомості про об'єкт проектування;
- Проведення проектних розрахунків;
- Економічна частина проекту;
- Охорона праці;
- Висновки;
- Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- генеральний план машинобудівного заводу;
- план розташування ТП на генплані підприємства;
- схема електропостачання машинобудівного заводу;
- схема робочого та аварійного освітлення інструментального цеху;

6. Консультанти:

| Розділ             | Керівник     | Завдання видав | Завдання прийняв |
|--------------------|--------------|----------------|------------------|
| Економічна частина | Маценко О.М. |                |                  |

Консультанти проекту:

Маценко О.М. \_\_\_\_\_

(підпис)

7. Дата видачі завдання 29.10.2020

Керівник проекту Волохін В.В. \_\_\_\_\_

(підпис)

Завдання прийняв до виконання Артюх О.О. \_\_\_\_\_

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №п/п | Назва етапів роботи              | Строк виконання етапів роботи |
|------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1    | Аналіз та збір проектних даних   | 29.10-04.11.2020              |
| 2    | Розрахункова частина проекту     | 04.11-25.11.2020              |
| 3    | Економічна частина               | 26.11-28.11.2020              |
| 4    | Охорона праці                    | 28.11-30.11.2020              |
| 5    | Оформлення графічного матеріалу  | 01.11-04.12.2020              |
| 6    | Оформлення пояснювальної записки | 05.06-07.12.2020              |

Студент

Артюх О.О. \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник проекту

Волохін В.В. \_\_\_\_\_

(підпис)

## РЕФЕРАТ

с. 87, рис. 8, табл. 27, кресл. 4.

**Бібліографічний опис:** Артюх О.О. Проектування систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / О.О. Артюх; наук. керівник В.В. Волохін. - Суми: СумДУ, 2020. - 87 с.

**Ключові слова:** підстанція, електропостачання, навантаження, струм короткого замикання, електроприймач, переріз, електродвигун, вимикач, роз'єднувач, електроприймачі, освітлення, компенсувальні пристрої;

подстанция, электроснабжения, нагрузки, ток короткого замыкания, электроприёмник, сечение, электродвигатель, выключатель, разъединитель, электроприемники, освещение, компенсирующие устройства;

substation, power supply, load, short-circuit current, electric receiver, cross-section, electric motor, switch, disconnecter, electric receivers, lighting, compensating devices;

**Короткий огляд:** Проектом передбачено розрахунок схеми внутрішньозаводського електропостачання машинобудівного заводу. Було проведено: розрахунок електричних навантажень, визначення центру електричних навантажень та місця розташування головної понижувальної підстанції, вибір кількості та потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції і цехових підстанцій, компенсувальних пристроїв напругою до і понад 1 кВ та перерізу кабельних ліній. Розраховано струми коротких замикань та проведено виборі електричних комутаційно-захисних апаратів. В роботі також розраховано систему електроосвітлення інструментального цеху.

В економічній частині було порівняно два варіанти освітлення цеху та обрано більш економічний.

В розділі з охорони праці розглянуті та проаналізовані заходи безпеки на підприємстві та при обслуговуванні підстанції.

Перелік умовних позначень, символів, скорочень:

- ВВ – вакуумний вимикач;
- ВРП – відкритий розподільчий пристрій;
- ГПП – головна понижувальна підстанція;
- ДЖ – джерело живлення;
- ЕА– електричні апарати;
- ЕД – електродвигун;
- ЕМП – електромагнітне поле;
- ЕП – електроприймач;
- ЗП – заземлюючий пристрій;
- КЗ – коротке замикання;
- КЛ – кабельна лінія;
- КУ – конденсаторна установка
- МВ – масляний вимикач;
- ОПН – обмежувач перенапруги нелінійний;
- ОУ – освітлювальна установка;
- ПС – підстанція;
- ПЛ – повітряна лінія електропередавання з неізолюваними проводами;
- РЗА – релейний захист та автоматика;
- РП – розподільний пункт;
- РПН – регулювання напруги під навантаженням;
- РУ – розподільча установка;
- СД – синхронний двигун;
- СЕР – система електропостачання;
- СШ – система шин;
- ТП – трансформаторна підстанція;
- ЦЕН – центр електричних навантажень;
- ЦТП – цехова трансформаторна підстанція.

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 8  |
| 1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ .....                    | 9  |
| 1.1 Вихідні дані до проектування машинобудівного заводу .....                             | 9  |
| 1.2 Визначення розрахункових навантажень цехів .....                                      | 11 |
| 2. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ.....   | 20 |
| 2.1 Побудова картограми навантажень.....  | 20 |
| 2.2 Вибір кількості та потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції. .... | 24 |
| 2.3 Вибір трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій.....                        | 28 |
| 2.4 Визначення реактивної потужності компенсуючих пристроїв.....                          | 30 |
| 3. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ.....                          | 34 |
| 3.1 Схема електропостачання машинобудівного заводу .....                                  | 34 |
| 3.2 Розрахунок оптимального освітлення інструментального цеху .....                       | 38 |
| 4. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ТА ВИБІР АПАРАТІВ .....                         | 45 |
| 4.1 Розрахункова схема для максимального режиму .....                                     | 45 |
| 4.2 Розрахунок струмів трифазного КЗ з боку низької напруги.....                          | 47 |
| 4.3 Розрахунок струмів трифазного КЗ з боку високої напруги.....                          | 51 |
| 4.4 Вибір перерізу кабелів. ....  | 54 |
| 4.5 Умови вибору і перевірки електричних апаратів .....                                   | 59 |

|           |              |          |        |      |   |  |  |               |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|---|--|--|---------------|------|---------|
|           |              |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ   |  |  |               |      |         |
| Змн.      | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата | Проектування систем<br>електропостачання та<br>освітлення<br>машинобудівного заводу |  |  | Літ.          | Арк. | Аркушів |
| Розроб.   | Артюх        | Волохін  |        |      |   |  |  | 6             | 87   |         |
| Керівник  |              |          |        |      |   |  |  | СумДУ ЕТ.м-91 |      |         |
| Н. Контр. | Никифоров    |          |        |      |   |  |  |               |      |         |
| Затверд.  | Лебединський |          |        |      |   |  |  |               |      |         |

|   |    |
|---|----|
| 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....   | 70 |
| 5.1 Економічний ефект від застосування двох різних типів світильників ..... | 70 |
| 6. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....                                       | 75 |
| 6.1 Небезпечні та шкідливі фактори на підстанції .....                      | 75 |
| 6.2 Норми освітленості робочих місць при обслуговуванні підстанції .....    | 81 |
| 6.3 Заходи пожежної безпеки на підприємстві .....                           | 82 |
| 6.4 Основні правила при оглядах обладнання підстанцій: .....                | 83 |
| ВИСНОВКИ .....  | 84 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....   | 85 |

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 7    |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## ВСТУП

Система електропостачання - це частина електроенергетики промисловості, транспорту, агропромислового комплексу і всіх інших складових життєдіяльності людей.

В сучасних умовах робота інженера, що спирається на сучасні засоби обчислювальної техніки, набуває творчий характер, так як необхідно приймати нестандартні рішення.

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

Основним критерієм до проектів систем електропостачання є надійність електропостачання споживачів. В свою чергу, надійність електропостачання отримується завдяки вибору найбільш відповідних електричних апаратів , силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту.

Спорудження електричних мереж та підстанцій систем електропостачання зв'язані з великими матеріальними затратами. Тому під час проектування повинен проводитись детальний аналіз економічності проектних рішень.

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 8    |



# 1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

## 1.1 Вихідні дані до проектування машинобудівного заводу

Об'єктом розробки магістерської роботи є система внутрішньозаводського електропостачання машинобудівного заводу, яка повинна відповідати основним вимогам СЕП промислових підприємств.

Для виконання проекту електропостачання задаються вихідні дані, що наведені в табл. 1.1–1.7. та генеральний план підприємства зображений на рис. 1.1.

Табл. 1.1 – Склад цехів підприємства, координати та площі цехів підприємства

| № цеху | Назва цеху               | Категорії надійності електроприймачів | Площа цеху, м | X, м | Y, м |
|--------|--------------------------|---------------------------------------|---------------|------|------|
| 1      | Механічний цех №1        | 2 та 3                                | 48x48         | 269  | 387  |
| 2      | Механічний цех №2        | 2 та 3                                | 48x48         | 269  | 339  |
| 3      | Механічно-складський цех | 2                                     | 48x48         | 140  | 195  |
| 4      | Інструментальний цех     | 3                                     | 48x30         | 269  | 224  |
| 5      | Цех дрібних серій        | 2                                     | 36x78         | 86   | 128  |
| 6      | Ремонтно-механічний цех  | 3                                     | 48x54         | 269  | 90   |
| 7      | Компресорна станція      | 1 та 2                                | 48x36         | 95   | 216  |

|           |              |          |        |      |  |      |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|--|------|------|---------|
|           |              |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ  |      |      |         |
| Змн.      | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата |  |      |      |         |
| Розроб.   | Артюх        |          |        |      | Проектування систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  | Волохін      |          |        |      |  |      | 9    | 87      |
| Н. Контр. | Никифоров    |          |        |      | СумДУ ЕТ.м-91  |      |      |         |
| Затверд.  | Лебединський |          |        |      |  |      |      |         |

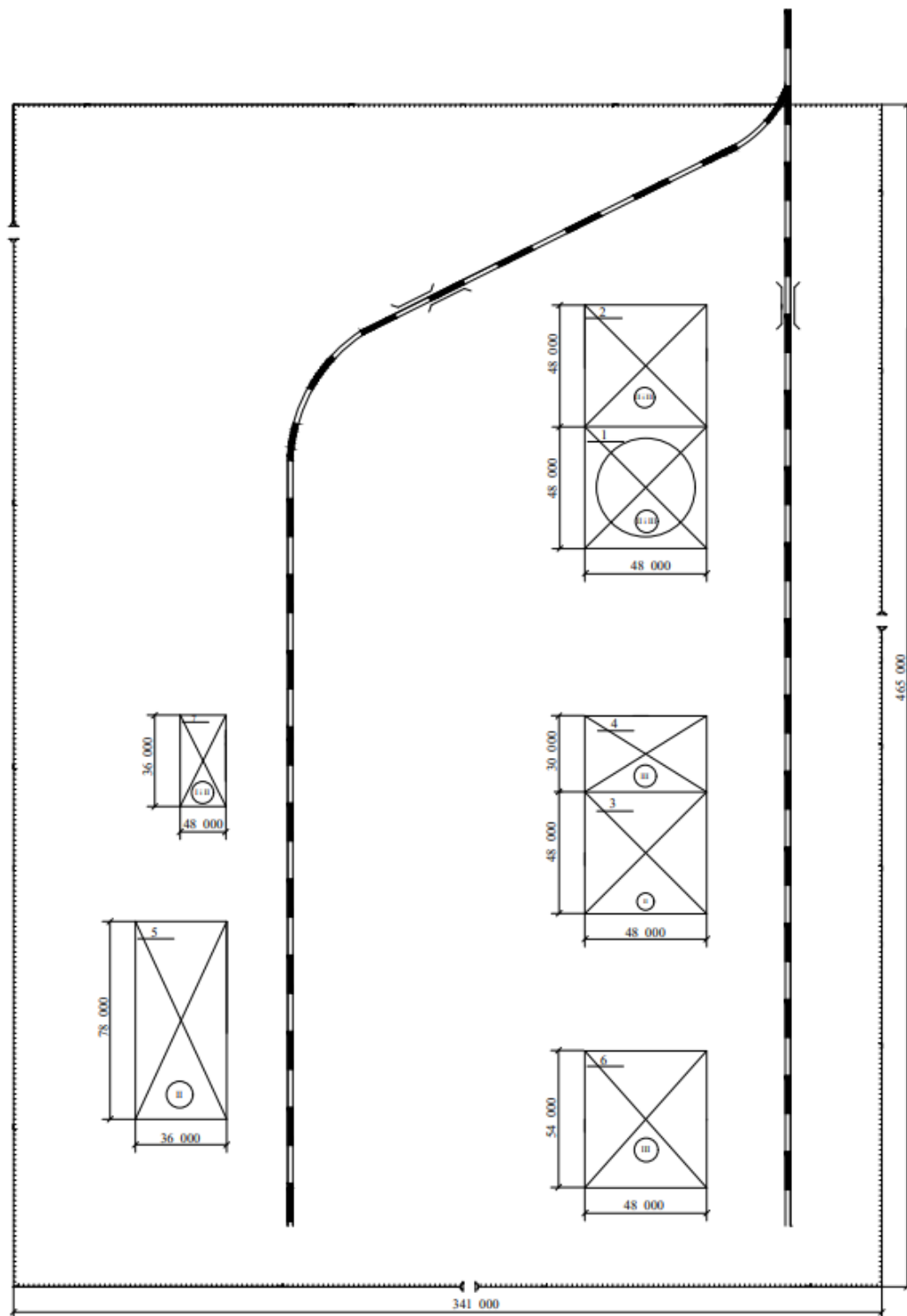


Рис. 1.1 - Генеральний план підприємства

Табл. 1.2 - Установлена потужність цехів підприємства

| Установлена потужність окремих цехів $P_{уст}$ , кВт |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 5100   | 5700 | 6200 | 6800 | 7000 | 5800 | 1100 |

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МР 3.8.141.020 ПЗ

Лист

10

Табл. 1.3 – Коефіцієнти попиту цехів

| Коефіцієнти попиту $K_{\Pi}$ окремих цехів |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 0,19                                       | 0,14 | 0,11 | 0,16 | 0,12 | 0,17 | 0,19 |

Табл. 1.4 – Коефіцієнти потужності окремих цехів

| Коефіцієнти потужності $\cos\varphi$ окремих цехів |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 0,55   | 0,65 | 0,70 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,63 |

Табл. 1.5 – Спосіб виконання загального освітлення цехів

| Спосіб виконання загального освітлення окремих цехів |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|
| 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2  | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |

Додаткова інформація для освітлення цехів:

ЛР:  $\cos\varphi_1=1$ ;  $k_1=1$ ;

ЛЛ:  $\cos\varphi_2=0,95$ ;  $k_2=1,2$ ;

ДРЛ:  $\cos\varphi_3=0,5$ ;  $k_3=1,1$ .

Табл. 1.6 – Дані електродвигунів компресорної станції.

| $U_{\text{ном}}$ кВТ | $P_{\text{ном}}$ кВТ | $n_{\text{ном}}$ об/хв | Тип                  | Кількість N шт |
|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------|
| 10                   | 1000                 | 375                    | СДНЗ – 2 -18 -39 -16 | 6              |

Табл. 1.7 – Дані трансформаторів підстанції для обчислення КЗ.

| Ужив кВ | $U_{\text{ном}}$ кВТ | Ік.с.макс кА | $U_{\text{с.макс}}$ кВ | $T_{\text{макс}}$ год |
|---------|----------------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| 110     | 10                   | 14,0         | 107                    | 4000                  |

Тривалість перевантаження трансформатора головної понижувальної станції – 1 година. Відношення літнього розрахункового навантаження до зимового – 0,9.

## 1.2 Визначення розрахункових навантажень

Визначення електричних навантажень є початковим етапом

проекування будь-якої системи електропостачання, заниження

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |
|       |      |          |        |      |                   | 11   |

розрахункових навантажень, призводить до зменшення пропускної здатності мережі за умовою нагріву, внаслідок цього порушується нормальне функціонування підприємства. Завищення розрахункового навантаження призводить до зайвих капіталовкладень в будівництво мереж електропостачання. Тому точне визначення розрахункових навантажень є одним з основоположних етапів проектування будь-якої електричної мережі в промисловості, так як величина електричних навантажень робить істотний вплив на вибір елементів і техніко-економічні показники проекрованої системи електропостачання.

Знаючи електричні навантаження, можна вибрати потрібну потужність силових трансформаторів, потужність і місце підключення пристроїв, що компенсують, вибрати і перевірити струмопровідні частини за умовою допустимого нагріву, розрахувати втрати і коливання напруги, вибрати види захистів.

Залежно від стадії проектування і місця розташування розрахункового вузла в схемі електропостачання застосовують різні методи визначення електричних навантажень - спрощені або більш точні. Кожен з методів має свої переваги і недоліки, відрізняється складністю або простотою в розрахунках і в зборі вихідних даних.

Існують різні методи розрахунку електричних навантажень, які в свою чергу діляться на:

- основні;
- допоміжні.

До основних методів розрахунку електричних навантажень відносять:

- по номінальній потужності і коефіцієнту використання; по номінальній потужності і коефіцієнту попиту;
- по середньої потужності і розрахунковому коефіцієнту;
- по середньої потужності і відхилення розрахункового навантаження від середньої;

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 12   |

- по середньої потужності і коефіцієнту форми графіка навантаження.

Застосування того чи іншого методу визначається допустимою похибкою розрахунків і наявності вихідних даних.

В даному проекті обчислення розрахункових навантажень підприємства здійснюється методом коефіцієнта попиту.

### 1.2.1 Розрахунок силового навантаження цехів

Розрахункове силове активне навантаження для окремого цеху визначається за формулою:

$$P_{P.C.i} = K_{П.i} \cdot P_{УСТ.i}$$

де  $K_{П.i}$  – коефіцієнт попиту і-го цеху;

$P_{УСТ.i}$  – установлена активна потужність і-го цеху.

Розрахункове силове реактивне навантаження і-го цеху визначається за формулою:

$$Q_{p.c.i} = P_{p.c.i} \cdot tg\varphi_i$$

де  $tg\varphi_i$  – відповідає значенню коефіцієнта потужності і-го цеху.

Розрахункове силове повне навантаження і-го цеху визначається як:

$$S_{p.c.i} = \sqrt{P_{p.c.i}^2 + Q_{p.c.i}^2}$$

Так, для механічного цеху № 1 розрахунки будуть наступні:

$$P_{P.C.i} = 0,19 \cdot 5100 = 969 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.c.i} = 969 \cdot 1,51 = 1463,19 \text{ кВар}$$

$$S_{p.c.i} = \sqrt{969^2 + 1463,19^2} = 1755 \text{ кВА}$$

Результати розрахунків для цехів зводяться до табл. 1.8

Табл. 1.8 – Визначення розрахункового силового навантаження цехів

| № цеху | Назва цеху        | P <sub>уст.</sub><br>і, кВт | K <sub>П.і</sub> | cosφ | tgφ  | Результати розрахунків     |                             |                            |
|--------|-------------------|-----------------------------|------------------|------|------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|        |                   |                             |                  |      |      | P <sub>р.с.</sub> ,<br>кВт | Q <sub>р.с.</sub> ,<br>кВар | S <sub>р.с.</sub> ,<br>кВА |
| 1      | Механічний цех №1 | 5100                        | 0,19             | 0,55 | 1,51 | 969                        | 1463,19                     | 1755                       |

Продовження Табл. 1.8

|         |                          |      |      |      |      |      |         |      |
|---------|--------------------------|------|------|------|------|------|---------|------|
| 2       | Механічний цех №2        | 5700 | 0,14 | 0,65 | 1,17 | 798  | 933,66  | 1228 |
| 3       | Механічно-складський цех | 6200 | 0,11 | 0,70 | 1,02 | 682  | 695,64  | 974  |
| 4       | Інструментальний цех     | 6800 | 0,16 | 0,60 | 1,33 | 1088 | 1447,04 | 1810 |
| 5       | Цех дрібних серій        | 7000 | 0,12 | 0,55 | 1,51 | 840  | 1268,4  | 1521 |
| 6       | Ремонтно-механічний цех  | 5800 | 0,17 | 0,55 | 1,51 | 986  | 1488,86 | 1786 |
| 7       | Компресорна станція      | 1100 | 0,19 | 0,63 | 1,23 | 209  | 257,07  | 331  |
| Усього: |                          |      |      |      |      | 5572 | 7554    | 9405 |

### 1.2.2 Розрахунок навантаження освітлення цеху

На промислових підприємствах близько 10 % споживаної електроенергії витрачається на електричне освітлення. Освітлювальні мережі живляться від цехових ТП з вторинною напругою 0,38/0,22 кВ (чотирипровідні мережі з глухозаземленою нейтраллю).[15]

На етапі визначення (номінальне) активне навантаження освітлення розраховують за формулою:

$$P_{уст.0.i} = k \cdot p_{пит.0.i} \cdot Fi \cdot 10^{-3} \text{ кВт}$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла;

$P_{пит.0.i}$  – питома навантаження загального освітлення  $i$ -го цеху, Вт/м<sup>2</sup> (орієнтовні значення наведені в табл. 1.9);

$F$  – площа  $i$ -го цеху, що підлягає освітленню, м<sup>2</sup>.

Табл. 1.9 – Орієнтовні значення питомої установленної потужності загального освітлення цехів

| Назва цеху                               | Питома потужність, Вт/м <sup>2</sup> |
|--|--------------------------------------|
| Механічні, ремонтно-механічні цехи       | 11–16                                |
| Механічно-складальні, цехи дрібних серій | 12–19                                |
| Інструментальні цехи                     | 15–16                                |
| Компресорна станція                      | 17–18                                |

Примітка у розрахунках брались середні значення питомої потужності і-го цеху. Тобто: 13.5, 15.5, 15.5 і 17.5 Вт/м<sup>2</sup>.

Розрахункове активне навантаження загального освітлення і-го цеху визначається так:

$$P_{p.o.i} = K_{п.о} \cdot P_{уст.o.i} \text{ кВт}$$

де  $K_{п.о}$  – коефіцієнт попиту загального освітлення (прийнято 0,95).

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення і-го цеху визначається як:

$$Q_{p.o.i} = P_{p.o.i} \cdot tg\varphi_{o.i} \text{ кВар}$$

де  $tg\varphi_{o.i}$  – відповідає значенню коефіцієнта потужності і-го цеху залежно від типу джерела світла.

Розрахункове повне навантаження загального освітлення і-го цеху визначається за формулою:

$$S_{p.o.i} = \sqrt{P_{p.o.i}^2 + Q_{p.o.i}^2}$$

Отже для цеху №1 розрахунки наступні:

$$P_{уст.o.i} = 1,2 \cdot 13,5 \cdot 2304 \cdot 10^{-3} = 37,32 \text{ кВт}$$

$$P_{p.o.i} = 0,95 \cdot 37,32 = 35,45 \text{ кВт}$$

$$Q_{p.o.i} = 35,45 \cdot 0,328 = 11,63 \text{ кВар}$$

$$S_{p.o.i} = \sqrt{35,45^2 + 11,63^2} = 37,31 \text{ кВА}$$

Результати розрахунків для всіх цехів зводяться до табл. 1.10.

Табл. 1.10 – Визначення розрахункового навантаження загального електричного освітлення цехів

| № цеху | Площа цеху F, м <sup>2</sup> | Тип ламп | $P_{пит.o.i}$ , Вт/м <sup>2</sup> | Результати розрахунків |                  |                   |                  |
|--------|------------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|------------------|
|        |                              |          |                                   | $P_{уст.i}$ , кВт      | $P_{p.o.}$ , кВт | $Q_{p.o.}$ , кВар | $S_{p.o.}$ , кВА |
| 1      | 2304                         | ЛЛ       | 13,5                              | 37,32                  | 35,45            | 11,63             | 37,31            |
| 2      | 2304                         | ДЛР      | 13,5                              | 34,21                  | 32,5             | 56,23             | 64,95            |

Продовження Табл 1.10

|        |      |     |      |        |        |        |        |
|--------|------|-----|------|--------|--------|--------|--------|
| 3      | 2304 | ЛР  | 15,5 | 35,71  | 33,92  | 0      | 33,92  |
| 4      | 1440 | ЛЛ  | 15,5 | 26,78  | 25,44  | 8,34   | 26,77  |
| 5      | 2808 | ДРЛ | 15,5 | 47,88  | 45,49  | 78,7   | 90,9   |
| 6      | 2592 | ЛР  | 13,5 | 34,99  | 33,24  | 0      | 33,24  |
| 7      | 1728 | ЛЛ  | 17,5 | 36,29  | 34,48  | 11,31  | 36,29  |
| Усього |      |     |      | 253,18 | 240,52 | 166,21 | 292,36 |

### 1.2.3 Визначення розрахункового навантаження компресорної станції

Компресор – це вид промислового обладнання, призначеного для стиснення повітря або газу з подальшою подачею під тиском. Дані установки використовуються у виробництві, медицині, будівництві. Залежно від принципу дії розрізняють два види повітряних промислових компресорів (гвинтові і поршневі). Для компресорів використовуються синхронні двигуни або асинхронні двигуни.[23]

Кількість робочих ЕД обчислюється за формулою:

$$N_p = N - 2, \text{ шт}$$

де  $N$  – задана кількість ЕД, шт

2 – кількість резервних ЕД, шт.

Розрахункова активна потужність СД:

$$P_{p.СД} = N_p \beta_{СД} P_{ном.СД}, \text{ кВт}$$

де  $\beta_{СД}$  – коефіцієнт завантаження СД активною потужністю, приймається

$$\beta_{СД} = 0,8;$$

$P_{ном.СД}$  – номінальна активна потужність СД, кВт.

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{p.СД} = P_p \operatorname{tg} \varphi_{ном.СД}, \text{ кВар}$$

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |                   | Лист |
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | 16   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



де  $tg\varphi_{\text{ном.СД}}$  – відповідає значенню номінального коефіцієнта потужності, який є випереджальним і приймається для всіх типів СД  $\cos\varphi_{\text{ном.СД}} = 0,9$ .

Так для заданої компресорної станції:

$$N_p = 6 - 2 = 4$$

$$P_{p.СД} = 4 \cdot 0,8 \cdot 1000 = 3200, \text{ кВт}$$

$$Q_{p.СД} = 3200 \cdot 0,484 = -1548,8, \text{ кВар}$$

Через те що, СД генерує реактивну потужність, то значення береться зі знаком мінус.

Тепер, оскільки ми вибрали СД треба розрахувати загальне активне навантаження для компресора:

$$P_{P.к.с} = P_{p.СД} + P_{P.с.і} + P_{P.о.і} = 3200 + 188,5 + 34,48 = 3422,98 \text{ кВт}$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження компресорної станції визначається:

$$\begin{aligned} Q_{P.к.с} &= Q_{P.с.і} + Q_{P.о.і} - Q_{p.СД} = 257,07 + 11,31 - 1548,8 \\ &= -1280,42 \text{ кВар} \end{aligned}$$

Загальне розрахункове повне навантаження компресорної станції з СД:

$$S_{P.к.с} = \sqrt{P_{P.к.с}^2 + Q_{P.к.с}^2} = \sqrt{3422,98^2 - 1280,42^2} = 3174,49, \text{ кВт}$$

#### 1.2.4 Визначення розрахункового навантаження підприємства

Загальне розрахункове активне навантаження і-го цеху визначається за формулою:

$$P_{p.ц.і} = P_{p.с.і} + P_{P.о.і}$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження і-го цеху:

$$Q_{p.ц.і} = Q_{p.с.і} + Q_{P.о.і}$$

Загальне розрахункове повне навантаження і-го цеху:

$$S_{p.ц.і} = \sqrt{P_{p.ц.і}^2 + Q_{p.ц.і}^2}$$

Отже для першого цеху:

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 17   |

$$P_{p.ц.i} = 969 + 35,45 = 1004,45 \text{ кВт}$$

$$Q_{p.ц.i} = 1463,19 + 11,63 = 1474,82 \text{ кВАр}$$

$$S_{p.ц.i} = \sqrt{1004,45^2 + 1474,82^2} = 1784,38 \text{ кВА}$$

Загальне розрахункове активне та реактивне навантаження кількох груп або цехів усього підприємства визначають з урахуванням коефіцієнта різночасності максимумів навантаження  $K_{p.M} = 0,9$  цих груп або цехів:

$$P_p = K_{p.M} \cdot \sum_{i=1}^m P_{p.ц.i}$$

$$Q_p = K_{p.M} \cdot \sum_{i=1}^m Q_{p.ц.i}$$

Розрахункову повну потужність можна визначити так:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

$$P_p = 0,9 \cdot (1004,45 + 830,5 + 717,71 + 1113,44 + 885,49 + 1004,45 + 3422,98) = 8081,1 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 0,9 \cdot (1474,82 + 989,89 + 695,64 + 1455,38 + 1347,1 + 1488,86 - 1280,42) = 5554,2 \text{ кВАр}$$

$$S_p = \sqrt{8081,1^2 + 5554,2^2} = 9805,8$$

Результати розрахунків для всіх цехів зводяться до табл. 1.11.

Табл. 1.11 – Визначення розрахункового навантаження підприємства

| № цеху | Назва цеху                | $P_{p.ц}$ , кВт | $Q_{p.ц}$ , кВАр | $S_{p.ц}$ , кВА |
|--------|---------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1      | Механічний цех №1         | 1004,45         | 1474,82          | 1784,38         |
| 2      | Механічний цех №2         | 830,5           | 989,89           | 1410,25         |
| 3      | Механічно- складський цех | 717,71          | 695,64           | 999,51          |
| 4      | Інструментальний цех      | 1113,44         | 1455,38          | 1832,45         |

Продовження Табл. 1.11

|   |                          |         |          |         |
|---|--------------------------|---------|----------|---------|
| 5   | Цех дрібних серій        | 885,49  | 1347,1   | 1612,07 |
| 6   | Ремонтно- механічний цех | 1004,45 | 1488,86  | 1796    |
| 7   | Компресорна станція      | 243,48  | 268,38   | 362,37  |
|   | Компресорна станція СД   | 3200    | -1548,8  | -       |
|   | Разом:                   | 3422,98 | -1280,42 | 3174,49 |
| Усього:                                     |                          | 8979,02 | 6171,3   | 10895,3 |
| Усього з<br>урахуванням<br>К <sub>р.м</sub> | 0,9                      | 8081,1  | 5554,2   | 9805,8  |

## 2. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІ

### 2.1 Побудова картограми навантажень

Картограма навантажень дає перше уявлення про розподіл навантажень на території об'єкта.

Геометричні зображення електричних навантажень на картограмі виконуються різними способами. Найбільш простий з них полягає в зображенні інтенсивності розподілу навантажень приймачів за допомогою кіл.

Центр навантажень цеху або підприємства є символічним центром споживання електричної енергії цеху або підприємства. ГПП або ТП слід розташовувати в ЦЕН. Це дозволить знизити витрати на провідникової матеріал і зменшити втрати електричної енергії. Картограма електричних навантажень дозволяє проектувальнику наочно уявити розподіл навантажень по території промислового підприємства.

Для побудови картограми на генеральному плані підприємства наноситься в масштабі електричне навантаження у вигляді кіл, площі яких являють собою електричні навантаження споживачів.

Радіус кола, що представляє електричні силові і освітлювальні навантаження споживачів, визначається за виразом:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{p.ц.i}}{\pi \cdot m}}$$

де  $P_i$  - розрахункова активна потужність з урахуванням освітлення, кВт;

$\pi$  - математична постійна, дорівнює 3,14;

$m$  - масштаб, кВт/мм<sup>2</sup> задаємо довільним значення 150 кВА/см<sup>2</sup>.

Так, для цеху №1

|           |              |          |        |      |  |      |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|--|------|------|---------|
|           |              |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ  |      |      |         |
| Змн.      | Арк..        | № докум. | Підпис | Дата |  |      |      |         |
| Розроб.   | Артюх        |          |        |      | Проектування систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  | Волохін      |          |        |      |  |      | 20   | 87      |
| Н. Контр. | Никифоров    |          |        |      | СумДУ ЕТ.м-91  |      |      |         |
| Затверд.  | Лебединський |          |        |      |  |      |      |         |

$$r_i = \sqrt{\frac{1784,38}{3,14 \cdot 150}} = 1,94 \text{ см}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для інших цехів та занесемо до табл. 2.1.

Табл. 2.1 – Побудова картограми електричних навантажень

| № цеху | Назва цеху                | S <sub>р.ц.</sub> , кВА | r, см | X, м | Y, м |
|--------|---------------------------|-------------------------|-------|------|------|
| 1      | Механічний цех № 1        | 1784,38                 | 1,94  | 269  | 387  |
| 2      | Механічний цех № 2        | 1410,25                 | 1,73  | 269  | 339  |
| 3      | Механічно-складальний цех | 999,51                  | 1,46  | 140  | 195  |
| 4      | Інструментальний цех      | 1832,45                 | 1,97  | 269  | 224  |
| 5      | Цех дрібних серій         | 1612,07                 | 1,85  | 86   | 128  |
| 6      | Ремонтно-механічний цех   | 1796                    | 1,95  | 269  | 90   |
| 7      | Компресорна станція       | 362,37                  | 0,88  | 95   | 216  |

Головною ланкою в системі електропостачання промислового підприємства є головні розподільні (ГРП) або головні понижуючі (ГПП) підстанції промислових підприємств. Рациональне їх розміщення на території промислового підприємства є одним з найважливіших питань при проектуванні систем електропостачання.

Коли допустити, що навантаження цеху рівномірно розподілене по площині цеху, то центр навантажень цеху можна прийняти співпадаючим з центром ваги фігури, що зображує цех на плані. Якщо враховувати дійсне розподілення навантажень в цеху, то центр навантажень вже не буде співпадати з центром ваги фігури цеху на плані, і знаходження центра

навантажень зводиться до визначення центра ваги даної системи мас.

Проводячи аналогію між масами й електричними навантаженнями цехів  $P_i$ , координати їх центра можна визначити відповідно до формул:

$$X_0 = \frac{\sum S_{P.Ц} \cdot X_i}{\sum S_{P.Ц}}$$

$$Y_0 = \frac{\sum S_{P.Ц} \cdot Y_i}{\sum S_{P.Ц}}$$

$$X_0 = \frac{1784,38 \cdot 269 + 1410,25 \cdot 269 + 999,51 \cdot 140 + 1832,45 \cdot 269 + 1612,07 \cdot 86 + 1796 \cdot 269 + 362,37 \cdot 95}{1784,38 + 1410,25 + 999,51 + 1832,45 + 1612,07 + 1796 + 362,37} = 219,29 \text{ м}$$

$$Y_0 = \frac{1784,38 \cdot 387 + 1410,25 \cdot 339 + 999,51 \cdot 195 + 1832,45 \cdot 224 + 1612,07 \cdot 128 + 1796 \cdot 90 + 362,37 \cdot 216}{1784,38 + 1410,25 + 999,51 + 1832,45 + 1612,07 + 1796 + 362,37} = 226,63 \text{ м}$$

де  $P_i$  - розрахункове навантаження  $i$ -го цеху, кВА;

$n$  – кількість цехів, шт;

$X_i, Y_i$  – координати центра навантаження  $i$ -го цеху, м.

Всі відомі методи знаходження ЦЕН зводяться до того, що центр електричних навантажень визначається, як деяка постійна точка на плані. Дослідження показали, що такий стан не можна вважати правильним і ЦЕН слід розглядати як певний умовний центр, так як визначення його ще не вирішує до кінця завдання вибору місця розташування підстанції. Справа в тому, що положення, знайдене до того чи іншого математичного методу умовного центру електричних навантажень не буде постійним. Це пояснюється зміною споживаної приймачами потужності, розвитком підприємства.

У відповідності зі сказаним вище ЦЕН описує на плані фігуру складної форми. Тому правильніше говорити не про ЦЕН як деякої постійної точки на

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 22   |

плані, а про зону розсіювання ЦЕН. Зона розсіювання може визначатися для статичного стану системи і з урахуванням динаміки (розвитку) системи електропостачання.

Зміщення ГПП виконується від ЦЕН в сторону живильних мереж зовнішнього ДЖ підприємства. ГПП розташовується на території підприємства біля його огорожі.

Цехові трансформаторні підстанції (ТП) виконуються вбудованими і розташовуються якомога ближче до ЦЕН відповідного цеху. Це дозволяє зменшити довжину мереж напругою до 1 кВ, що призводить до зниження капітальних витрат, втрат енергії та напруги в цих мережах. В якості цехової ТП застосовуються комплектні трансформаторні підстанції (КТП).

Таким чином, на Рис. – 2.1 зображений генеральний план підприємства, з нанесеними на нього картографіями навантаження для кожного цеху, зоною розсіювання ЦЕН, Головною понижувальною підстанцією та цеховими трансформаторними підстанціями.

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 23   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

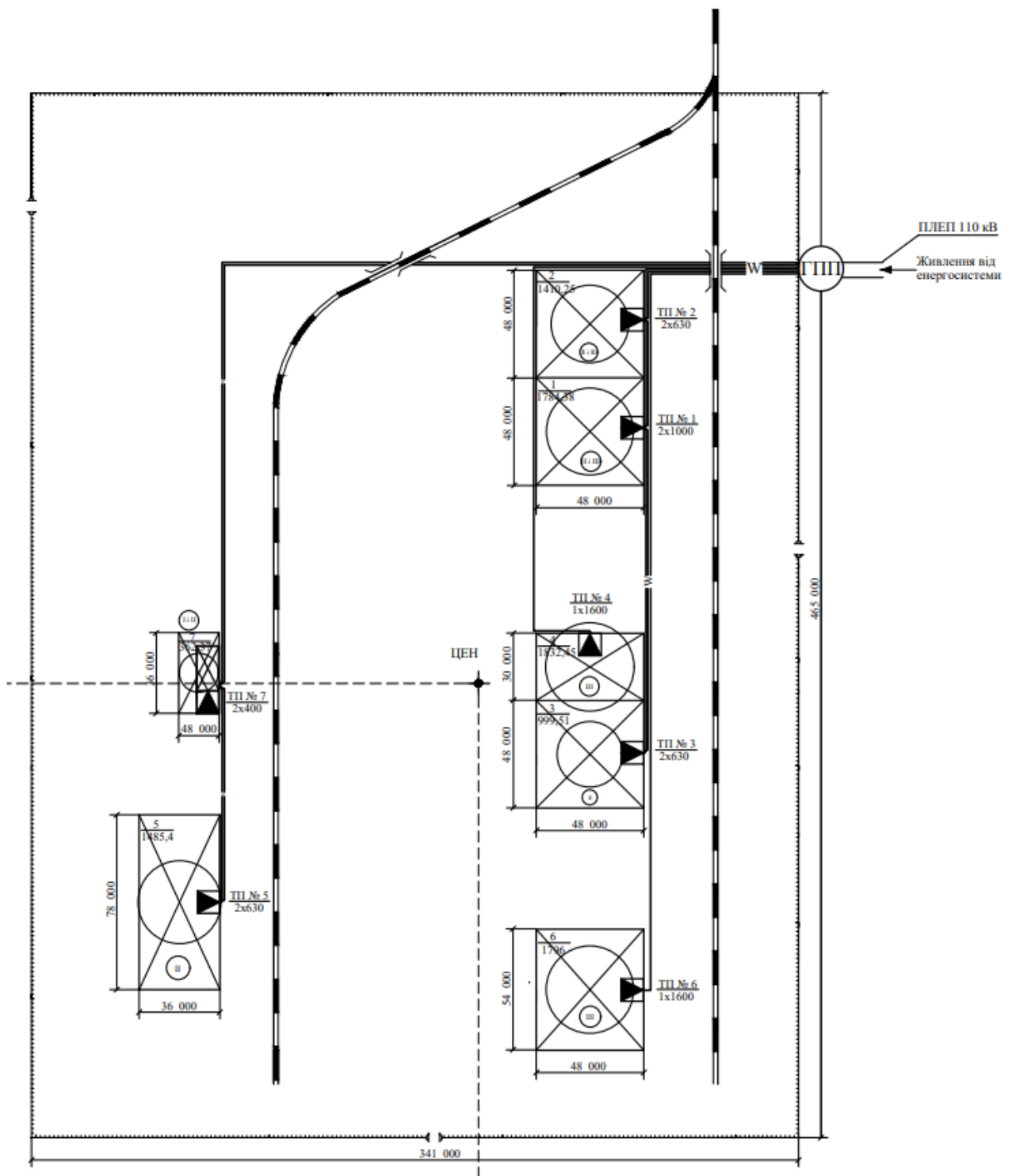


Рис – 2.1. План розподільної мережі підприємства

## 2.2 Вибір кількості та потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції.

Серед споживачів машинобудівного заводу переважну кількість складають 1 та 2-ї категорії надійності електропостачання.

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 24   |



Споживачі I категорії повинні житися від двох незалежних джерел з автоматичним увімкненням резервного живлення. Тому для таких підприємств обов'язково передбачається встановлення двох трансформаторів.

Для споживачів II і III категорій установка одного трансформатора допустима, якщо можливим є забезпечення живлення основних споживачів від резервного джерела, наприклад, на напрузі 6, 10 кВ.

Потужність трансформаторів ГПП визначається на основі очікуваного навантаження на розрахунковий період тривалістю 5 років. Вибір трансформаторів виконується з урахуванням допустимого навантаження в нормальному режимі та при аварійних перевантаженнях. [1]

Номінальна потужність трансформаторів ГПП визначається як:

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.n}^2 + Q_{e.n}^2}$$

де  $P_{p.n}$  – розрахункова активна потужність підприємства, кВт;

$Q_{e.n}$  – економічна реактивна потужність підприємства, що споживається з мережі енергосистеми, кВАр.

При проектуванні величину економічної реактивної потужності доцільно визначити за формулою:

$$Q_{e.n} = 0,25 \cdot P_{p.n}$$

Величина економічної реактивної потужності підприємства пояснюється тим, що згідно з “Методикою обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії” [16], щоб значення надбавки за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності дорівнювала нулю, значення  $\operatorname{tg}\varphi \leq 0,25$ , що відповідає економічному режиму

роботи з  $\cos\varphi = 0,97$ . Якщо на підприємстві не передбачається подальша компенсація реактивної потужності, то значення реактивної потужності обирається за результатами обчислення розрахункового навантаження підприємства.

Таким чином :

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 25   |

$$Q_{e.n} = 0,25 \cdot 8081,1 = 2020 \text{ кВар}$$

Відповідно, розрахункове повне навантаження ГПП з урахуванням режиму електропередавальної організації визначається:

$$S_{p.n} = \sqrt{8081,1^2 + 2020^2} = 8329,7 \text{ кВт}$$

Якщо на ГПП два трансформатори, то номінальна потужність кожного з них має відповідати двом умовам.

По-перше, номінальна потужність одного з них не повинна бути менше половини розрахункового повного навантаження, тому що в разі аварійного вимикання одного з трансформаторів релейним захистом і автоматичного вмикання секційного вимикача пристроєм автоматичного вмикання резерву у розподільному пристрої низької напруги інший трансформатор бере на себе все навантаження підстанції. Тоді цю умову можна записати так:[15]

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{p.n}}{2}$$

Тоді, за першою умовою:

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{8329,7}{2} = 4164,9 \text{ кВт}$$

Попередньо для нашої ГПП обираємо трансформатори типу ТМН-6300/110. При виконанні цієї умови аварійне перевантаження не перевищить допустимого двократного перевантаження для трансформаторів з системами охолодження М і Д протягом 0,5 – 1 години залежно від температури повітря відповідно до ГОСТ 14209-85[4]. За цей час можуть бути вжиті заходи для обмеження перевантаження трансформатора до допустимої величини в післяаварійному режимі протягом кількох діб, які необхідні для відновлення нормального режиму роботи підстанції.[15]

По-друге, перевіряється умова надійної роботи трансформатора для зимових та літніх температур повітря при відповідних навантаженнях:[15]

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{p.n.a}}{K_{2ab.з}}$$

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 26   |

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{K S_{\text{р.н.а}}}{K_{2ab.l}}$$

Де  $S_{\text{р.н.а}}$  – розрахункове повне навантаження в післяаварійному режимі, яке визначається з урахуванням сезонної зміни навантаження

Де  $K_{2ab.z}$  – коефіцієнт, який визначає величину допустимого аварійного перевантаження в зимовий період;

$K_{2ab.l}$  – коефіцієнт, який визначає величину допустимого аварійного перевантаження в літній період;

$K$  – коефіцієнт відношення літнього розрахункового навантаження до зимового.

Величини коефіцієнтів  $K_{2ab.z}$  та  $K_{2ab.l}$  знаходимо в таблицях ГОСТ 14209-85.

Перевантаження трансформатора ГПП в післяаварійному режимі становить 1 год (літня температура охолодного повітря для м. Суми коефіцієнтів беруться при температурі навколишнього середовища в зимовий період  $-10$  ( $K_{2ab.z} = 2$ ) та літній період  $+20^{\circ}\text{C}$  ( $K_{2ab.l} = 2$ ).

Відповідно, перевірка кожного трансформатора ГПП виконується за другою умовою:

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{8329,7}{2} = 4164,9 \text{ ккВт}$$

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{0,9 \cdot 8329,7}{2} = 3748,4 \text{ кВт}$$

Таким чином обрані для нашої ГПП два трансформатори типу ТМН – 6300/110 відповідають умовам.

Технічні дані трансформатора ТМН-6300/110 наведені в табл. 2.2.

Табл. 2.2. – Технічні дані трансформаторів ГПП

| Тип          | Номінальна потужність, кВА | Напруга, кВ |    | Втрати |      | Напруга КЗ, % | Струм ХХ, % |
|--------------|----------------------------|-------------|----|--------|------|---------------|-------------|
|              |                            | ВН          | НН | ХХ     | КЗ   |               |             |
| ТМН-6300/110 | 6300                       | 115         | 11 | 11,5   | 33,5 | 10,5          | 1,0         |

### 2.3 Вибір трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

ЦТП–При визначенні числа і потужності трансформаторів цехових ТП враховують[1]:

- а) надійність електропостачання, зокрема для споживачів I категорії доцільно використовувати двотрансформаторні ТП;
- б) економічність цехових і заводської мереж;
- в) доцільність уніфікації підстанцій (однотипність підстанцій забезпечує можливість використання меншого числа резервних трансформаторів).

Однотрансформаторні цехові ПС застосовують при наявності ЕП 3-ї категорії надійності, що допускають перерву електропостачання на час доставки трансформаторів зі складського резерву. У випадку, коли превалюють ЕП 3-ї категорії, але є ЕП 2-ї категорії, здійснюється взаємне резервування на стороні НН між сусідніми ТП, які отримують живлення від різних секцій ДЖ або різних ДЖ.

Двотрансформаторні цехові ПС застосовують при більшості ЕП 1-ї категорії та наявності ЕП особливої групи, для цехів з великою питомою густиною навантажень (більше ніж  $0,5 \text{ кВА/м}^2$ ), для зосереджених навантажень, для окремо розташованих об'єктів загальнозаводського призначення, а також при нерівномірних добових графіках навантаження. У наш час для живлення споживачів 2-ї категорії надійності, а також 2-ї та 3-ї категорій надійності теж застосовують двотрансформаторні ПС. Для цих ПС також необхідний складський резерв на випадок пошкодження одного трансформатора.[15]

Рекомендується приймати такі коефіцієнти завантаження трансформаторів:

- 1) за перевагою ЕП 1-ї категорії надійності для двотрансформаторних ПС  $\beta_T = 0,65-0,7$ ;
- 2) за перевагою ЕП 2-ї категорії надійності для для однотрансформаторних ПС із взаємним резервуванням трансформаторів на

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 28   |

боці НН  $\beta_T = 0,7-0,8$ ;

3) за перевагою ЕП 2-ї категорії надійності для для однострансформаторних ПС у разі наявності складського резерву , а також для ЕП 3-ї категорії надійності  $\beta_T = 0,9-0,95$ . [15]

Цехові ПС з кількістю трансформаторів більше двох застосовують лише при належному обґрунтуванні, а також при установленні окремих трансформаторів для живлення силових та освітлювальних навантажень

При трьох і менше трансформаторів їх стандартну номінальну потужність розраховують за формулою:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.тр}} = \frac{P_{\text{р.ц.}}}{N \cdot \beta_T}$$

де  $S_{\text{ном.т}}$  – повна номінальна розрахункова потужність трансформатора, кВА;

$P_{\text{р.ц}}$  – розрахункове активне навантаження на 3-му рівні електропостачання (розрахункове активне навантаження цеху  $P_{\text{р.ц}}$  з таблиці 1.11), кВт;

$N$  – кількість трансформаторів ПС, шт.;

$\beta_T$  – коефіцієнт завантаження трансформатора цехової ПС

Так, для Механічно- складського цеху:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.тр}} = \frac{717,71}{2 \cdot 0,7} = 512,7$$

Згідно з розрахунком для цехової ТП вибирається трансформатор типу ТМЗ-630/10 напругою 10/0,4 кВ.

Данні вибору інших трансформаторів наведені в табл. 2.3

Табл. 2.3 Основні дані трансформаторів цехових підстанцій

| Цех                  | $P_{\text{р.ц}}$ ,<br>кВА | $N$ ,<br>шт | $\beta_T$ ,<br>в.о. | $S_{\text{ном.тр}}$ кВА | Трансформатор |
|----------------------|---------------------------|-------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| Механічний цех<br>№1 | 1004,45                   | 2           | 0,8                 | 627,8                   | ТМЗ-630/10    |

Продовження табл. 2.3.

|                          |         |   |      |        |             |
|--------------------------|---------|---|------|--------|-------------|
| Механічний цех №2        | 830,5   | 2 | 0,8  | 519,1  | ТМЗ-630/10  |
| Механічно-складський цех | 717,71  | 2 | 0,7  | 512,7  | ТМЗ-630/10  |
| Інструментальний цех     | 1113,44 | 1 | 0,95 | 1172   | ТМЗ-1600/10 |
| Цех дрібних серій        | 885,49  | 2 | 0,7  | 632,5  | ТМЗ-1000/10 |
| Ремонтно-механічний цех  | 1004,45 | 1 | 0,95 | 1057,3 | ТМЗ-1600/10 |
| Компресорна станція      | 243,48  | 2 | 0,7  | 173,9  | ТМЗ-250/10  |

## 2.4 Визначення реактивної потужності компенсуючих пристроїв

Потужність компенсуючих пристроїв підприємства визначається як[15]:

$$Q_{к.п} = Q_{р.п} - Q_{е.п}$$

Де  $Q_{р.п}$  – розрахункова реактивна потужність підприємства, кВАр;

$Q_{е.п}$  – економічна реактивна потужність підприємства, що споживається з мережі енергосистеми, при  $\cos\varphi = 0,97$  кВАр.

$$Q_{к.п} = 5554,2 - 2020 = 3534,2 \text{ кВАр}$$

Загальна встановлена потужність компенсуючого пристрою підприємства:

$$Q_{к.п.з} = Q_{н.к} + Q_{сд} + Q_{в.к}$$

де  $Q_{н.к}$  – реактивна потужність конденсаторних установок (КУ) споживача з напругою конденсаторів до 1кВ, кВАр.

$Q_{сд}$  – реактивна потужність одержувана від СД, кВАр , (приймається  $Q_{сд} = 0$ , бо ця реактивна потужність вже врахована раніше зі знаком "-");

$Q_{в.к}$  – реактивна потужність КУ споживача з напругою конденсаторів понад 1кВ, кВАр.

#### 2.4.1 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів до 1 кВ.

Потужність цих КУ визначається при розрахунках систем внутрішньозаводського та внутрішньо цехового електропостачання. Максимальна реактивна потужність, яку доцільно передавати через трансформатор 6-10/0,4 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта його завантаження  $\beta_T$ , становить

$$Q_T = \sqrt{(N \beta_T S_{\text{ном}})^2 - P_{\text{р.ц}}^2}, \text{ де кВАр}$$

де  $N$  - кількість трансформаторів ТП, шт.;

$S_{\text{ном}}$  - повна номінальна потужність трансформатора цехової ПС, кВА;

$P_{\text{р.ц}}^2$  - розрахункова активна потужність навантаження на III рівні електропостачання (розрахункова активна потужність цеху з таблиці 1.12), кВт. Якщо під коренем величина зі знаком "мінус", то приймають  $Q_T = 0$ .

Потужність КУ із конденсаторами номінальною напругою до 1 кВ визначено як

$$Q_{\text{н.к}} = Q_{\text{р.ц}} - Q_T$$

де  $Q_{\text{р.ц}}$  - розрахункова реактивна потужність на III рівні електропостачання, яка дорівнює розрахунковій реактивній потужності цеху  $Q_{\text{р.ц}}$  з таблиці 1.11, кВар.

Зробимо розрахунки для механічного цеху №1, решту розрахунків для вибору номінальної потужності конденсаторів для цехових ПС занесемо до таблиці 2.4

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 630)^2 - 1004,45^2} = 84,5, \text{ квар};$$

$$Q_{\text{н.к}} = 1474,82 - 84,5 = 1390,3, \text{ квар}$$

Якщо згідно з умовою  $Q_{\text{н.к}} \leq 0$ , то встановлювати конденсатори номінальною напругою до 1 кВ не потрібно.

З додатку К [3] вибираються чотири ККУ ККУ УКРП-0,4-360-40У3

|       |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|       |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Лист |
|       |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  | 31   |

виробництва ЗАТ «СІЛКОН-КВАР» (м. Київ). Розшифрування типу та номіналу цих ККУ така:

УКРП – установка конденсаторна з регулюванням за потужністю;

0,4 – номінальна напруга, кВ;

360 – сумарна реактивна потужність, квар;

40 – реактивна потужність ступеня, квар;

У – для помірного клімату;

3 – для внутрішньої установки.

При виконанні живильної мережі кабелями ККУ приєднуються до шин розподільного пристрою НН КТП через автомати або запобіжники, які установлені в шафі низьковольтній лінійній (ШНЛ), або в шафі низьковольтній ввідній (ШНВ), або в шафі низьковольтній секційній (ШНС) при двотрансформаторній КТП.

Для встановлення на напругу 0,4 кВ обрані конденсаторні установки наведені в табл. 2.4.

Табл. 2.4 - Визначення потужності комплектних конденсаторних установок

| цеху | $Q_T$ ,<br>квар | $Q_{HKU}$ ,<br>квар | Тип і номінал        | Кількість<br>ККУ | Потужність,<br>квар |
|------|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|---------------------|
| 1    | 84,5            | 1390,3              | УКРП-0,4-360-40У3    | 4                | 1440                |
| 2    | 571,3           | 418,6               | УКРМ-0,4-180-15 У3   | 2                | 360                 |
| 3    | 512,7           | 182,9               | УКРП-0,4-120-20У3    | 2                | 240                 |
| 4    | 1034,7          | 420,68              | УКРМ-0,4-180-15 У3   | 2                | 360                 |
| 5    | 1084,4          | 262,7               | УКРП-0,4-120-20У3    | 2                | 240                 |
| 6    | 1140,8          | 348,1               | УКРМ-0,4-180-15 У3   | 2                | 360                 |
| 7    | 251,4           | 17                  | КРМ-0,4-10-2,5-54У3. | 2                | 20                  |

#### 2.4.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 10,5 кВ.

Потужність цих КУ визначено при розрахунках систем зовнішнього та внутрішньозаводського електропостачання за формулою [3]:



$$Q_{в.к} = \sum Q_{к.п} - \sum Q_{н.к.ст},$$

Де  $\sum Q_{н.к.ст}$  - сумарна потужність встановлених низьковольтних ККУ.

$$Q_{в.к} = 3534,2 - (4 \cdot 360 + 2 \cdot 180 + 2 \cdot 120 + 2 \cdot 180 + 2 \cdot 120 + 2 \cdot 180 + 2 \cdot 10) = 514,2 \text{ кВар}$$

Так як, кількість ККУ повинна бути парною обираємо 2 автоматичні конденсаторні установки УКРМ-10,5-300-50ф-100р-200р УЗ.

УКРМ – установка конденсаторна компенсації реактивної потужності високовольтна регульована;

10– номінальна напруга, кВ;

300 – сумарна реактивна потужність, квар;

У – для помірного клімату;

3– для внутрішньої установки.

Високовольтні ККУ приєднуються до шин 10 кВ ГПП через відповідні комірки КРП.

Нескомпенсовану реактивну потужність визначають за формулою

$$Q_{неск} = Q_{в.к} - Q_{в.к.уст}$$

Де  $Q_{в.к.уст}$  – потужність встановлених високовольтних ККУ, квар

$$Q_{неск} = 514,2 - 600 = -85,8 \text{ квар.}$$

Таким чином перевірено, що нескомпенсованої реактивної потужності немає.

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 33   |

### 3. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ

Схема електропостачання цеху, підприємства, в цілому, повинна відповідати технологічному процесу і бути органічно з ним зв'язана. Схема повинна відповідати заданій категорії надійності, бути економічною і достатньо гнучкою, тобто, без суттєвої перебудови забезпечити живлення електроприймачів при зміні їх потужності або кількості. Тому при виборі схеми електропостачання необхідно передбачити можливість розширення і розвитку окремих їх елементів.[11]

Побудова схеми електропостачання промислових підприємств здійснюється з урахуванням наступних принципів:

- максимальне наближення ДЖ високої напруги (ВН) до ЕУ споживачів, що приводить до мінімуму кількості мережних ланок та кількості проміжних трансформацій та комутацій;
- резервування живлення для різних категорій надійності має бути передбачене в схемі електропостачання (відмова від «холодного» резерву);
- наскрізне секціонування усіх ланок СЕП з установкою на секційних апаратах пристроїв АВР;
- вибір режиму роздільної роботи ліній та трансформаторів, що призводить до зниження струмів короткого замикання (КЗ).

#### 3.1 Схема електропостачання машинобудівного заводу

ДЖ для проекрованої СЕП виступає енергосистема, а приймальним пунктом – ГПП, яка розміщується в межах території підприємства біля його огорожі. Проектована ГПП відгалужувального типу, тому її живлення від ДЖ здійснюється двома радіальними повітряними лініями (ПЛ) напругою 110 кВ. Серед споживачів підприємства переважають споживачі 1 та 2-ї категорії

|           |              |          |        |      |   |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|---|------|---------|
|           |              |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ   |      |         |
| Змн.      | Арк..        | № докум. | Підпис | Дата |   |      |         |
| Розроб.   | Артюх        |          |        |      | Літ.  | Арк. | Аркушів |
| Керівник  | Волохін      |          |        |      | 34  | 87   |         |
| Н. Контр. | Никифоров    |          |        |      | СумДУ ЕТ.м-91   |      |         |
| Затверд.  | Лебединський |          |        |      | Проектування систем<br>електропостачання та<br>освітлення<br>машинобудівного заводу |      |         |

надійності електропостачання, тому на ГПП встановлюються 2 трансформатори  $T1$  та  $T2$  типу ТМН-6300/110, кожен з яких живиться від окремої ПЛ напругою 110 кВ. Трансформатори  $T1$  та  $T2$  працюють роздільно і кожен з них живить окрему секцію збірних шин. Трансформатори ГПП обладнані пристроями регулювання під навантаженням (РПН). Первинні обмотки трансформаторів з'єднані за схемою «зірка», а вторинні – за схемою «трикутник». Для захисту від атмосферних та комутаційних перенапруг на виводах трансформатора, як зі сторони ВН, так і зі сторони НН, встановлюються обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН)  $FV1-FV6$ .

На стороні ВН застосовується спрощена схема розподільного пристрою – схема «блок лінія – трансформатор з вимикачем» без перемички. Доцільність використання блочної схеми без перемички визначається її простотою, надійністю та зменшенням габаритних розмірів ПС. В якості комутаційних апаратів на стороні ВН застосовуються високовольтні вимикачі  $Q1$  та  $Q2$ . Між ПЛ напругою 110 кВ та високовольтними вимикачами  $Q1$  та  $Q2$  встановлюються лінійні роз'єднувачі  $QS1$  та  $QS2$ , в яких виконується механічне блокування головних контактних та заземлюючих ножів.

Розподільна мережа внутрішньозаводського електропостачання виконується двоступеневою. Розподільний пункт (РП) розташовується у будівлі компресорної станції (цех № 7). Внутрішньозаводський розподіл електроенергії здійснюється при нарузі 10 кВ за змішаною схемою. Розподільний пристрій ГПП та РП виконуються із комірок комплектного розподільного пристрою (КРП). В якості комутаційних апаратів застосовуються вакуумні вимикачі. Основним недоліком цього типу вимикачів є високий рівень комутаційних перенапруг, але цей недолік усувається за допомогою встановлення ОПН у комірках всіх відхідних ліній.

Розподільний пристрій 10 кВ ГПП виконується за схемою з одиночною секціонованою системою збірних шин. Секція  $B1$  розподільного пристрою 10 кВ ГПП живиться від трансформатора  $T1$  через ввідний вимикач  $Q3$  (комірка

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 35   |

№ 3), а секція *B2* – від трансформатора *T2* через ввідний вимикач *Q4* (комірка № 4). Секціонування здійснюється за допомогою секційного вимикача *QB1* (комірка № 1) та секційного роз'єднувача (комірка № 2). На секційному вимикачі встановлюється пристрій АВР. У комірках № 5 та № 6 розташовуються трансформатори власних потреб (ТВП) ТВП1 та ТВП2, які приєднуються до виводів НН трансформаторів ГПП у «відпайку», що дозволяє зберегти їх живлення при виникненні аварійних ситуацій на шинах ГПП. На стороні ВН ТВП захищаються високовольтними запобіжниками *F2* та *F3*, а на стороні НН ТВП встановлені автоматичні вимикачі *QF1* та *QF2*. Первинні обмотки ТВП з'єднані за схемою «трикутник», а вторинні – за схемою «зірка з нульовим проводом». У комірках № 7 та № 8 розташовуються трансформатори напруги (ТН) *TV1* та *TV2*, які захищаються високовольтними запобіжниками (*F1* і *F4*) та ОПН (*FV8* і *FV9*). Обмотки ТН з'єднані за схемами «зірка», «зірка з нульовим проводом» та «розімкнутий трикутник». У комірках ТН встановлюються вольтметри та пристрої релейного захисту (РЗ). Від комірок № 9 та № 10 за радіальною схемою по кабельним лініям (КЛ) отримують живлення одностансформаторні цехові ТП № 4 та ТП № 6 відповідно. Через вимикачі *Q7* і *Q10* (комірки № 11 та № 12 відповідно) до шин 10 кВ ГПП приєднуються високовольтні ККУ типу УКРМ. Від комірок № 13 та № 11 за радіальною схемою по двом КЛ отримує живлення РП. У комірках відхідних ліній (комірки № 9, № 10, № 13, № 14, № 15, № 16) встановлюються трансформатори струму ТС, трансформатори струму нульової послідовності (ТСНП), вимірювальні пристрої (амперметри, лічильники активної і реактивної енергії) та пристрої РЗ. Від комірок № 15 та № 16 за подвійною магістральною схемою отримують живлення двотрансформаторні цехові ТП № 2, ТП № 1, ТП № 3.

РП виконується за схемою з одиночною секціонованою системою збірних шин. Секції *B1* та *B2* РП отримують живлення по кабельним лініям від однойменних секцій ГПП відповідно. Ввідними комірками для РП є комірки

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 36   |

№ 15 та № 16. Секціонування здійснюється за допомогою секційного вимикача *QB2* (комірка № 1) та секційного роз'єднувача (комірка № 2). На секційному вимикачі встановлюється пристрій АВР. У комірках № 13 та № 14 розташовуються ТН *TV3* і *TV4*, які захищаються високовольтними запобіжниками (*F5* і *F6*) та ОПН (*FV10* і *FV11*). Схеми з'єднання обмоток ТН такі ж самі як схеми з'єднання обмоток ТН ГПП. У комірках ТН встановлюються вольтметри та пристрої РЗ (неселективна сигналізація від однофазних замикань на землю). Від комірок № 7 – № 12 за радіальною схемою по шістьох лініях отримують живлення шість СД (*M1–M6*) типу СДНЗ – 2 -18 -39 -16. Двигуни *M5* та *M6*, які приєднуються до комірок № 11 та № 12 відповідно, знаходяться у резерві. Від комірок № 3 та № 4 за радіальною схемою по двом КЛ отримує живлення двотрансформаторна цехова ТП № 7. Від комірок № 5 та № 6 за радіальною схемою по двом КЛ отримує живлення дво-трансформаторна цехова ТП № 5. У комірках відхідних ліній (комірки № 3 – № 12) встановлюються ТС, ТСНП, вимірювальні пристрої (амперметри, лічильники активної та реактивної енергії) та пристрої РЗ.

Двотрансформаторні цехові ТП № 2, ТП № 1 та ТП № 3, які живляться від шин ГПП за подвійною магістральною схемою, приєднуються до магістралі через вимикачі навантаження та високовольтні запобіжники, які необхідні для селективного вимикання трансформатора при його пошкодженні. Секціонування шин НН двотрансформаторних цехових ТП здійснюється секційними автоматичними вимикачами, на яких встановлюється пристрій АВР. Шини 0,38/0,22 кВ однострансформаторних ТП та секції шин 0,38/0,22 кВ двотрансформаторних ТП живляться від відповідних цехових трансформаторів через ввідні автоматичні вимикачі. До шин НН цехових ТП №1 – ТП №7 через захисні автоматичні вимикачі приєднуються низьковольтні ККУ типу УКРП та УКРМ.

|       |      |          |        |      |                   |             |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|-------------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | <i>Лист</i> |
|       |      |          |        |      |                   |             |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |             |

### 3.2 Розрахунок освітлення інструментального цеху

Умови штучного освітлення на промислових підприємствах відчутно впливають на зорову роботу, фізичний і нервово-психологічний стан людей, а отже, на продуктивність праці, якість продукції і рівень виробничого травматизму.

Збільшення освітленості у виробничих приміщеннях і в місцях проведення зовнішніх робіт позитивно впливає на такі функції зору, як гострота, стійкість ясного бачення, швидкість розрізнення, контрастна чутливість. При підвищенні контрасту між об'єктом розрізнення і фоном, на якому об'єкт розглядається, зорова працездатність збільшується.[8]

Тому розроблене ОУ повинно забезпечувати комфортне кольорово-світлове середовище, сприяти підвищенню продуктивності праці та зниженню стомлюваності зорового аналізатора. Крім того, установка має бути зручною та безпечною при використанні, енерго- та матеріалоекономічною, органічно вписуватися в інтер'єр. Для створення системи освітлення, яка б задовольняла всім вимогам, необхідно виконувати проектування ОУ, спираючись на аналітичний огляд спеціалізованої літератури, застосовувати сучасні світильники і джерела світла, характеристики яких дозволяли б використання їх в системі з автоматизованим керуванням освітлення, що є одним із засобів енергозаощадження.

При розробці проектів освітлювальних установок виділяють світлотехнічну й електротехнічну частини проекту. Виділення світлотехнічної та електротехнічної частин є досить умовним, тому що освітлювальна установка функціонально являє собою єдине ціле, містить електрообладнання та конструкції для його розміщення.

#### 3.2.1 Світлотехнічний розрахунок цеху

У світлотехнічній частині проекту вибирають освітленість та показники якості освітлення, систем, види та засоби освітлення, типи джерел світла та

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 38   |

освітлювальних приладів, виконують світлотехнічні розрахунки, в результаті яких виявляють тип, потужність та розташування освітлювальних приладів. В електротехнічній частині вибирають джерела живлення, вирішують питання компенсації реактивної потужності для установок з розрядними лампами (РЛ), намічають способи управління освітленням, вибирають типи магістральних і групових щитків та іншого електрообладнання, виявляють способи доступу до освітлювальних приладів для обслуговування.

Роботи на металообробних і слюсарних верстатах пов'язані з контролем правильності установки і обробки деталі, налаштуванням верстата, контролем якості обробки деталі і відносяться до робіт дуже високої точності, що вимагає пристрою комбінованого освітлення з переважним використанням для загального освітлення ЛЛ типу ЛБ[9].

Для розрахунку освітлювальної установки скористаємося методом питомої потужності, так як вже відомий рівень нормованої освітленості  $E$  і відомі геометричні параметри проектного приміщення та тип використовуваних світильників з люмінесцентним призматичним плафоном E.NEXT і люмінесцентними лампами MASTER TL-D Super 80 58W/830 1SL/25.

При проектуванні загального освітлення механічних і інструментальних цехів вимагається вводити коефіцієнт запасу, рівний 1,5.

Інші параметри зазначені в табл. 3.1.

Табл. 3.1. Вихідні дані інструментального цеху

| Розмір АхВ, м <sup>2</sup> | Висота приміщення Н, м | Мінімальна освітленість $E_{min}$ , лк | Коефіцієнти відбиття $\rho_{cm}$ , $\rho_c$ , $\rho_p$ , % |
|----------------------------|------------------------|--|--|
| 48 x 30                    | 4                      | 200                                    | 70, 50, 30   |

Отже у приміщенні інструментального цех площею 1440 м<sup>2</sup> робоча поверхня перебуває на висоті  $h_{p1}=0,8$  м стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить  $h_c=0,2$  м.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою за формулою:

$$h_0 = H - h_c;$$

де  $H$  – висота приміщення;

$h_c$  – висота установки світильників стосовно стелі

$$h_0 = 4 - 0,2 = 3,8 \text{ м}$$

що не суперечить вимогам ДБНВ 2.5.28 - 2006, відповідно до яких  $h_{0\min} = 2,6 \dots 4$  м, коли в світильнику менше 4-х ламп

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$h_p = h_0 - h_{p1}$$

$$h_p = 3,8 - 0,8 = 3 \text{ м}$$

Рекомендована відстань між світильниками типу визначається :

$$L = \lambda \cdot h_p \text{ м}$$

де  $\lambda$  – крива сили світла;

Задаємось значенням  $\lambda$ , згідно табл., для світильника КСС типу Д

$$\Lambda_c = 1,4$$

$$L = 1,4 \cdot 3 = 4,2 \text{ м}$$

Показник приміщення і становить:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)}$$

$h_p$  – розрахункова висота підвісу світильника, м,

$A$  і  $B$  – довжина і ширина приміщення, що розраховується, м.

$$i = \frac{30 \cdot 48}{3 \cdot (30 + 48)} = 6,15$$

За знайденим індексом приміщення вибираємо коефіцієнт використання:

$$\eta = 97\%$$

Враховуючи тип світильників, задаємось коефіцієнтом запасу:  $K_z = 1,5$  і коефіцієнту нерівномірності освітлення для люмінесцентних ламп  $z = 1,1$

Кількість світильників, необхідна для освітлення інструментального цеху

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 40   |



визначається за формулою:

$$N_{\text{світ}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta} \text{ лм}$$

Де,  $S$  – площа цеху

$E_{\text{н}}$  – мінімальна освітленість,

$K_3$  – коефіцієнт запасу

$n$  – кількість ламп в світильнику

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення

$\eta$  – коефіцієнт використання

Тоді, необхідна кількість світильників для даних світлових потоків буде:

$$N_{\text{світ}} = \frac{200 \cdot 1440 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{5240 \cdot 1 \cdot 0,97} = 94$$

Розташуємо світильники в два ряди.

Визначаємо загальну встановлену потужність освітлювальної установки:

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_{\text{л}} = 94 \cdot 0,058 = 5,452 \text{ кВт}$$

Питома потужність освітлювальної установки:

$$P_{\text{Пит}} = \frac{P_{\text{вст}}}{S} = \frac{5452}{1440} = 3,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$$P_{\text{р0}} = k_{\text{п0}} \cdot k_{\text{пра}} \cdot P_{\text{вст}}$$

$$P_{\text{р0}} = 0,95 \cdot 1,2 \cdot 5,452 = 6,215 \text{ кВт}$$

### 3.2.2 Розрахунок аварійного освітлення цеху

Аварійне освітлення повинно створювати на поверхнях, що вимагають обслуговування, освітленість 5 % від нормованої для загального освітлення.

Тому норма аварійної освітленості становить 15 лк.

Вибір аварійного освітлення здійснюється за тими ж формулами, що й робоче освітлення. Для аварійного освітлення для цеху обираємо ті ж самі світильники з люмінесцентним призматичним плафоном E.NEXT і люмінесцентними лампами MASTER TL-D Super 80 58W/830 1SL/25.

За знайденим індексом приміщення вибираємо коефіцієнт використання

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 41   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

для люмінесцентних ламп:  $\eta = 97 \%$

Визначаємо необхідну кількість світильників ЛСП при розрахунковому світловому потоці ламп

$$N_{\text{світ}} = \frac{15 \cdot 1440 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{5240 \cdot 1 \cdot 0,97} = 7$$

Розташуємо 7 світильників в двох рядах.

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_{\text{л}} = 7 \cdot 0,058 = 0,406 \text{ кВт}$$

Споживана потужність з врахуванням ПРА:

$$P_{\text{р0}} = 0,95 \cdot 1,2 \cdot 0,406 = 0,462 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{пит}} = \frac{P_{\text{вст}}}{S} = \frac{0,462}{1440} = 0,32 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Дані розрахункових потужностей занесемо до табл. 3.2.

Табл. 3.2 – Розрахункові потужності по ЩО та ЩОа

| Щиток освітлення | $P_{\text{р0}}$ |
|------------------|-----------------|
| ЩО               | 6,215           |
| ЩОа              | 0,462           |

Визначимо поперечний переріз провідників живлячої лінії М1 та М2; напруга мережі 380/220 В. Втрати напруги в лініях не повинні перевищувати 2,5 %.

Для М1 визначаємо момент навантаження від ЩО до освітлювальної лінії:

$$M = P_{\text{р0}} \cdot L_M$$

$$M_1 = 6,215 \cdot 21 = 130,52 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Для М2 визначаємо момент навантаження від ЩОа до освітлювальної лінії:

$$M_2 = 0,462 \cdot 10 = 4,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Визначимо коефіцієнт С:

$C = 44$  для 4-х провідного алюмінієвого проводу мережі 380/220 В та

$C = 6,5$  для 2-ох провідного алюмінієвого проводу мережі 380/220 В.

Розрахуємо переріз проводу до освітлювальних ліній:

$$S_{\text{розр}} = \frac{M}{C \cdot \Delta U_{\text{жм}}}$$

$$S_{\text{розр1}} = \frac{130,52}{44 \cdot 2,5} = 1,19 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{розр}} = 1,19 \approx 2,5 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{розр2}} = \frac{4,6}{6,5 \cdot 2,5} = 0,28 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{розр}} = 0,28 \approx 2,5 \text{ мм}^2$$

Так, як мінімальний переріз алюмінієвого проводу 2,5 мм<sup>2</sup>, то приймаємо провід АПВГ 4х2,5 для ЩО та АППВ 2х2,5 для ЩОа

Фактичне значення втрат напруги:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{S_{\text{розр}}}{S}$$

$$\Delta U_1 = 2,5 \cdot \frac{1,19}{2,5} = 1,19 \%$$

$$\Delta U_2 = 5 \cdot \frac{0,28}{2,5} = 0,56 \%$$

Розраховані дані занесемо до табл. 3.3

Табл. 3.3 Перерізи та фактичні значення втрат напруг ЩО та ЩОа

|                            | ЩО   | ЩОа  |
|----------------------------|------|------|
| Переріз, мм <sup>2</sup>   | 2,5  | 2,5  |
| Фактичні втрати напруги, % | 1,19 | 0,56 |

Схема робочого та аварійного освітлення інструментального цеху, що зображена на малюнку 3.1.

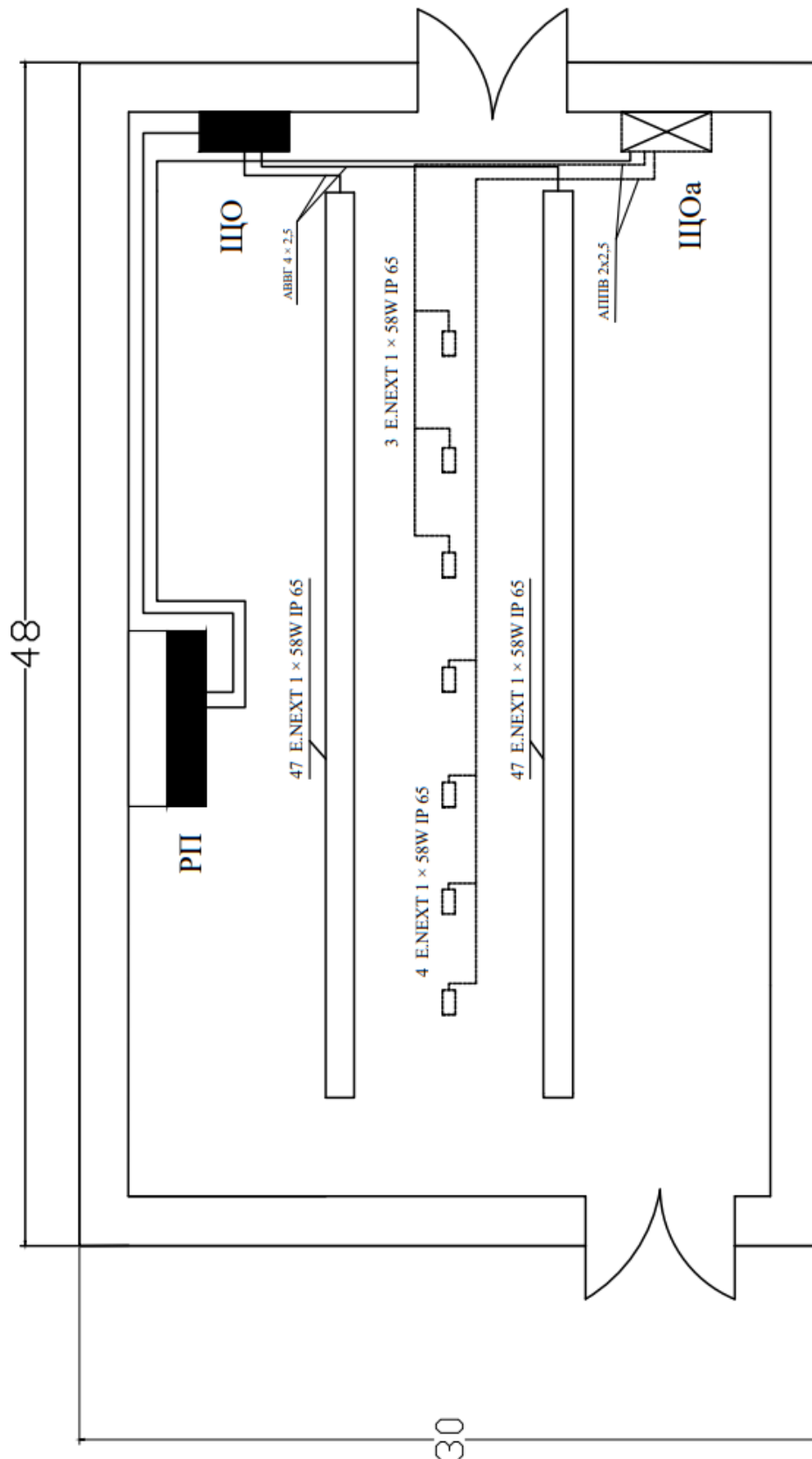


Рис. 3.1. – Схема робочого та аварійного освітлення інструментального цеху

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

## 4. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ТА ВИБІР АПАРАТІВ

Розрахунок струмів КЗ здійснюється для подальшої перевірки електричних апаратів підстанції на термічну й електродинамічну стійкість, вибору вимикачів розподільних пристроїв за комутаційною здатністю, а також для розрахунків плавких вставок запобіжників та вибору релейного захисту.

Для розрахунків складається розрахункова схема заміщення.

Оскільки ДЖ значно віддалена від зазначеної точки, то можна вважати, що періодична складова струму КЗ не залежить від часу. Таке припущення неприйнятне для періодичної складової струму підживлення точки від ЕД. Однак ПУЕ допускає проводити розрахунки струмів КЗ для перевірки та вибору струмопровідних частин і ЕА приблизно для початкового моменту КЗ, що забезпечує запас.[15]

Так, як в проектуванні розрахунок релейного захисту не виконується, то ми повинні знайти лише діюче значення періодичної складової струму в початковий момент часу.

### 4.1 Розрахункова схема для максимального режиму

Режим СЕП, при якому струм КЗ в елементі, що вибирається або перевіряється, буде найбільшим, досягається за умов, коли в мережі між ДЖ і точкою КЗ ввімкнена найменша кількість послідовних елементів і найбільша кількість – паралельних.[3]

В нормальному режимі у схемі електропостачання підприємства передбачена поодинока робота трансформаторів ГПП на ЗШ напругою 10 кВ (секційний вимикач вимкнений). На ЗШ РП секційний вимикач також вимикається.

На рис. 4.1 наведена розрахункова схема для максимального режиму

|           |              |          |        |      |  |      |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|--|------|------|---------|
|           |              |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ  |      |      |         |
| Змн.      | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата |  |      |      |         |
| Розроб.   | Артюх        |          |        |      | Проектування систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  | Волохін      |          |        |      |  |      | 45   | 87      |
| Н. Контр. | Никифоров    |          |        |      | СумДУ ЕТ.м-91  |      |      |         |
| Затверд.  | Лебединський |          |        |      |  |      |      |         |

при наявності РП компресорної станції, на якій встановлено шість СД (два знаходяться в резерві). Точка К – задана величина початкового струму трифазного короткого замикання на стороні ВН трансформатора ГПП, точка К1 – за вимикачем 10 кВ, що відходить від шин ГПП. У розрахунковій схемі нумеруються ступені напруги: 1 – сторона ВН трансформатора ГПП і 2 – сторона НН ГПП. За основний ступінь приймається ступінь 2, де знаходиться точка КЗ – К1.

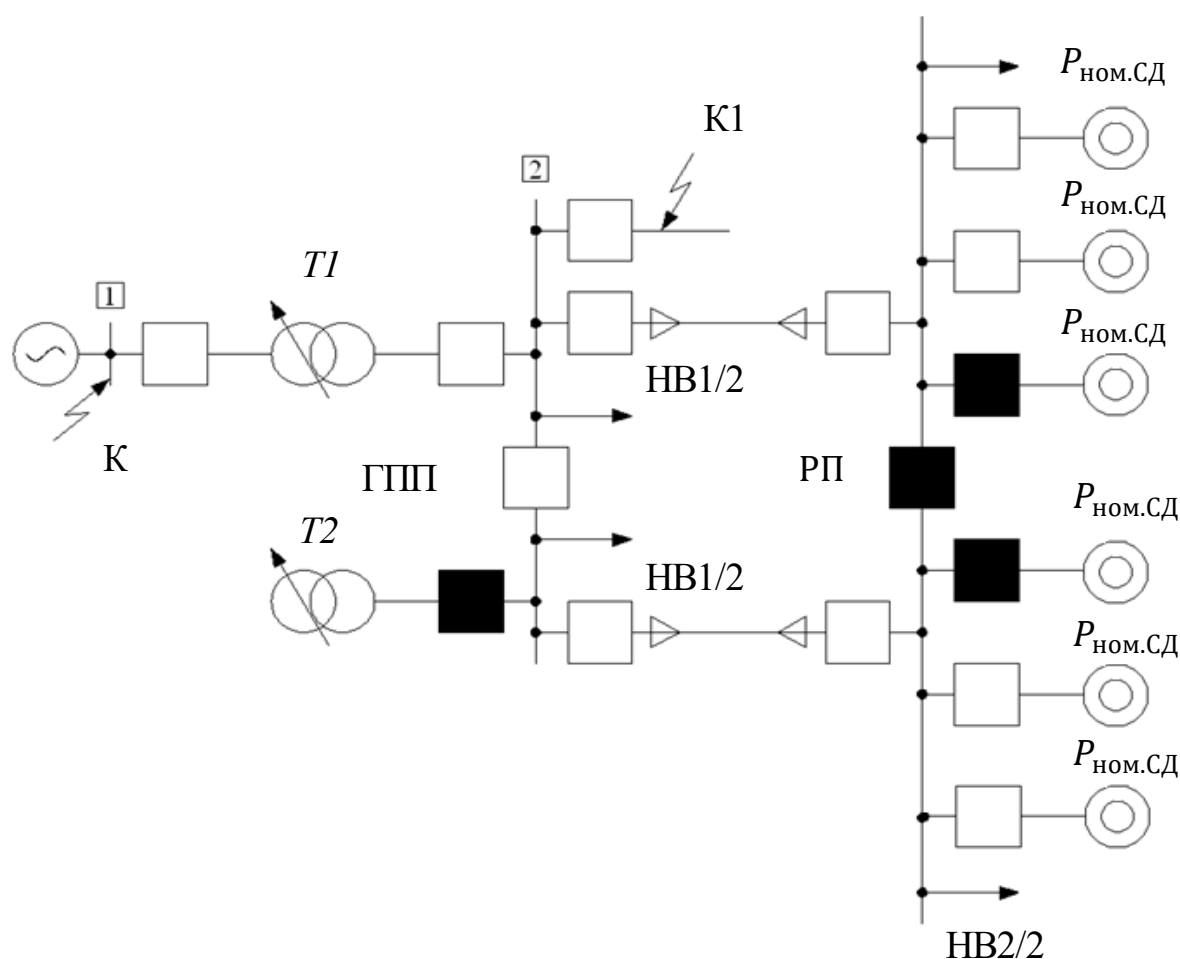


Рис. 4.1 – Розрахункова схема для максимального режиму

Отже, з розрахункової схеми складаємо схему заміщення для максимального режиму зображену на Рис. 4.2.

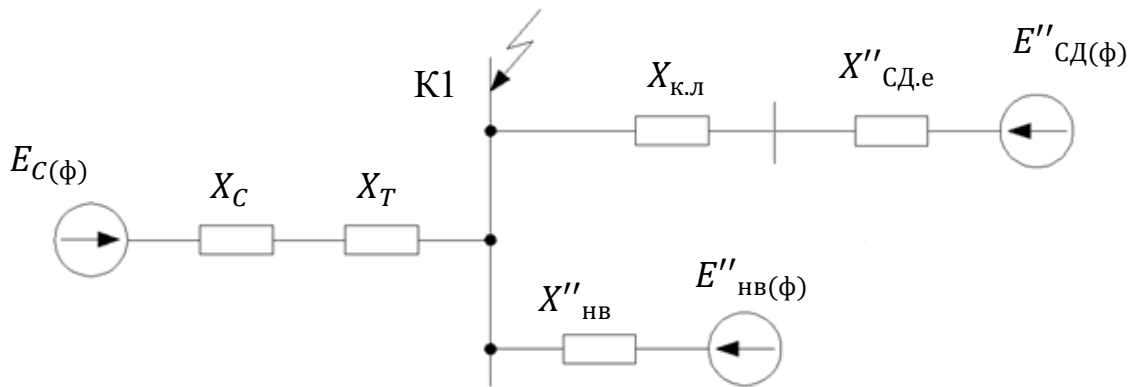


Рис. 4.2 – Схема заміщення для максимального режиму

#### 4.2 Розрахунок струмів трифазного КЗ з боку низької напруги

Розрахунок виконується приблизним в іменованих одиницях при точному зведенні до основного ступеня 2.[15]

Вихідні дані системи згідно з табл.1.7- 1.8:

– напруга в максимальному режимі  $U_{с.макс} = 107$  кВ;

– величина початкового струму трифазного КЗ від системи на стороні ВН трансформатора ГПП у максимальному режимі  $I_{к.с.макс} = 14$  кА;

Вихідні дані трансформаторів ГПП:

– два трансформатори ТМН-6300/110;

– номінальна потужність трансформаторів  $S_{ном} = 6,3$  МВА;

– номінальна напруга регульованої обмотки ВН на середньому відгалуженні  $U_{ном.ВН} = 115$  кВ

– номінальна напруга обмотки НН  $U_{ном.НН} = 11$  кВ

– діапазон РПН  $\Delta U_{РПН} = \pm 16\%$  згідно з табл. 7.1 [1, с.80];

– напруга КЗ для крайнього відгалуження «-РО  $u_k^{PO} = 10,58$  %.

Вихідні дані кабелів, що відходять від шин ГПП до РП:

– середній індуктивний питомий опір  $x_0 = 0,08$  Ом/км;

– довжина кабелю  $l = 0,4$  км.

Вихідні дані високовольтних СД:

– тип СДНЗ-2-18-39-16;

– номінальна напруга  $U_{ном.СД} = 10$  кВ;

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 47   |

- кількість двигунів  $N = 6$  шт.;
- номінальна активна потужність  $P_{\text{ном.СД}} = 1000$  кВт;
- номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД)  $\eta_{\text{ном.СД}} = 0,94$  в. о.
- подовжній надперехідний індуктивний опір при номінальних умовах роботи машини  $X''_{d(\text{ном})} = 0,197$  в. о.;
- номінальний коефіцієнт потужності  $\cos\varphi_{\text{ном.СД}} = 0,9$

Вихідні дані навантаження:

- повне узагальнене навантаження, (без навантаження високовольтних СД);

$$S_{\text{НВ}} = 8,817 \text{ МВА}$$

- надперехідна електрорушійна сила (ЕРС) навантаження у відносних одиницях  $E''_{*\text{НВ}} = 0,85$ ;

- надперехідний індуктивний опір навантаження у відносних одиницях  $x''_{\text{НВ}} = 0,35$ ;

ЕРС та опір навантаження приведені до потужності навантаження і до середньої номінальної напруги ступеня, на якому воно приєднано.

Визначається величина номінальної напруги обмотки ВН трансформатора в максимальному режимі при роботі на крайньому відгалуженні регульованої обмотки «-РО»

$$U_{\text{ном.ВН}}^{-\text{РО}} = (1 - \Delta U_{\text{РПН}}) \cdot U_{\text{ном.ВН}}, \text{ кВ};$$

де  $\Delta U_{\text{РПН}}$  – відносна максимальна величина діапазону РПН в один із боків від середнього відгалуження регульованої обмотки, в. о.

Тоді, згідно з формули:

$$U_{\text{ном.ВН}}^{-\text{РО}} = (1 - 0,16) \cdot 115 = 96,6 \text{ кВ};$$

Визначається коефіцієнт трансформації трансформатора ГПП у максимальному режимі (з урахуванням того, що за основний ступінь прийнято ступінь 2

$$K_{\text{T}} = \frac{U_{\text{ном.ВН}}}{U_{\text{ном.ВН}}^{-\text{РО}}}$$

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 48   |



$$K_T = \frac{11}{96,6} = 0,114$$

ЕРС та опір системи визначаються за формулами як

$$E_{c(\phi)} = U_{c.\text{макс}} \cdot K_T \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ кВ};$$

$$X_c = \frac{U_{c.\text{макс}}}{\sqrt{3} \cdot I_{к.с.\text{макс}}(0)} \cdot K_T^2, \text{ Ом};$$

$$E_{c(\phi)} = 107 \cdot 0,114 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 7,04 \text{ кВ};$$

$$X_c = \frac{107}{\sqrt{3} \cdot 14} \cdot 0,114^2 = 0,057 \text{ Ом};$$

Визначається індуктивний опір трансформатора

$$X_T = \frac{u_k^{-PO} \cdot U_{\text{НОМ.НН}}^2}{100 \cdot S_{\text{НОМ.Т}}}, \text{ Ом};$$

$$X_T = \frac{10,58 \cdot 11^2}{100 \cdot 6,3} = 2,03 \text{ Ом};$$

Параметри кабелю для схеми заміщення (рисунок 4.2) визначаються за формулами:

$$X_k = x_0 \cdot l \text{ Ом};$$

$$X_{к.л} = \frac{X_k}{2} \text{ Ом};$$

Тоді, відповідно:

$$X_k = 0,08 \cdot 0,4 = 0,032 \text{ Ом};$$

$$X_{к.л} = \frac{0,032}{2} = 0,016 \text{ Ом}.$$

При розрахунках струмів КЗ для максимального режиму вважають, що в попередньому до КЗ режимі СД працюють з номінальною напругою, номінальним струмом і номінальним коефіцієнтом потужності. Ці параметри подаються у відносних одиницях  $U_{*0(\text{НОМ})} = 1$ ,  $I_{*0(\text{НОМ})} = 1$ ,

ЕРС СД для попереднього номінального режиму їх роботи та опір СД розраховуються так:

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 49   |

$$\dot{E}''_{\text{СДО(НОМ)}} = \sqrt{(U_{0(\text{НОМ})} \cdot \cos\varphi_0)^2 + (U_{0(\text{НОМ})} \cdot \sin\varphi_0 + I_{0(\text{НОМ})} \cdot X''_{d(\text{НОМ})})^2};$$

В.О;

$$E''_{\text{СД(Ф)}} = E''_{\text{СДО(НОМ)}} \cdot U_{\text{НОМ.СД}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}};$$

$$X''_{\text{СД,е}} = \dot{X}''_{d(\text{НОМ})} \frac{U^2_{\text{НОМ.СД}} \cdot \cos\varphi_{\text{НОМ.СД}} \cdot \eta_{\text{НОМ.СД}}}{N_p \cdot P_{\text{НОМ.СД}} \cdot 10^{-3}};$$

$$\dot{E}''_{\text{СДО(НОМ)}} = \sqrt{(1 \cdot 0,9)^2 + (1 \cdot 0,436 + 1 \cdot 0,197)^2} = 1,1;$$

В.О;

$$E''_{\text{СД(Ф)}} = 1,1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 6,35 \text{ кВ};$$

$$X''_{\text{СД,е}} = 0,197 \cdot \frac{10^2 \cdot 0,9 \cdot 0,94}{6 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}} = 2,77 \text{ Ом};$$

Узагальнене навантаження розраховується за формулою:

$$E''_{\text{НВ(Ф)}} = \dot{E}''_{\text{НВ}} \cdot U_{\text{НОМ.сер}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}, \text{ кВ};$$

$$X''_{\text{НВ}} = \dot{X}''_{\text{НВ}} \frac{U^2_{\text{НОМ.сер}}}{S_{\text{НВ}}} \text{ Ом};$$

де  $U_{\text{НОМ.сер}}$  – середня номінальна напруга ступеня, кВ.

$$E''_{\text{НВ(Ф)}} = 0,85 \cdot 10,5 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 5,15 \text{ кВ}$$

$$X''_{\text{НВ}} = 0,35 \cdot \frac{10,5^2}{8,817} = 4,38 \text{ Ом}$$

Тоді, перетворимо схему заміщення до елементарного вигляду відносно точки короткого замикання Рис. 4.3.

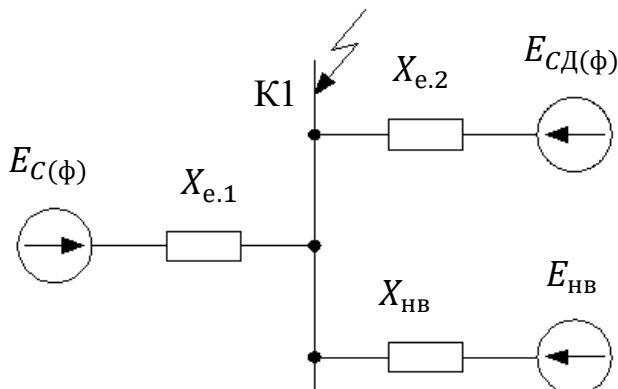


Рис. 4.3 – Перетворена схема заміщення

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 50   |

$$X_{e.1} = X_c + X_T, \text{ Ом}$$

$$X_{e.2} = X''_{\text{СД.е}} + X_{\text{к.л.}}, \text{ Ом}$$

$$X_{e.1} = 0,057 + 2,03 = 2,087, \text{ Ом}$$

$$X_{e.2} = 2,77 + 0,016 = 2,786, \text{ Ом}$$

Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент у точці К1.

$$I_{n(0)} = I'_{\text{к.с}(0)} + I'_{\text{СД}(0)} + I'_{\text{нв}(0)} = \frac{E_{\text{с}(\phi)}}{X_{e.1}} + \frac{E''_{\text{СД}}}{X_{e.2}} + \frac{E''_{\text{нв}}}{X''_{\text{нв}}}, \text{ кА};$$

$$I_{n(0)} = \frac{7,04}{2,087} + \frac{6,35}{2,786} + \frac{5,15}{4,38} = 6,828 \text{ кА};$$

Знаходимо ударний струм КЗ для точки К-1 за наступною формулою:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot \left( K_{y.c} \cdot I'_{\text{к.с}(0)} + K_{y.\text{СД}} I'_{\text{СД}(0)} + K_{y.\text{нв}} I'_{\text{нв}(0)} \right);$$

де  $K_y$ - ударний коефіцієнт,

У приблизних розрахунках ударного струму КЗ середні значення ударних коефіцієнтів можна прийняти такі: на приєднання вторинної напруги 10 кВ  $PK_{y.c} = 1,8$ ; для СД ударний коефіцієнт  $K_{y.\text{СД}} = 1,9$ ; для узагальненого навантаження ударний коефіцієнт  $K_{y.\text{нв}} = 1$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot \left( K_{y.c} \cdot I'_{\text{к.с}(0)} + K_{y.\text{СД}} I'_{\text{СД}(0)} + K_{y.\text{нв}} I'_{\text{нв}(0)} \right);$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot (1,8 \cdot 3,37 + 1,9 \cdot 2,28 + 1 \cdot 1,18) = 16,37 \text{ кА};$$

Припустимо, що амплітуда ЕДС і періодична складова СКЗ незмінні за часом, тому через час, який дорівнює часу відключення:

$$I_{n(0)} = I_k = 6,828, \text{ кА для точки К}_1.$$

### 4.3 Розрахунок струмів трифазного КЗ з боку високої напруги

На Рис. 4.4 наведена схема заміщення для максимального режиму підприємства.

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 51   |

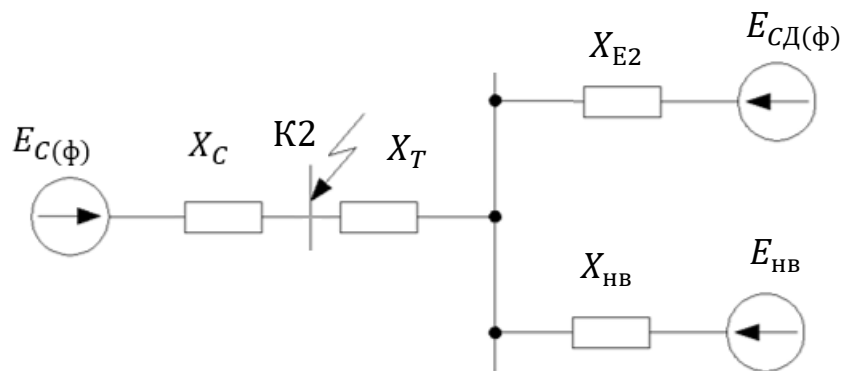


Рис.4.4 – Схема заміщення для максимального режиму

Тоді, спрощена схема заміщення матиме наступне зображення Рис.4.5:

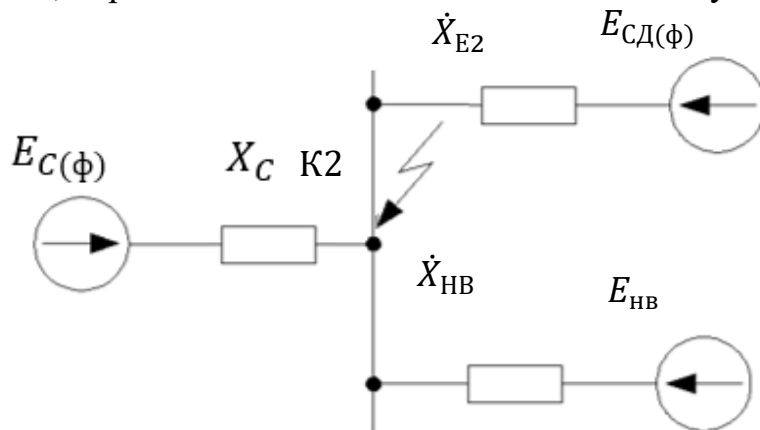


Рис.4.5 – Спрощена схема заміщення для розрахунку точки К2 Опори  $\dot{X}_{HB}$  та  $\dot{X}_{E2}$  визначаються:

Знаходяться еквівалентний опір:

$$X_{екв} = \frac{\dot{X}_{HB} \cdot \dot{X}_{E2}}{\dot{X}_{HB} + \dot{X}_{E2}}, \text{ Ом};$$

Визначаємо результуючий опір:

$$X_{рез} = X_{екв} + X_T, \text{ Ом};$$

Коефіцієнти струморозподілу знаходяться за формулою:

$$C_1 = \frac{X_{екв}}{\dot{X}_{HB}};$$

$$C_2 = \frac{X_{екв}}{\dot{X}_{E2}};$$

Тоді,

$$\dot{X}_{HB} = \frac{X_{рез}}{C_1};$$

$$\dot{X}_{e2} = \frac{X_{рез}}{C_2};$$

Отже, використавши формули, наведені вище знайдемо :

$$X_{екв} = \frac{4,38 \cdot 2,786}{4,38 + 2,786} = 1,702 \text{ Ом};$$

$$X_{рез} = 1,702 + 2,03 = 3,732 \text{ Ом};$$

$$C_1 = \frac{1,702}{4,38} = 0,389;$$

$$C_2 = \frac{1,702}{2,786} = 0,611;$$

$$\dot{X}_{нв} = \frac{3,732}{0,389} = 9,594 \text{ Ом};$$

$$\dot{X}_{e2} = \frac{3,732}{0,611} = 6,108 \text{ Ом};$$

Визначення трифазного КЗ у початковий момент у точці К2.

$$I_{n(0)} = I''_{к.с(0)} + I''_{сд(0)} + I''_{нв(0)} = \frac{E_{с(\phi)}}{X_c} + \frac{E''_{сд}}{\dot{X}_{e.2}} + \frac{E''_{нв}}{\dot{X}_{нв}}, \text{ кА};$$

$$I_{n(0)} = \frac{7,04}{0,057} + \frac{6,35}{6,108} + \frac{5,15}{9,594} = 125,087 \text{ кА}$$

Тоді дійсний струм КЗ (до напруги 110 кВ):

$$I^{110}_{n(0)} = I_{n(0)} \cdot \left( \frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right) \text{ кА}$$

$$I^{110}_{n(0)} = 125,087 \cdot \left( \frac{10}{110} \right) = 11,371 \text{ кА}$$

Ударний струм КЗ в даній точці:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot (K_{у.с} \cdot I''_{к.с(0)} + K_{у.сд} I''_{сд(0)} + K_{у.нв} I''_{нв(0)}) \cdot \left( \frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right)$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot (1,8 \cdot 123,51 + 1,9 \cdot 1,04 + 1 \cdot 0,537) \cdot \left( \frac{10}{110} \right) = 28,9 \text{ кА}$$

Розраховані значення струмів КЗ занесемо до таблиці 4.1

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 53   |

Табл. 4.1 – Значення струмів короткого замикання

| Струми короткого замикання      | СКЗ початковий момент часу, кА | Ударний СКЗ $i_y$ , кА | СКЗ у момент розмикання контактів вимикача, кА |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|--|
| Шини ГПП з боку ВН ( $K_2$ )    | 125,087                        | 28,9                   | 11,371   |
| Шини ГПП з боку НН кВ ( $K_1$ ) | 6,828                          | 16,37                  | 6,828  |

#### 4.4 Вибір перерізу кабелів.

Для системи внутрішньозаводського електропостачання машинобудівного заводу в якості провідників застосовуються кабелі. Величини перерізів кабелів вибираються так, щоб забезпечити для електричної мережі:

а) у нормальному режимі – задану пропускну здатність, допустимі для цього режиму відхилення напруги, економічність;

б) у форсованому режимі – необхідну пропускну здатність, допустимі для цього режиму відхилення напруги;

в) в аварійному режимі – електробезпечність, непошкоджуваність («живучість»).[15]

Двотрансформаторна цехова ТП № 1 живиться від шин ГПП за подвійною магістральною схемою. Від неї також отримує живлення ТП № 2 та ТП № 3.

Вибір перерізу кабельної лінії проводиться у три етапи:

1) Вибір перерізу за нормальним режимом навантаження.

У нормальному режимі роботи трансформатори двотрансформаторної цехової ТП № 1 працюють роздільно; секційний вимикач ГПП знаходиться у вимкненому стані.

Переріз кабелів напругою понад 1 кВ вибирається за економічною густиною струму. Економічно вигідний переріз кабелю визначається за формулою:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}}, \text{ мм}^2$$

де  $I_{\text{норм}}$  – струм нормального режиму, А;

$j_{\text{ек}}$  – нормоване значення економічно вигідної густини струму (згідно додатку П [15] для кабелів з алюмінієвими жилами та паперовою ізоляцією при  $T_{\text{макс}} = 4000$  год/рік приймається  $j_{\text{ек}} = 1,4$  А/мм<sup>2</sup>).

За значенням економічно вигідного перерізу кабелю вибирається найближче стандартне значення перерізу  $S_{\text{ст}}$ .

Розрахунковий економічно вигідний переріз  $S_{\text{ек}}$ , який визначено за формулою заокруглюється до найближчого більшого або меншого стандартного перерізу  $S_{\text{ст} 1.1}$ , мм<sup>2</sup>. [15]

У якості струму нормального режиму приймається номінальний первинний струм трансформатора. Номінальні струми трансформаторів ТП № 2, ТП № 1 і ТП № 3 визначаються за формулою

$$I_{\text{ном.т.ВН}} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.т.1}}} \text{ А}$$

де  $S_{\text{ном.т}}$  – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{\text{ном.т.1}}$  – номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

$$I_{\text{ном.ТП1}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,37 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном.ТП2}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,37 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном.ТП3}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,37 \text{ А}$$

Економічно вигідний переріз визначається :

а) на першій ділянці від шин ГПП до трансформатора ТП № 2

$$S_{\text{ек} 1.1} = \frac{I_{\text{ном.ТП1}} + I_{\text{ном.ТП2}} + I_{\text{ном.ТП3}}}{j_{\text{ек}}}$$

$$S_{\text{ек} 1.1} = \frac{36,37 + 36,37 + 36,37}{1,4} = 77,94 \text{ мм}^2$$

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 55   |

б) на другій ділянці від трансформатора ТП № 2 до трансформатора ТП № 1

$$S_{\text{ек 1.2}} = \frac{I_{\text{ном.ТП1}} + I_{\text{ном.ТП2}}}{j_{\text{ек}}}$$
$$S_{\text{ек 1.2}} = \frac{36,37 + 36,37}{1,4} = 51,96 \text{ мм}^2$$

в) на третій ділянці від трансформатора ТП №1 до трансформатора ТП № 3

$$S_{\text{ек 1.3}} = \frac{I_{\text{ном.ТП3}}}{j_{\text{ек}}}$$
$$S_{\text{ек 1.3}} = \frac{36,37}{1,4} = 25,98 \text{ мм}^2$$

Таким чином, на першій ділянці вибирається найближчий стандартний переріз  $S_{\text{ст 1.1}} = 70 \text{ мм}^2$ , на другій ділянці  $S_{\text{ст 1.2}} = 50 \text{ мм}^2$ , на третій ділянці  $S_{\text{ст 1.3}} = 25 \text{ мм}^2$ .

#### 4.4.1 Перевірка перерізу кабелів за максимальним режимом

Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом виконується за нерівністю

$$K_{\text{пер}} I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ф}} = K_{\text{рез}} I_{\text{норм}}, \text{ А}$$

де  $K_{\text{пер}}$  – коефіцієнт допустимого перевантаження для провідника (у проекті приймається  $K_{\text{пер}} = 1$ );

$I_{\text{доп}}$  – допустимий тривалий струм провідника з урахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері, А;

$I_{\text{ф}}$  – струм форсованого режиму, А;

$K_{\text{рез}}$  – коефіцієнт резервування; для двох трансформаторних ТП приймається  $K_{\text{рез}} = 1,4$ .

При визначенні допустимого тривалого струму для кабелів необхідно врахувати відхилення параметрів оточуючого середовища від стандартних умов за допомогою поправочних коефіцієнтів  $K_{\text{пр}}$  та  $K_{\text{сер}}$

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 56   |



$$I_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} K_{\text{сер}} I_{\text{доп}}, \text{ А}$$

де  $K_{\text{пр}}$  – поправочний коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця А.5 з додатка А [15]). Для чотирьох кабелів, що лежать поруч у землі на відстані 300 мм  $K_{\text{пр}} = 0,87$ ;

$K_{\text{сер}}$  – поправочний коефіцієнт на температуру оточуючого середовища, якщо вона відрізняється від стандартної (таблиця А.6 з додатка А [15]). У проекті приймається  $K_{\text{сер}} = 0,94$ ;

$I_{\text{доп}}$  – допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (таблиця А.6 і А.7 додатка А [10]), А. Для кабелів марки ААШв напругою 10 кВ трижильних з перерізами жили 70 мм<sup>2</sup>, 50 мм<sup>2</sup> та 25 мм<sup>2</sup> допустимі тривалі струми становлять 161 А, 134 А та 91 А відповідно.

За формулою перевіряються кабелі магістралі. На ділянці від шин НН ГПП до трансформатора ТП № 2

$$1 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 161 = 131,67 \text{ А} \geq I_{\text{ф}} = 1,4 \cdot (36,37 + 36,37 + 36,37) \\ = 152,754 \text{ А}$$

Умова не виконується. Кабель з цим перерізом жили не може працювати в форсованому режимі без перегріву ізоляції, тому приймається переріз жили кабелю 95 мм<sup>2</sup> з допустимим тривалим струмом  $I_{\text{доп}} = 192 \text{ А}$  Тоді за формулою

$$1 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 192 = 157,02 \text{ А} \geq I_{\text{ф}} = 1,4 \cdot (36,37 + 36,37 + 36,37) \\ = 152,754 \text{ А}$$

Умова виконується.

На другій ділянці від трансформатора ТП № 2 до трансформатора ТП №

$$1 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 134 = 126,83 \text{ А} \geq I_{\text{ф}} = 1,4 \cdot (36,37 + 36,37) = 101,84 \text{ А}$$

Данна умова виконується.

На третій ділянці від трансформатора ТП № 1 до трансформатора ТП №

3

$$1 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 91 = 74,42 \text{ А} \geq I_{\text{ф}} = 1,4 \cdot (36,37) = 50,92 \text{ А}$$

Умова виконується.

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 57   |

Таким чином, остаточно на першій ділянці приймається стандартний переріз жили кабелю 95 мм<sup>2</sup>, на другій ділянці приймається 50 мм<sup>2</sup>, а на третій ділянці – 25 мм<sup>2</sup>.

#### 4.4.2 Перевірка перерізу кабелів на термічну стійкість

У разі магістральної схеми живлення ТП від шин НН ГПП, якщо прийняти, час дії максимального струмового захисту (МСЗ)  $t_{МСЗ} = 0,5$  с значення сталої аперіодичної складової струму КЗ  $T_a = 0,06$  с, повний час вимкнення вимикача серії ВВ/TEL  $t_{в.вимк} = 0,09$  с, то розрахункова тривалість КЗ для визначення інтеграла Джоуля становить

$$t = t_{зах} + t_{в.вимк} + T_a, с;$$

$$t = 0,5 + 0,09 + 0,06 = 0,65 с;$$

Для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами й паперовою ізоляцією при напрузі 10 кВ температурний коефіцієнт приймається  $C_T = 94 \text{ Ас}^{1/2} / \text{мм}^2$  (таблиця Т.8 з додатка Т [15]).

Найменший переріз кабелю, який відповідає умові термічної стійкості до струмів КЗ, визначається як

$$S_{тер.мін} = \frac{I_k \cdot \sqrt{t}}{C_T}$$

$$S_{тер.мін} = \frac{6828 \cdot \sqrt{0,65}}{94} = 58,56 \text{ мм}^2$$

Результати вибору перерізів КЛ наводяться в табл. 4.2

Табл. 4.2 – Результати вибору перерізу кабельних ліній

| Ділянка   | Переріз жили кабелю, мм <sup>2</sup>               |  |  |   |
|-----------|--|--|--|---|
|           | Нормальний режим<br>( $S_{ст}$ , мм <sup>2</sup> ) | Форсований режим<br>( $S_{ст}$ , мм <sup>2</sup> ) | Аварійний режим<br>( $S_{тер.мін}$ , мм <sup>2</sup> ) | Остаточно<br>( $S_{ст}$ , мм <sup>2</sup> ) |
| $W_{1.1}$ | 70   | 95   | 58,56  | 95  |
| $W_{1.2}$ | 50   | 50   | 58,56  | 70  |
| $W_{1.3}$ | 25   | 25   | 58,56  | 70  |

Отже, остаточно вибираються на першій ділянці від шин НН ГПП до трансформаторів ТП № 2 кабелі ААШв–10(3×95), на другій ділянці від

трансформаторів ТП № 2 до трансформаторів ТП № 1 – кабелі ААШВ–10(3×70), а на третій ділянці від трансформаторів ТП № 1 до трансформаторів ТП № 3 – кабелі ААШВ–10(3×70).

#### 4.5 Умови вибору і перевірки електричних апаратів

Вибір електричних апаратів (ЕА) напругою понад 1 кВ виконуємо за наступними параметрами :

1. По міцності ізоляції для роботи апаратури в тривалому режимі та при короткочасних перенапругах

$$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{НОМ.М}}$$

де  $U_{\text{НОМ}}$  – номінальна напруга ЕА,

$U_{\text{с}}$  – номінальна напруга мережі в місці установки ЕА.

2. По максимальному робочому струму:

$$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{ф}}$$

де  $I_{\text{НОМ}}$  – номінальний струм ЕА;

$I_{\text{ф}}$  – струм форсованого режиму (максимальний робочий струм);

3. відповідності навколишньому середовищу (нормальне, пожежонебезпечне, вибухонебезпечне та ін.), виду установки (зовнішня, внутрішня), її конструктивному виконанню (стаціонарна, висувна) та ін.

4. відповідності параметрів основної функціональної характеристики для комутаційних ЕА – це струм вимкнення (вмикання) при КЗ (комутаційна здатність), для ЕА захисту – номінальний струм плавкої вставки запобіжника, для ТС – це опір навантаження вторинного кола.[15]

5. Перевірка ЕА на електродинамічну стійкість струму КЗ.

$$i_{\text{гр.наск}} = i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}};$$

$$I_{\text{гр.наск}} \geq I_{n(0)};$$

$$I_{\text{дин}} \geq I_{n(0)}$$

Де  $I_{\text{гр.наск}}$  та  $i_{\text{гр.наск}}$  – діюче і миттєве значення граничного наскрізного струму ЕА, допустимого при КЗ;

$i_{\text{дин}}$  – значення струму електродинамічної стійкості ЕА;

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 59   |

$i_{уд}$  – розрахункові ударний струм

6. На термічну стійкість ЕА перевіряють за умови:

$$V_{терм.доп} \geq V_K$$

$V_{терм.доп}$  – допустиме значення інтеграла Джоуля для ЕА, який перевіряється;

$V_K$  – Інтеграл Джоуля;

#### 4.5.1 Вибір електричних апаратів комірки відгалужувальної лінії

Розподільні пристрої НН ГПП складаються із комірок КРП. У склад комірки входять комутаційні та захисні апарати, ТС, вимірювальні прилади та ін.

Згідно [7] вибирається КРП, укомплектований з комірок КМ-1Ф (виробник – ТОВ «Південна електротехнічна компанія», м. Одеса).

#### 4.5.2 Вибір високовольтного вимикача

Вибираються високовольтні вимикачі комірок № 15 і № 16 ГПП з додатку Р [3] вибираються високовольтні вакуумні вимикачі ВВ/TEL-10-12,5/630-У2-41 (виробник – «Таврида Електрик Україна», м. Севастополь). розрахунків і каталожні наведені в табл. 4.3.

За результатом розрахунку по формулі на ділянці від шин НН ГПП до трансформатора ТП № 2 становить  $I_{\phi} = 152,754$  А.

Час вимкнення КЗ визначається так:

$$t = t_{МЗС} + t_{в.вимк}, c;$$

$$t = 0,5 + 0,09 = 0,59 c;$$

Дані розрахунків і каталожні наведені в табл. 4.3.

Табл. 4.3 – Каталожні та розрахункові дані високовольтного вимикача

| Умова вибору  | Каталожні дані вимикача ВВ/TEL-10-12,5/630-У2-41 | Розрахункові дані       |
|---|--|-------------------------|
| За номінальною напругою<br>$U_{ном.в} \geq U_{ном.м}$ | $U_{ном.в} = 10$ кВ                              | $U_{ном.м} = 10$ кВ     |
| За номінальним струмом<br>$I_{ном.в} \geq I_{\phi}$   | $I_{ном.в} = 630$ А                              | $I_{\phi} = 152,754$ А. |

Продовження Табл. 4.3

|  |  |   |
|--|--|---|
| Вид установки, відповідність навколишньому середовищу          | У2   | Для роботи в районах з помірним кліматом в приміщеннях з вільним доступом зовнішнього повітря |
| За здатністю вимкнення<br>$I_{\text{НОМ.ВИМК}} \geq I_{n(0)}$  | $I_{\text{НОМ.ВИМК}} \geq 12,5 \text{ кА}$                           | $I_{n(0)} = 6,828 \text{ кА}$   |
| За динамічною стійкістю<br>$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$ | $i_{\text{дин}} = 32 \text{ кА}$                                     | $i_y = 16,37 \text{ кА}$  |
| За термічною стійкістю<br>$V_{\text{терм.доп}} \geq V_K$       | $I_T^2 \cdot t_{\text{ВИМК}} = 12,5^2 \cdot 0,59 = 92,19 \text{ кА}$ | $V_K = 6,828^2 \cdot 0,65 = 30,3 \text{ кА}$  |

Розшифрування умовного позначення вимикача такі:

В – вимикач;

В – вакуумний;

TEL – найменування серії;

10 – номінальна напруга, кВ;

12,5 – номінальний струм вимкнення;

630 – номінальний струм, А;

У – для роботи в районах з помірним кліматом;

2 – для роботи в приміщеннях з вільним доступом зовнішнього повітря;

41 – конструктивне виконання.

#### 4.5.3 Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму встановлюються у відсіку кабельного вводу комірки КРП (у фазах А та С). Згідно [18] вибираються трансформатори струму ТОЛ-СЭЦ-10-11-0,5S/10P-10/15-300/5-У2 (виробник – ВАТ ГК «Електроцит», м. Самара, Російська Федерація).

Виконується перевірка обмотки вимірювань трансформатора струму ТОЛ-СЭЦ-10-11-0,5S/10P-10/15-300/5-У2 за вторинним навантаженням (опором навантаження вторинного ланцюга). Відповідно до глави 1.6 [12]

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 61   |



$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{2A\Sigma}}{I_{2\text{НОМ}}^2}$$

де  $I_{2\text{НОМ}}$  – номінальний вторинний струм ТС, А.

$$Z_{\text{прил}} = \frac{4,47}{5^2} = 0,179 \text{ Ом.}$$

Визначається номінальний опір навантаження вторинного ланцюга ТС

$$Z_{2\text{НОМ}} = \frac{S_{2\text{НОМ}}}{I_{2\text{НОМ}}^2} \text{ Ом}$$

де  $S_{2\text{НОМ}}$  – номінальне вторинне навантаження обмотки вимірювань ТС, ВА.

Таким чином,

$$Z_{2\text{НОМ}} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом}$$

Визначається максимально допустимий опір з'єднувальних проводів

$$Z_{\text{пр}} = Z_{2\text{НОМ}} - Z_{\text{прил}} - R_{\text{к}},$$

де  $R_{\text{к}}$  – опір контактів, приймається  $R_{\text{к}} = 0,05 \text{ Ом}$ .

$$Z_{\text{пр}} = 0,4 - 0,179 - 0,05 = 0,171 \text{ Ом,}$$

Далі визначається переріз жили з'єднувальних проводів :

$$S_{\text{пр}} = \frac{\rho l_p}{Z_{\text{пр}}} = \frac{\rho \sqrt{3} l}{Z_{\text{пр}}}$$

де  $\rho$  – питомий опір провідника (для міді  $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ );

$l_p$  – розрахункова довжина (при схемі з'єднання ТС «неповний трикутник»  $l_p = \sqrt{3}l$ ), м;

$l$  – довжина з'єднувальних проводів (приймається  $l = 4 \text{ м}$ ).

$$S_{\text{пр}} = \frac{0,0175 \cdot \sqrt{3} \cdot 4}{0,171} = 0,71 \text{ мм}^2.$$

Вибирається стандартний провід з перерізом жили  $S_{\text{пр.ст}} = 1,5 \text{ мм}^2$

Визначається вторинне навантаження ТС так:

$$Z_{2\text{розр}} = \frac{\rho \sqrt{3} l}{S_{\text{пр.ст}}} + Z_{\text{прил}} + R_{\text{к}}$$

|       |      |          |        |      |  |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
|       |      |          |        |      |  | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                   | 63   |





Розшифрування умовного позначення ТС такі:

Т – трансформатор;

О – опорний;

Л – з литою ізоляцією;

10 – номінальна напруга, кВ;

11 – конструктивне виконання;

0,5S/10P – номінальний клас точності (для вимірювань/для захисту);

10/15 – номінальне вторинне навантаження (обмотка вимірювань/обмотка захисту), ВА;

300/5 – номінальний первинний струм/номінальний вторинний струм, А;

У – для роботи в районах з помірним кліматом;

2 – для роботи в приміщеннях з вільним доступом зовнішнього повітря.

#### **4.5.4 Вибір трансформатор струму нульової послідовності**

В якості ТСНП вибирається ТЗЛМ-І (виробник – ВАТ «Свердловский завод трансформаторов тока», м. Єкатеринбург, Російська Федерація) [24]. Трансформатори струму ТЗЛМ-І призначені для живлення схем РЗ від замикань на землю окремих жил трифазного кабелю шляхом трансформації струмів нульової послідовності. ТЗЛМ-І встановлюється на кабель діаметром до 70 мм.

#### **4.5.5 Вибір електричних апаратів шафи високовольтного вводу**

Так як цехова ТП № 1 живиться за подвійною магістральною схемою, то КТП має шафу високовольтного вводу (ШВВ) типу ШВВ-4. У шафі типу ШВВ-4 вибирають високовольтний вимикач навантаження типу ВНР та високовольтний запобіжник.

#### **4.5.6 Вибір високовольтного вимикача навантаження**

Високовольтний вимикач навантаження застосовується самостійно як комутаційний апарат для вмикання і вимкнення струму навантаження робочого режиму. У цьому випадку його вибирають за пунктами 1 – 3 і перевіряють на стійкість при наскрізних струмах КЗ за пунктами 5 та 6, а вибір комутаційної здатності за пунктом 4 полягає у виконанні умов

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 65   |

$$I_{\text{ном.вимк}} \geq I_{\text{вимк.розр}}$$

$$I_{\text{ном.вимк}} \geq I_{\text{вимк.розр}}$$

де  $I_{\text{ном.вимк}}$  і  $I_{\text{ном.вимк}}$  – номінальні струми вимкнення і вмикання відповідно;

$I_{\text{вимк.розр}}$  і  $I_{\text{вимк.розр}}$  – розрахункові струми вимкнення і вмикання відповідно.

Вибираються вимикачі навантаження типу ВНР, якими комплектується шафа вводу ШВВ-4 КТП – двотрансформаторної ТП № 1 з трансформаторами номінальної потужності 630 кВА кожний.

За результатом розрахунку номінальний струм трансформатора становить  $I_{\text{ном.т}} = 60,6$  А Для трансформаторної ПС  $K_{\text{рез}} = 1,4$

$$I_{\phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}}$$

Тому:

$$I_{\phi} = 1,4 \cdot 60,6 = 84,84 \text{ А}$$

Для ТП № 1 вибираються вимикачі навантаження *QW3, QW4*.

Каталожні дані цих високовольтних вимикачів навантаження (таблиця Р.7

додатку Р [15]) та їх розрахункові дані наведені в табл. 4.6.

Табл. 4.6 – Розрахункові та каталожні дані вимикачів навантаження

| Умови вибору  | Каталожні дані вимикача ВНРП-10/400-10 з п У3 | Розрахункові дані   |
|---|---|---|
| За номінальною напругою<br>$U_{\text{ном.в.н}} \geq U_{\text{ном.м}}$ | $U_{\text{ном.в.н}} = 10$ кВ                  | $U_{\text{ном.м}} = 10$ кВ  |
| За номінальним струмом<br>$I_{\text{ном.в.н}} \geq I_{\phi}$          | $I_{\text{ном.в.н}} = 400$ А                  | $I_{\phi} = 84,84$ А.   |
| Вид установки, відповідність навколишньому середовищу                 | У3  | Для роботи в районах з помірним кліматом в закритих приміщеннях з природною вентиляцією |



$$I_{\text{НОМ.ВСТ}} \geq (1,5 - 2)I_{\text{НОМ.Т}}$$

а номінальний струм патрона

$$I_{\text{НОМ.П}} \geq I_{\text{НОМ.ВСТ}}$$

Комплект високовольтного вимикача навантаження із запобіжником поєднує функції вимикача при комутації навантаження в нормальному режимі та вимикання запобіжником струму КЗ.

За результатами розрахунку форсований струм трансформатора номінальної потужності 630 кВА двотрансформаторної ТП № 1 становить

$$I_{\phi} = 101,84 \text{ А}$$

Тоді

$$I_{\text{НОМ.ВСТ}} \geq 2 \cdot 60,6 = 121,2 \text{ А}$$

Для ТП № 1 вибираються високовольтні запобіжники *F9* і *F10*.

Каталожні дані цих високовольтних запобіжників [22] та їх розрахункові дані наведені в таблиці 4.7.

Табл. 4.7. – Розрахункові та каталожні дані високовольтного запобіжника

| Умови вибору   | Каталожні дані<br>Вимикача ПКТ-104-<br>10-200-31,5УЗ | Розрахункові дані  |
|--|--|--|
| За номінальною<br>напругою<br>$U_{\text{НОМ.зап}} \geq U_{\text{НОМ.М}}$ | $U_{\text{НОМ.зап}} = 10 \text{ кВ}$                 | $U_{\text{НОМ.М}} = 10 \text{ кВ}$   |
| За номінальним<br>струмом<br>$I_{\text{НОМ.В.Н}} \geq I_{\phi}$          | $I_{\text{НОМ.ВСТ}} = 200 \text{ А}$                 | $I_{\phi} = 101,84 \text{ А.}$   |
| Вид установки,<br>відповідність<br>навколишньому<br>середовищу           | УЗ   | Для роботи в районах з<br>помірним кліматом в<br>закритих приміщеннях з<br>природною вентиляцією |

Продовження Табл. 4.7

|   |   |                                       |
|---|---|---------------------------------------|
| Неспрацьовування при перехідних процесах<br>$I_{\text{НОМ.ВСТ}} \geq (1,5 - 2)I_{\text{НОМ.Т}}$ | $I_{\text{НОМ.ВСТ}} = 200 \text{ А}$    | $2I_{\text{НОМ.Т}} = 121,2 \text{ А}$ |
| За динамічною стійкістю<br>$I_{\text{НОМ.П}} \geq I_{\text{НОМ.ВСТ}}$                           | $I_{\text{НОМ.П}} = 200 \text{ А}$      | $I_{\text{НОМ.ВСТ}} = 200 \text{ А}$  |
| За термічною стійкістю<br>$I_{\text{НОМ.ВИМК}} \geq I_{\text{П0}}$                              | $I_{\text{НОМ.ВИМК}} = 31,5 \text{ кА}$ | $I_{n(0)} = 6,828 \text{ кА}$         |

Розшифрування умовного позначення запобіжника типу ПКТ, які виготовляються ТОВ «Кореневский» [22], таке:

ПКТ-104-10-200-31,5УЗ;

П – предохранитель (запобіжник);

К – з кварцовим наповнювачем;

Т – для захисту силових трансформаторів, повітряних і кабельних ліній;

104 – позначення конструктивного виконання;

10 – номінальна напруга, кВ;

200 – номінальний струм, А;

31,5 – номінальний струм вимкнення, кА;

У – для роботи в районах з помірним кліматом;

З – для роботи в закрити приміщеннях з природною вентиляцією

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Економічний ефект від застосування двох різних типів світильників

Для проведення розрахунку економічного ефекту двох варіантів системи освітлення інструментального цеху потрібно знайти повний обсяг витрат кожного і, порівнявши та проаналізувавши, обрати кращий з них.

Для подальших розрахунків проектування освітлення цього приміщення обрано наступні типи світильників:

1. варіант освітлення інструментального цеху з використанням світильників типу Diora LPO/LSP SE 40/5600IP65 із світлодіодами фірми Samsung;
2. варіант освітлення інструментального цеху з використанням світильників типу Світильник люмінесцентний з призматичним плафоном E.NEXT і люмінесцентними лампами MASTER TL-D Super 80 58W/830 1SL/25.

У табл. 5.1 наведені технічні характеристики цих освітлювальних приладів.

Табл. 5.1 – Технічні характеристики обраних світильників

| Найменування                   | Тип світильника          |  |
|--------------------------------|--------------------------|--|
|                                | Diora LPO/LSP SE 40/5600 | E.NEXT 1x58W IP65                      |
| Тип лампи                      | Світлодіодна Samsung     | ЛЛ MASTER TL-D Super 80 58W/830 1SL/25 |
| Потужність (Nл ), Вт           | 40                       | 58                                     |
| Світловий потік лампи (Фл), лм | 5600                     | 5240                                   |

MP 3.8.141.020 ПЗ

| Змн.      | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата |  |               |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|--|---------------|------|---------|
| Розроб.   | Артюх        |          |        |      | Проектування систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу | Літ.          | Арк. | Аркушів |
| Керівник  | Волохін      |          |        |      |  |               | 70   | 87      |
| Н. Контр. | Никифоров    |          |        |      |  | СумДУ ЕТ.м-91 |      |         |
| Затверд.  | Лебединський |          |        |      |  |               |      |         |











## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

### 6.1 Небезпечні та шкідливі фактори на підстанції

#### 6.1.1 Дія електричного струму на людину.

Проходячи через організм людини, електричний струм спричиняє термічні, електролітичні і біологічні дії.

Термічна дія виражається в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні кровоносних судин, нервів і т. п.

Електролітична дія виражається в розкладанні крові та інших органічних рідин, що викликає значні порушення їх фізико-хімічних складів.

Біологічна дія є особливим специфічним процесом, властивим лише живій тканині. Вона виражається в роздратуванні і порушенні живих тканин організму, що супроводжується мимовільними судорожними скороченнями м'язів, у тому числі м'язів серця та легень. У результаті можуть виникнути різні порушення в організмі, у тому числі і повне припинення діяльності органів дихання та кровообігу. Подразнююча дія струму на тканини організму може бути прямою, коли струм проходить безпосередньо по цих тканинах, і рефлекторною, тобто через центральну нервову систему, коли шлях струму лежить поза межами цих тканин.

Все це різноманіття дій електричного струму приводить до двох видів ураження: електричних травм та електричних ударів.

Електричний струм становить значну небезпеку, тому інженерно-технічним засобам безпеки, призначених для захисту працюючих від ураження електричним струмом, має приділятися постійна увага. Як показує аналіз, більшість нещасних випадків, причиною яких є ураження електричним струмом, відбувається при зіткненні з відкритими струмоведучими частинами обладнання, що перебувають під напругою. Понад 20% нещасних випадків

|           |              |          |        |      |  |               |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|--|---------------|------|---------|
|           |              |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ  |               |      |         |
| Змн.      | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата |  |               |      |         |
| Розроб.   | Артюх        |          |        |      | Проектування систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу | Літ.          | Арк. | Аркушів |
| Керівник  | Волохін      |          |        |      |  |               | 75   | 87      |
| Н. Контр. | Никифоров    |          |        |      |  | СумДУ ЕТ.м-91 |      |         |
| Затверд.  | Лебединський |          |        |      |  |               |      |         |

відбувається в результаті дотику до металевих частин обладнання, які опинилися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, до 20% - внаслідок дотику до неметалевих частин обладнання, які опинилися під напругою (дотик до струмоведучих частин, покритих ізоляцією, яка втратила свої ізоляційні властивості, а також торкання струмоведучих частин предметів з низьким опором). Близько 3% нещасних випадків – результат зіткнення з підлогою, стінами і конструктивними деталями приміщень, які опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, до 2% нещасних випадків – внаслідок ураження електричною дугою.

### **6.1.2 Засоби захисту від дії електричного струму, використані на підстанції.**

Для захисту людей, які працюють з електроустановками, від ураження електричним струмом служать електрозахисні засоби. За призначенням електрозахисні засоби (ЕЗЗ) поділяються на ізолюючі, огорожувальні та допоміжні.

Ізолюючі ЕЗЗ служать для ізоляції людини від частин електрообладнання під напругою, а також від землі. Вони поділяються на основні і додаткові. Ізоляція основних ізолюючих ЕЗЗ надійно витримує робочі напруги електроустановок, також з їх допомогою дозволяється торкатися струмовідних частин, що перебувають під напругою. До основних ізолюючих ЕЗЗ в електроустановках напругою вище 1000 В відносяться оперативні і вимірювальні штанги, ізолюючі та електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, ізолюючі сходи, захвати для перенесення гірлянд ізоляторів, ізолюючі ланки телескопічних вишок. До основних ізолюючих ЕЗЗ в електроустановках напругою до 1000 В відносяться оперативні штанги, ізолюючі та електровимірювальні кліщі, діелектричні рукавички, інструмент з

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 76   |

ізолюючими ручками, покажчики напруги.

В електроустановках для виконання оперативних вмикань (відключень) роз'єднувачів, від'єднувачів, вимикачів напругою вище 1000 В з ручним приводом, установлення деталей розрядників, тощо необхідно застосовувати ізолюючі оперативні штанги. В разі установлення на струмовідних частинах електроустановок переносних заземлень слід застосовувати штанги переносних заземлень. В електроустановках 110 кВ і більше для складених штанг переносних захисних заземлень, дозволяється застосовувати металеві струмопровідні частини за наявності ізолювальної частини.

Додаткові ізолюючі ЕЗЗ при даній напрузі, не можуть забезпечити безпеку персоналу і запобігти ураженню електричним струмом: вони є додатковою мірою захисту до основних ізолюючих ЕЗЗ. В електроустановках напругою вище 1000 В до додаткових ізолюючих ЕЗЗ відносяться діелектричні гумові рукавички, діелектричні боти, гумові діелектричні килимки і ізолюючі підставки на порцелянових ізоляторах.

Для захисту рук від механічних пошкоджень, підвищення та зниження температур, іскор і бризок розплавленого металу, кабельної маси, масел і нафтопродуктів необхідно застосовувати спеціальні рукавиці, виготовлені згідно з вимогами. Для виготовлення рукавиць повинна використовуватися парусина з вогнезахисним просоченням. Вони повинні мати підсилювальні захисні накладки. Довжина звичайних рукавиць не повинна перевищувати 300 мм.

Огороджувальні ЕЗЗ застосовують для тимчасового огороження струмоведучих частин, що знаходяться під напругою електроустановок. До них відносяться переносні огороження, ізолюючі накладки і ковпаки, переносні заземлення, попереджувальні плакати.

Допоміжні захисні засоби служать для захисту персоналу від падіння з висоти (запобіжні пояси та страхувальні канати), для безпечного підймання на висоту (пазурі).

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 77   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Поряд з суворим дотриманням вимог електробезпеки неодмінною умовою безпечного виконання різних робіт під напругою є обов'язкове застосування індивідуальних засобів захисту від ураження електричним струмом. До таких засобів відносяться діелектричні рукавички, боти, діелектричні чоботи і калоші. Всі ці засоби виготовляються із спеціальної діелектричної гуми, здатної витримувати високу напругу, і має відповідати вимогам Правил користування і випробування захисних засобів, що застосовуються в електроустановках.

Безпека експлуатації електроустановок забезпечується застосуванням ряду технічних способів і засобів, що використовуються окремо або в поєднанні один з одним. При нормальному режимі роботи такими засобами є вирівнювання потенціалів, зменшення напруги, електричне розділення мереж, використання робочої ізоляції струмоведучих частин, компенсація ємнісної складової струмів, забезпечення замикання на землю, застосування огорожувальних пристроїв, попереджувальна сигналізація, блокування, використання знаків безпеки, засобів захисту та запобіжних пристосувань. В аварійному режимі рекомендується захисне заземлення, занулення, захисне відключення, додаткова (подвійна) ізоляція, застосування пробивних запобіжників.

### **6.1.3 Засоби захисту та вплив електромагнітних полів на людину**

При експлуатації електроенергетичних установок напругою вище 1 кВ – відкритих розподільних пристроїв, повітряних ліній електропередачі та інших, необхідно враховувати вплив на людину електромагнітного поля. У результаті спеціальних досліджень стану здоров'я персоналу, який обслуговує електроустановки високої напруги, було відзначено тенденцію його погіршення, що виражається в поганому самопочутті працівника, підвищеної втомлюваності, в'ялості, головного болю, поганому сні і т. д.

Вплив електромагнітних полів на людину залежить від напруженостей електричного та магнітного полів, інтенсивності потоку енергії, частоти

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 78   |

коливань, локалізації опромінь на поверхні тіла і індивідуальних особливостей організму.

Розрізняють такі види впливу електромагнітного поля:

1) безпосереднє (біологічне), яке проявляється при тривалому і систематичному перебування в електричному полі, напруженість якого перевищує допустиме значення;

2) вплив електричних розрядів (імпульсного струму), що виникають при дотику людини до заземлених частин обладнання;

3) вплив струму, який проходить через людину, що знаходиться в контактi з ізольованими від землі об'єктами (струм стікання).

Механізм цього впливу полягає в тому, що в електричному полі атоми і молекули, з яких складається людське тіло, поляризується, а полярні молекули (наприклад, води), орієнтуються по напрямку поширення електромагнітного поля. В електролітах, якими є рідкі складові тканин, крові, міжклітинної рідини і т. п., після прикладення зовнішнього поля з'являються іонні струми. Змінне електричне поле викликає нагрівання тканин людини як за рахунок змінної поляризації діелектриків. Так і за рахунок появи струмів провідності.

Тепловий ефект є наслідком поглинання енергії електромагнітного поля. Крім того, має місце відбиття електромагнітних хвиль від поверхні людського тіла з-за зміни на цій межі хвильового опору середовища.

Поглинання енергії і виникнення іонних струмів супроводжується специфічним впливом на біологічні тканини, так як порушується тонка структура електричних потенціалів і циркуляція рідини в клітинах і внутрішніх органах. Крім теплового впливу, електромагнітні поля, змінюючи орієнтацію кліток або ланцюгів молекул, що впливають на біохімічну активність білкових молекул і склад крові, що шкідливо позначається на нервової, ендокринної і серцево – судинних системах. При великій інтенсивності опромінення можлива поразка очей (помутніння кришталика).

Джерелами електромагнітного поля (ЕМП) в установках індукційного

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 79   |

нагріву є неекрановані індуктори, трансформатори, конденсатори, фідерні лінії, в установках діелектричного нагрівання – робочі конденсатори і фідери, які підводять енергію.

У відповідності з цим найбільш небезпечні щодо випромінювання (ЕМП) елементи повинні екрановані. Правила безпеки вимагають, щоб усі установки були забезпечені огороженнями небезпечних зон з механічним або електричним блокуванням на дверцятах.

Для захисту персоналу застосовуються такі інженерно-технічні засоби: узгоджені навантаження і поглиначі потужності для зменшення напруженості та щільності потоку енергії ЕМП, екранування робочого місця, використання попереджуючої сигналізації, раціональне розташування в робочому приміщенні устаткування, що випромінює електромагнітну енергію, обмеження часу перебування обслуговуючого персоналу в зоні дії електромагнітних полів.

Конденсаторні батареї установок діелектричного нагрівання при розміщенні їх у загальному приміщенні повинні розташовуватися в металевій шафі, а при розміщенні в окремому приміщенні повинні огорожуватися сіткою. Захисна дія екрану обумовлюється наведенням в екрані струмів Фуко, які у свою чергу, наводять в екрані вторинне поле, по амплітуді майже однаковий, а по фазі – протилежне екранованому полю. В результаті їх складання сумарне поле швидко зменшується, проникаючи в екран на незначну глибину.

Для захисту від впливу електричного поля напруженістю від 25 до 60 кВ/м і при знаходженні в електричному полі напруженістю від 5 до 25 кВ/м більше допустимого часу необхідно застосовувати індивідуальний екрануючий комплект одягу, крім випадків, коли можливо дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (при роботах на панелях, збірках до 1000 В, в електричних пристроях).

Припустимий час перебування в електричному полі може бути

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 80   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



реалізовано одноразово або дрібно протягом робочого дня. В інший час можна перебувати в електричному полі напруженістю до 5 кВ/м або використовувати засоби захисту: стаціонарні, переносні і пересувні екрануючі пристрої: знімні екрануючі пристрої, що встановлюються на машинах і механізмах.

При підйомі на обладнання і конструкції, розташовані в зоні впливу електричного поля, засоби захисту повинні застосовуватися незалежно від напруженості електричного поля і тривалості перебування в ньому. При знаходженні в зоні екранування, всередині конструкцій ВРП, а також при підйомі по сходах до газового реле і реле рівня масла силового трансформатора засоби захисту від впливу електричного поля можна не застосовувати.

#### **6.1.4 Вплив шуму на організм людини та засоби захисту від нього**

В залежності від рівня та характеру шуму, його тривалості, а також від індивідуальних здібностей людини шум може чинити на нього різну дію.

Шум, навіть коли він невеликий, створює значне навантаження на нервову систему людини, створюючи на нього психологічну дію. Сильний шум шкідливо відбивається на здоров'ї і працездатності людей. Людина, працюючи при шумі, звикає до нього, але тривала дія сильного шуму викликає загальне стомлення, може привести до приглухуватості, а іноді і до глухоти.

При підвищеному рівні шуму на робочому місці слід застосовувати протишумові навушники або обмежувати час перебування в зоні підвищеного шуму.

### **6.2 Норми освітленості робочих місць при обслуговуванні підстанції**

Освітлювальні установки підстанцій складаються з робочого, аварійного та евакуаційного освітлення. Робоче освітлення є основним видом освітлення і виконується у всіх приміщеннях підстанцій, а також на відкритих ділянках територій, де проводиться робота в темний час доби або відбувається рух транспорту і людей.

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 81   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Основним джерелом світла на підстанціях є газорозрядні лампи. Однак застосовуються лампи розжарювання. Люмінесцентні лампи низького тиску мають більший термін служби і більшу світловіддачу, ніж лампи розжарювання. Незважаючи на складність пускорегулювальної апаратури, чутливість до температури навколишнього середовища і до напруги мережі вони використовуються частіше. Але необхідно враховувати, що запалювання люмінесцентних ламп не гарантується при навколишній температурі нижче 5С і зниженні напруги на 10%.

При недостатній освітленості робочої зони слід застосовувати додаткове місцеве освітлення. Робоче місце і устаткування в зоні обслуговування повинні бути добре освітлені. У темний час доби працювати і пересуватися можна тільки в освітлених місцях при відсутності сліпучої дії освітлювальних пристроїв або з ліхтарем. Перемикання можна проводити при освітленості не менше 10 ЛК.

### **6.3 Заходи пожежної безпеки на підприємстві**

Всі виробничі, складські, допоміжні та адміністративні будівлі та приміщення заводу, а також окремі спорудження та технологічні установки повинні бути забезпечені вогнегасниками, пожежним інвентарем та інструкціями з пожежної безпеки.

Також повинні проводитись такі заходи:

- навчання працівників правилам пожежної безпеки;
- проведення бесід, лекцій, видання необхідних інструкцій;
- організація пожежної охорони.

З точки зору пожежної безпеки генеральні плани промислових підприємств повинні забезпечувати наступні заходи: виконання необхідних безпечних відстаней від границь одного підприємства до іншого, до населеного пункту, до ліній магістральних залізних доріг та водних шляхів; правильне зонування приміщень і будівель з врахуванням їх призначення та других ознак; дотримання потрібних протипожежних відстаней між будівлями

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | MP 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 82   |

та спорудами.

#### **6.4 Основні правила при оглядах обладнання підстанцій:**

1. При підході до підстанції необхідно оглянути огороження підстанції, переконавшись, що немає закорочення на огороження, обірваних дротів ПЛ, які виходять і заходять на підстанцію, та на території підстанції, тільки тоді можна заходити на територію ПС або ВРУ.

2. Управління РПН повинно бути переведено з автоматичного на дистанційне управління.

3. При спрацюванні газового реле на сигнал огляд виконувати тільки після розвантаження та відключення трансформатора.

4. При появі сигналу "земля" заходити на ПС або доторкатися до обладнання без засобів захисту (рукавички, боти) забороняється.

5. При оглядах забороняється:

- входити в приміщення не обладнані огороженнями, які заважали б приближенню до частин обладнання, яке знаходиться під напругою 6-35 кВ на відстані менше 0,6 м і 110кВ – менше 1м;
- відчиняти двері огорожень і проходити за огороження;
- підійматися на блочні конструкції;
- виконувати будь які роботи при огляді.

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 83   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі виконане проектування системи електропостачання машинобудівного заводу.

В результаті проведеної роботи розраховане електричне навантаження підприємства, яке складає  $S_{п.ц.} = 9805,8$ . Вибрані трансформатори ГПП типу ТМН-6300/110 та цехові ТП, вибрана схема і конструктивне виконання розподільної мережі напругою 10 кВ. Схема електропостачання заводу задовольняє вимогам надійності та виконана таким чином, що при її експлуатації зменшено до мінімуму можливі втрати електроенергії та забезпечене безпечне обслуговування електрообладнання заводу. Також, розроблене робоче та аварійне освітлення для інструментального цеху заводу. Для забезпечення високого значення коефіцієнта потужності встановлено установки централізованої компенсації. Вибрані перерізи провідників напругою вище 1 кВ, за економічною густиною струму. Вибирається на ділянці від шин ГПП до трансформатора ТП № 2 кабель марки ААШв-10(3×95), на ділянці від трансформатора ТП № 2 до трансформатора ТП № 1 кабель марки ААШв-10(3×70). Для вибору та перевірки комутаційних апаратів до механічного цеху № 1, які відключають пошкоджену ділянку в аварійному режимі, розраховано струм трифазного КЗ для максимального режиму на шинах ГПП, який дорівнює  $I_k = 6,828$ , кА.

Для забезпечення зручності експлуатації та надійності електропостачання виконується резервування і секціонування всіх елементів СЕП, що дає можливість проводити ревізії та планові ремонти не відключаючи споживачів, тим самим не порушуючи технологічний процес.

В економічній частині виконано порівняльний аналіз двох різних типів світильників та обрано найбільш економічний.

У розділі з безпеки життєдіяльності розглянуті питання охорони праці працівників, засоби захисту робочого персоналу та заходи від впливу небезпечних і шкідливих факторів.

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 84   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
2. Василега П. О. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.;
3. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навчальний посібник. – 2-ге вид. перероб. та доп. / В.Г. Рудницький. – Київ: Освіта України, 2013. – 287 с.
4. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые загрузки;
5. Завдання та методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування систем електропостачання» для студентів спеціальності 8.141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» усіх форм навчання / Лебедка С.М. – Суми: СумДУ, 2019. – 16 с.
6. «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : В. Ф. Харченко, В. Г. Воропай, О. А. Якунін. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 70 с.
7. Каталог электротехнического оборудования производства ООО «Южная электротехническая компания»: справочник покупателя, 2012.
8. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 132 с.
9. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл.

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 85   |

Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 132 с.

10. Методичні вказівки до практичних завдань та самостійної роботи з курсу «Електропостачання промислових підприємств» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 6.05070108 «Енергетичний менеджмент», б. 05070101 «Електричні станції» у двох частинах. Частина 2 / Укладачі: Н.А. Дейнеко, К.В. Махотіло. – Х. : НТУ ХП, 2012. – 40с.

11. Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту з спеціальності 5.05070104 “Монтаж і експлуатація електроустаткування підприємств і цивільних споруд” напрямом „Проект електроустаткування підприємства, цеху, дільниці” – Чернігів, Чернігівський промислово-економічний коледж Київського національного університету технологій та дизайну, 2016р.

12. Неклепаев Б. Н. Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебн. Пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.

13. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», 2009. – 704 с.

14. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Укладачі: Д.В. Муриков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебеда. – Суми: Вид-во СумДУ, 2017. – 34 с.;

15. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2006. – 153 с.;

16. Утегулов Б.Б. Основы проектирования систем электроснабжения. –

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МР 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 86   |

Учебное пособие / Б.Б.Утегулов, А.А. Свирина, И.В. Кошкин. – Костанай, 2018. – 129 с.

17. [http://electromotor.com.ua/katalog-tovarov?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=2020&category\\_id=61](http://electromotor.com.ua/katalog-tovarov?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=2020&category_id=61)

18. [http://www.electroshield.ru/catalog/tech\\_properties/184/5](http://www.electroshield.ru/catalog/tech_properties/184/5)

19. <http://www.infoton.ru/vnr.php>

20. <http://www.vzep.vitebsk.by/products.html>

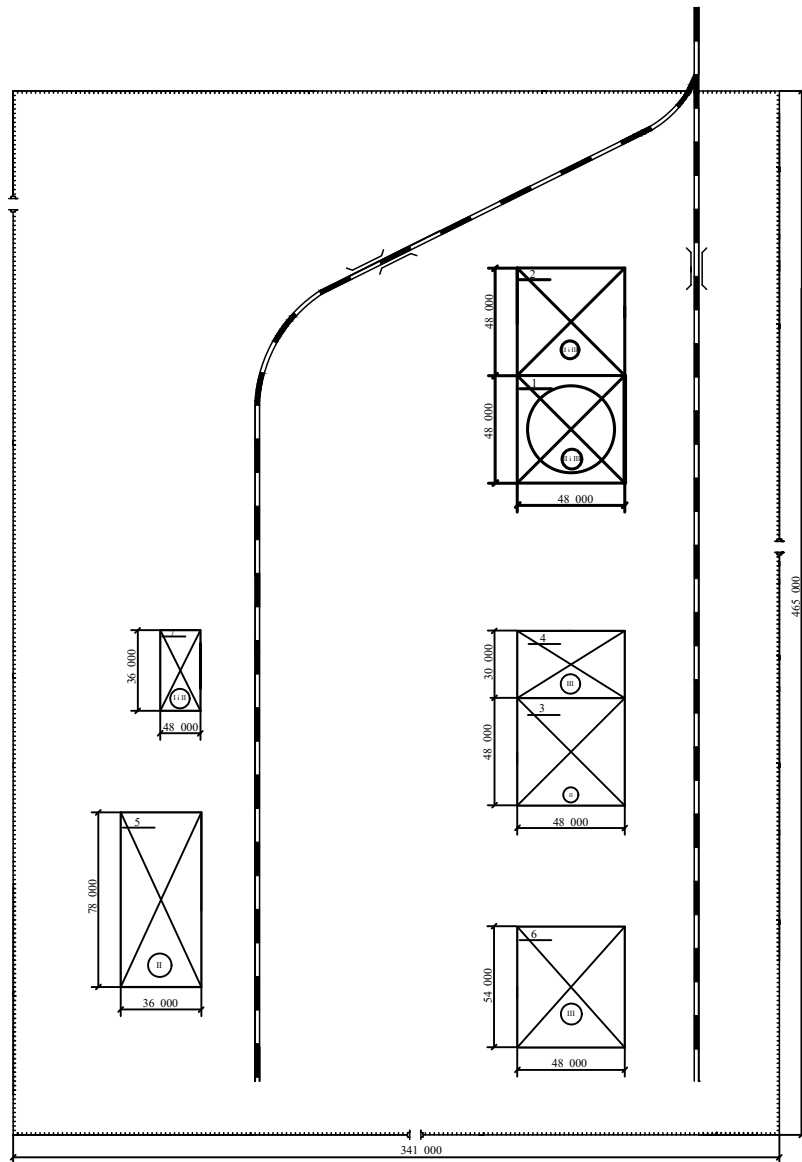
21. <https://electrocontrol.com.ua/vysokovoltnoe-oborudovanie/ustrojstva-kompensacii-reaktivnoj-moshhnosti-tipa-ukm04-i-uk610.html>

22. [https://grantek-svet.ru/catalog/predohraniteli\\_vysokovoltnye/pkt/Predohranitel\\_PKT\\_104-10-200-315U31373524882.php](https://grantek-svet.ru/catalog/predohraniteli_vysokovoltnye/pkt/Predohranitel_PKT_104-10-200-315U31373524882.php)

23. [https://lviv.sq.com.ua/ukr/news/novini\\_partneriv/06.11.2017/kompresori\\_harakteristiki\\_ta\\_sferi\\_zastosuvannya/](https://lviv.sq.com.ua/ukr/news/novini_partneriv/06.11.2017/kompresori_harakteristiki_ta_sferi_zastosuvannya/)

24. [http://www.czt.ru/ru/tzlm\\_1.html](http://www.czt.ru/ru/tzlm_1.html)

|       |      |          |        |      |                   |      |
|-------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|       |      |          |        |      | МП 3.8.141.020 ПЗ | Лист |
|       |      |          |        |      |                   | 87   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



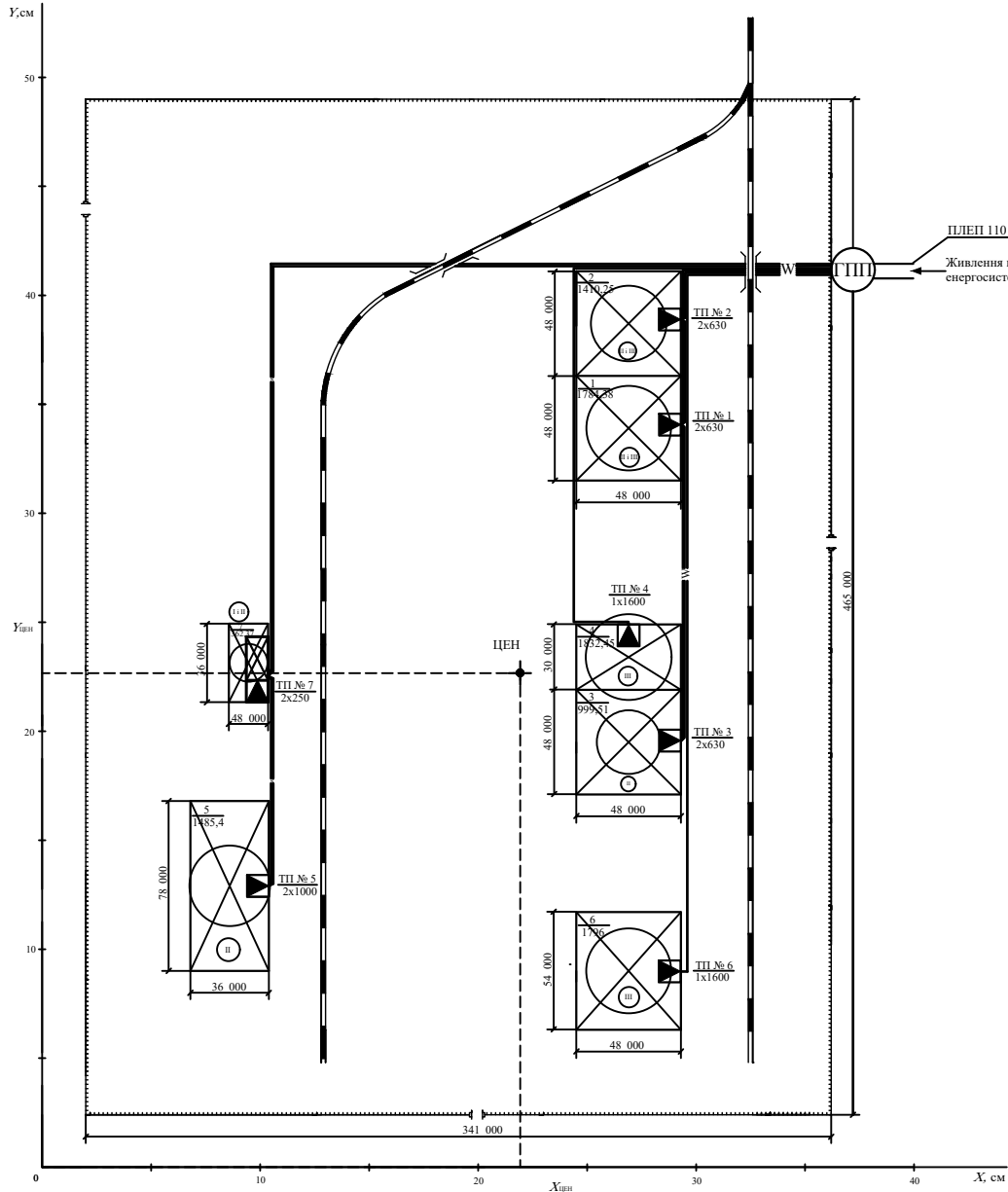
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- ⊙ - категорії надійності електроприймачів
- |—| - кабельна лінія в трубі
- |—| - залізнична колія
- |—| - огорожа
- ◀ ▶ - ворота
- 1 - номер цеху

| № цеху | Назва цехів               |
|--------|---------------------------|
| 1      | Механічний цех № 1        |
| 2      | Механічний цех № 2        |
| 3      | Механічно-складальний цех |
| 4      | Інструментальний цех      |
| 5      | Цех дрібних серій         |
| 6      | Ремонтно-механічний цех   |
| 7      | Компресорна станція       |

|            |            |            |  |                   |   |         |      |      |       |
|------------|------------|------------|--|-------------------|---|---------|------|------|-------|
|            |            |            |  | МР 3.8.141.020 ГЧ |   |         | Лист | Маса | Місця |
| Вид        | Лист       | № докум.   | Підпис   | Дата              | Генеральний план машинобудівного заводу |         |      |      |       |
| Розробив   | Виконав    | Перевірив  | Затвердив  | Дата              | 1:1000                                  |         |      |      |       |
|            |            |            |  |                   | Аркуш 1                                 | Аркуш 4 |      |      |       |
| П. заступ. | В. заступ. | М. заступ. | Проектування систем електрообладнання та освітлення машинобудівного заводу |                   | СумДУ, гр. ЕТ-м-91                      |         |      |      |       |





УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- головна понижувальна підстанція
- розподільний пункт
- цехова трансформаторна підстанція
- $\frac{\text{ТП № 1}}{2 \times 1000}$  - номер трансформаторна підстанція  
кількість трансформаторів (шт.)  $\times$  номінальна потужність (кВА)
- $\frac{1}{1784,38}$  - номер цеху  
розрахункове повне навантаження цеху, кВА
- категорії надійності електроприймачів
- кабельна лінія в трубі
- кабельна лінія в кабельному каналі
- ААШ-10(3x70) - трижильний кабель марки ААШв напругою 10 кВ з перерізом 70 мм
- картограма навантажень
- центр електричних навантажень
- залізнична колія
- огорожа
- ворота

| № цеху | Назва цехів               |
|--------|---------------------------|
| 1      | Механічний цех № 1        |
| 2      | Механічний цех № 2        |
| 3      | Механічно-складальний цех |
| 4      | Інструментальний цех      |
| 5      | Цех дрібних серій         |
| 6      | Ремонтно-механічний цех   |
| 7      | Компресорна станція       |

ПРИМІТКА

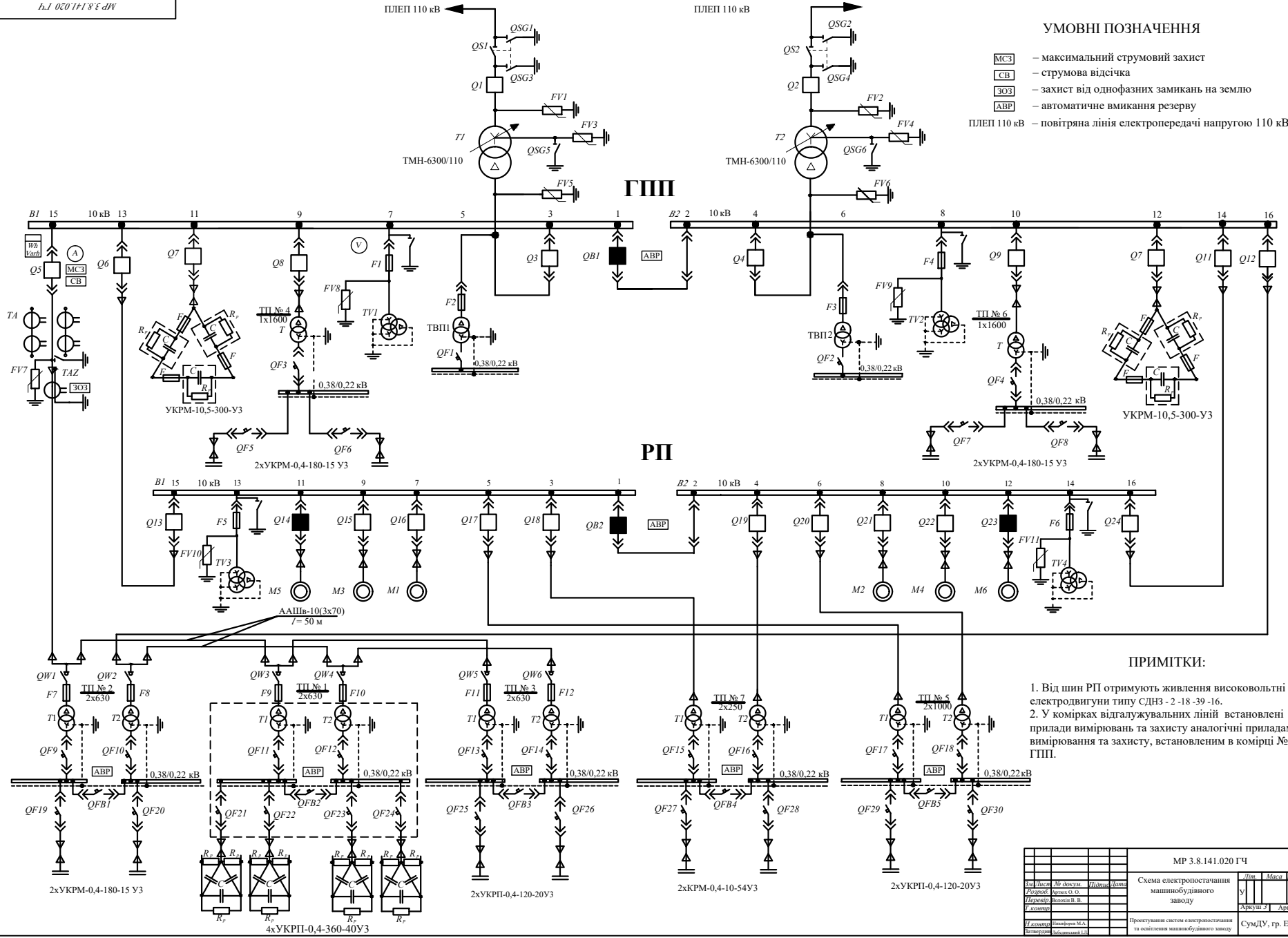
У компресорній станції (цех № 7) встановлено шість високовольтних синхронних двигуни типу СДНЗ - 2 -18 -39 -16 потужністю  $P_{\text{ном.д}} = 1000$  кВт кожний (два двигуна знаходяться у резерві).

|            |           |           |  |                   |         |                    |         |
|------------|-----------|-----------|--|-------------------|---------|--------------------|---------|
|            |           |           |  | МР 3.8.141.020 ГЧ |         |                    |         |
| Вид        | Елест     | № докум.  | Підпис   | Дата              | Лист    | Маса               | Масштаб |
| Розробив   | Виконав   | Перевірив | Затвердив  | В. В.             | У       |                    | 1:1000  |
|            |           |           |  |                   | Аркуш 2 | Аркушів 4          |         |
| П. експерт | Виконавця | М.А.      | Проектувальні системи електропостачання та освітлення машинобудівного заводу |                   |         | СумДУ, гр. ЕТ.М-91 |         |
| Виконавця  | М.А.      |           |  |                   |         |                    |         |

ПЛЕП 110 кВ ПЛЕП 110 кВ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- МСЗ – максимальний струмовий захист
- СВ – струмова відсічка
- ЗОЗ – захист від однофазних замикань на землю
- АВР – автоматичне вмикання резерву
- ПЛЕП 110 кВ – повітряна лінія електропередачі напругою 110 кВ

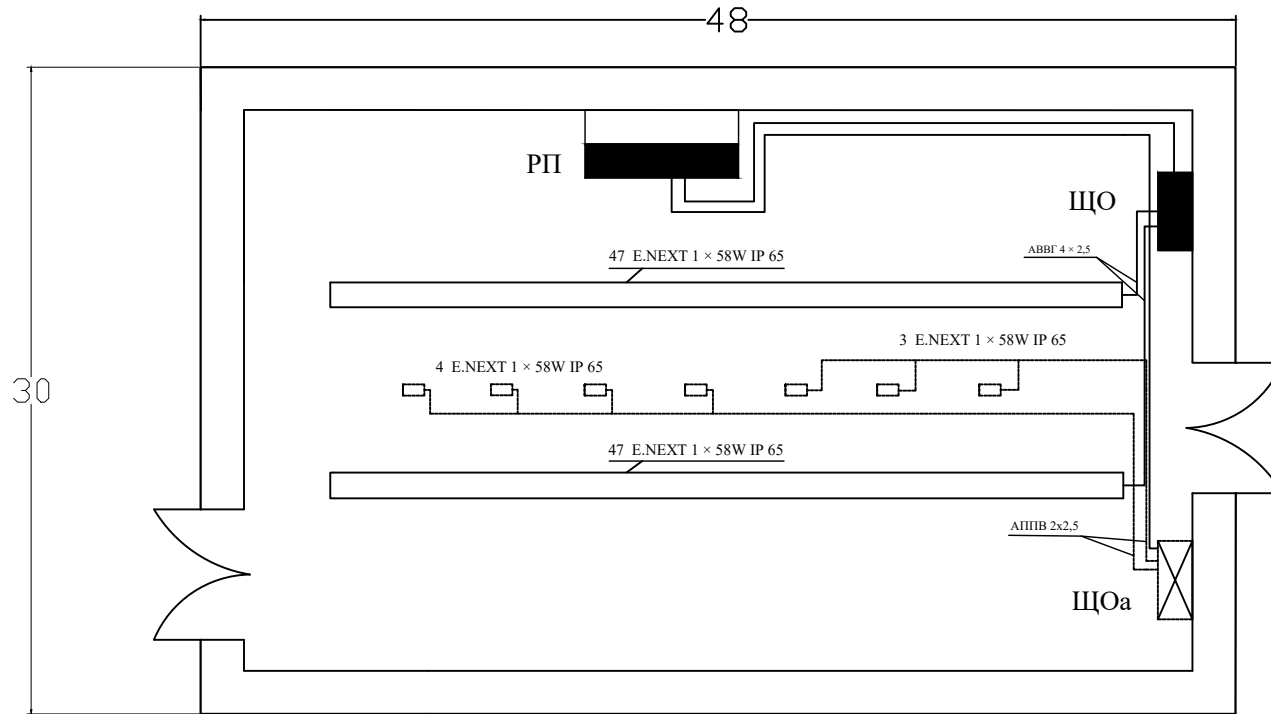


ПП




ПРИМІТКИ:

1. Від шин РП отримують живлення високовольтні електродвигуни типу СДЗ - 2-18-39-16.
2. У комірках відгалужувальних ліній встановлені прилади вимірювань та захисту аналогічні приладам вимірювання та захисту, встановленим в комірці № 15 ГЩП.

|   |              |              |      |  |         |         |  |
|---|--------------|--------------|------|--|---------|---------|--|
|   |              |              |      | МР 3.8.141.020 ГЩ                              |         |         |  |
| Запит   | № докум.     | Видаток      | Дата | Схема електропостачання машинобудівного заводу |         |         |  |
| Лист  | Кориса О. О. | Кориса В. В. |      |  |         |         |  |
| Лист  | Кориса В. В. |              |      | у  | Масо    | Масишин |  |
| Лист  |              |              |      | Архив 2  | Архив 4 |         |  |
| Проектуючий систем електропостачання та освітлення машинобудівного заводу |              |              |      | СумДУ, гр. ЕТ.м -91                            |         |         |  |



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

-  - Розподільчий Пункт
-  - Щиток освітлення
-  - Щиток освітлення аварійний

|             |                  |  |        |                   |         |                    |         |
|-------------|------------------|--|--------|-------------------|---------|--------------------|---------|
|             |                  |  |        | МР 3.8.141.020 ГЧ |         |                    |         |
| Ім'я        | Лист             | № докум.   | Підпис | Дата              | Лист    | Маса               | Масштаб |
| Розробити   | Лавина О.О.      |  |        |                   | у       |                    | 1:1000  |
| Перевірити  | Володимир В.В.   |  |        |                   | Архив-1 | Архив-4            |         |
| І. в.контр. | Григорук М.А.    | Проегування системи екстреного освітлення машинобудівного заводу |        |                   |         | СумДУ, гр. ЕТ.м-91 |         |
| Відвертати  | Кобелецький І.І. |  |        |                   |         |                    |         |