

РОЗДІЛ 1

Розрахунок енергоспоживання цеху заводу по ремонту авіаційних двигунів

1.1. Характеристика електроприймачів цеху

Для охарактеризування електроприймачів цеху необхідні наведені нижче данні :

- а) список електроприймачів цеху (табл. 1.1);
- б) схема запланованого розташування електроустаткування;
- в) необхідна напруга для забезпечення живлення підстанції;
- г) Розподіл електроспоживачів на предмет надійності електропостачання;
- г) період за який відбувається найбільше навантаження тнб;
- д) показники термометра що до діючого теплового показника приміщення Тсер;
- е) струм трифазного КЗ з боку ВН ЦТП Ікз;
- е) необхідна, кількість задіяних людей, та необхідна, тижнева, присутність робітничої сили.

Ураховуючи усі можливі варіанти, які можливо розглянути обираючи номінальну цехову мережеву напругу, серед яких: 3х660 В, 3х380 В і 380/220 В. Варто зупинитися саме на 380/220 В, оскільки даний варіант є найоптимальнішим серед усіх. Такого роду вибір, надає наступні зручні переваги:

- для найросповсюдженіших, на даний момент, ЕУ до 1 кВ, така напруга являється основною;
- застосовується для живлення ЕП від загальних трансформаторів (електродвигуни потужністю від 0,1кВт до 350 кВт, різні однофазні ЕП і ел-чеських освітлення)

□ у більшості випадків, саме на таку напругу спирається виготовлювач, при випуску газорозрядних джерел живлення;

□ при розташуванні КТП в приміщенні цеху і наближення її до ЕП, в такому випадку не має необхідності використовувати 660 В.

Призначення цеху, який буде розглянутий, полягає в ремонті авіаційних двигунів. Він є одним з цехів машинобудівного заводу і ділиться на дві ділянки: штампувальну і висадочну. На кожній і ділянок розташоване штат -не обладнання таке як, наприклад, верстатне. Також в цеху розміщені примі-приміщення для трансформаторної підстанції, вентиляції, зберігання інструментів, кабінет начальника цеху, і побутова кімната. Умови функціонування системи електропостачання цеху:

| | |
|---|------|
| напруга живлення цехової підстанції, кВ..... | 10 |
| категорії споживачів за надійністю електропостачання..... | III |
| час використання найбільшого навантаження T , год..... | 3600 |
| фактична температура навколишнього середовища $T_{сер}$, °C..... | 32 |
| струм трифазного КЗ з боку ВН ЦТП $I_{кз}$, кА..... | 12 |
| кількість змін..... | 2 |
| кількість робочих годин на тиждень для однієї зміни..... | 36 |
| Розміри цеху $A \times B \times H = 60 \times 45 \times 8$ м. Допоміжні приміщення двоповерхові заввишки 3,6 м. | |

Таблиця 1.1

Перелік електроспоживачів цеху по виробництву авіаційних деталей

| Поз. | Назва електроприймача | p_n , кВт | $\cos\varphi$ | κ_3 | κ_6 |
|---------|---------------------------------------|-------------|---------------|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1...5 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 0,74 | 0,8 | 0,7 |
| 6...11 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 0,81 | 0,9 | 0,6 |
| 12...16 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 0,8 | 0,7 | 0,5 |
| 17...21 | Фрезерный Vector 2515 | 5 | 0,86 | 0,9 | 0,9 |
| 22...27 | Фрезерный RCT -2513-6000W | 16.5 | 1 | 0,9 | 0,9 |
| 28...32 | Фрезерный Zemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 0,86 | 0,85 | 0,75 |
| 33...37 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2.2 | 0,81 | 0,8 | 0,7 |

| Поз. | Назва електроприймача | P_{ni} , кВт | $\cos\varphi$ | κ_3 | κ_6 |
|------------------------|---------------------------------------|----------------|---------------|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 38...41 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2,6 | 0,85 | 0,7 | 0,65 |
| 42...44 | Різьбонарізний RemsUnimatZ5 | 2,3 | 1 | 0,9 | 0,9 |
| 45 | Персональний комп'ютер | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,7 |
| 46 | Протипожежна система | 2,5 | 0,8 | 0,75 | 0,6 |
| 47...50 | Вентилятори | 4 | 0,85 | 0,7 | 0,65 |
| Встановлена потужність | | 221,4 | | | |

Надважливао, для адекватної оцінки точки оптимального розміщення Длит-танці, у зв'язку з данним фактом, потрібно провести релльні розрахунки та провести детальний аналіз для вірахування потимальних координат центоу електричних навантажень.. Точка координатного розташування ЦН вираховуються за даними формулами:

$$X_{ц} = \frac{\sum_i P_{ni} x_i}{\sum_i P_{ni}}, \quad (1.1)$$

$$Y_{ц} = \frac{\sum_i P_{ni} y_i}{\sum_i P_{ni}}, \quad (1.2)$$

де P_{ni} – номінальна активна потужність i -го ЕП;

x_i, y_i – координати i -го ЕП.

На основі отриманної інформації, проводиться розрахунок ЦЕ# підприємства:

$$X_{ц} = \frac{5299,45}{221,4} = 24;$$

$$Y_{ц} = \frac{3112,16}{221,4} = 14,1.$$

Комплектні трансформаторні підстанція має розташовуватися в ЦН це-ху, но размещенія ее в центрі електричних навантаженості буде заважаті тих-

технологічну процесу. У конструкції самого цеху передбачена Спеціальне при- міщення відведеній для КТП, отже там вона и буде перебувати. Також необхідно Встановити загородження з вхідніми дверіма для обслуго-вуючого персона- ла підстанцій. У таблиці 1.2 наведені розрахунки координат центру е-них НАВА- НТАЖЕННЯ

Таблиця 1.2

Координати центру електричних навантажень цеху

| № | Найменування ЕП | p_n , кВт | x_i | y_i |
|---|----------------------------------|-------------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 10,4 | 26,2 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---------------------------------------|------|------|------|
| 2 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 16,4 | 26,2 |
| 3 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 22,4 | 26,2 |
| 4 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 28,4 | 26,2 |
| 5 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 34,4 | 26,2 |
| 6 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 40,4 | 21 |
| 7 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 9,9 | 21 |
| 8 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 13,9 | 21 |
| 9 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 17,9 | 21 |
| 10 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 21,9 | 21 |
| 11 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 25,9 | 21 |
| 12 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 32,3 | 20,5 |
| 13 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 36,5 | 20,5 |
| 14 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 40,7 | 20,5 |
| 15 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 44,9 | 20,5 |
| 16 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 2,0 | 15,1 |
| 17 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 4,4 | 15,1 |
| 18 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 9,8 | 14,1 |
| 19 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 14,1 | 14,1 |
| 20 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 20,6 | 15,6 |
| 21 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 29,3 | 15,5 |
| 22 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 29,3 | 15,6 |
| 23 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 39,0 | 16 |
| 24 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 39,0 | 13,3 |
| 25 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 45,0 | 14,5 |
| 26 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 43,0 | 11,9 |
| 27 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 18,0 | 11,3 |
| 28 | ФрезернийZemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 23,2 | 11,3 |
| 29 | ФрезернийZemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 12,4 | 7,7 |
| 30 | ФрезернийZemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 18,6 | 7,7 |
| 31 | ФрезернийZemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 24,8 | 7,7 |
| 32 | ФрезернийZemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 31,0 | 7,7 |
| 33 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2.2 | 37,2 | 7,7 |
| 34 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2.2 | 12,4 | 5,4 |
| 35 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2.2 | 18,6 | 5,4 |
| 36 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2.2 | 24,8 | 5,4 |
| 37 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2.2 | 31,0 | 5,4 |
| 38 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2.6 | 37,2 | 5,4 |
| 39 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2.6 | 7,6 | 3 |
| 40 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2.6 | 12,6 | 2,1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------|---------------------------------------|-----|------|------|
| 41 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2,6 | 18,6 | 2,1 |
| 42 | Різьбонарізний RemsUnimatZ5 | 2,3 | 26,6 | 2,3 |
| 43 | Різьбонарізний RemsUnimatZ5 | 2,3 | 34,9 | 2,6 |
| 44 | Різьбонарізний RemsUnimatZ5 | 2,3 | 38,9 | 2,6 |
| 45 | Персональний комп'ютер | 0,5 | 12,6 | 1,7 |
| 46 | Протипожежна система | 2,5 | 7,8 | 1,2 |
| 47 | Вентилятори | 4,0 | 40,4 | 1 |
| 48 | Вентилятори | 4,0 | 35,9 | 1 |
| 49 | Вентилятори | 4,0 | 43,8 | 1 |
| 50 | Вентилятори | 4,0 | 46,6 | 1 |
| Координати ЦЕН | | | 24,0 | 14,1 |

1.2 Визначення розрахункового силового навантаження цеху

Для створення НАВАНТАЖЕННЯ, Пожалуйста знаходиться На лінії першого рівня ледве-ктропостачання, достаточо задіяті один електроприймач. Тому, для всіх таких приєднань, розрахункову активну p_p , реактивну q_p та повну s_p потужності навантаження визначають за допомогою формул :

$$p_p = k_z p_n ; \quad (1.3)$$

$$q_p = p_p \operatorname{tg} \varphi ; \quad (1.4)$$

$$s_p = \sqrt{p_p^2 + q_p^2} , \quad (1.5)$$

де значення $\operatorname{tg} \varphi$ вираховується за величиною коефіцієнта потужності $\cos \varphi$ наступним чином:

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}[\arccos(\cos \varphi)] . \quad (1.6)$$

Розрахунковий струм I_p приєднання дорівнює:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} \quad (1.7)$$

Результати розрахунків, що описані в попередніх кроках, що вносяться до таб-Лицю. 1.3. Роблячі Висновки, з наведених розрахунків, та отриманий результатів рівностей номінальних сумарний потужного ЕП цеху $P_p = \sum P_p$ одночасно зі примерно-орієнтовним Сумарний значення розрахунок елект-роспоживачів цеху розраховуватимуться $I_{p\Sigma} = \sum I_p$ результати которого приведено в последнего ряду таблиці.

Таблиця 1.3

Розрахункове силове навантаження цеху

| Поз. | Найменування ЕП | P_n , кВт | $\cos\varphi$ | $tg\varphi$ | P_p , кВт | Q_p , кВАр | S_p , кВА | I_p , А |
|------|-----------------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 0,74 | 0,91 | 1,2 | 1,09 | 1.31 | 1,99 |
| 2 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 0,74 | 0,91 | 1,2 | 1,09 | 1.31 | 1,99 |
| 3 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 0,74 | 0,91 | 1,2 | 1,09 | 1.31 | 1,99 |
| 4 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 0,74 | 0,91 | 1,2 | 1,09 | 1.31 | 1,99 |
| 5 | Токарний модель Turner 360x1000W | 1.5 | 0,74 | 0,91 | 1,2 | 1,09 | 1.31 | 1,99 |
| 6 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 0,81 | 0,72 | 1,35 | 0,97 | 1.31 | 1,99 |
| 7 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 0,81 | 0,72 | 1,35 | 0,97 | 1.31 | 1,99 |
| 8 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 0,81 | 0,72 | 1,35 | 0,97 | 1.31 | 1,99 |
| 9 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 0,81 | 0,72 | 1,35 | 0,97 | 1.31 | 1,99 |
| 10 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 0,81 | 0,72 | 1,35 | 0,97 | 1.31 | 1,99 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|---------------------------------------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| 11 | Токарний модель Turner 320x1000WM | 1.5 | 0,81 | 0,72 | 1,35 | 0,97 | 1.31 | 1,99 |
| 12 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 0,8 | 0,75 | 1.05 | 0.79 | 0.83 | 1,26 |
| 13 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 0,8 | 0,75 | 1.05 | 0.79 | 0.83 | 1,26 |
| 14 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 0,8 | 0,75 | 1.05 | 0.79 | 0.83 | 1,26 |
| 15 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 0,8 | 0,75 | 1.05 | 0.79 | 0.83 | 1,26 |
| 16 | Токарний модель Turner 320x1000S | 1.5 | 0,8 | 0,75 | 1.05 | 0.79 | 0.83 | 1,26 |
| 17 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 0,86 | 0,59 | 4,5 | 2,66 | 11.97 | 18.19 |
| 18 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 0,86 | 0,59 | 4,5 | 2,66 | 11.97 | 18.19 |
| 19 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 0,86 | 0,59 | 4,5 | 2,66 | 11.97 | 18.19 |
| 20 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 0,86 | 0,59 | 4,5 | 2,66 | 11.97 | 18.19 |
| 21 | Фрезерний Vector 2515 | 5 | 0,86 | 0,59 | 4,5 | 2,66 | 11.97 | 18.19 |
| 22 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 1 | - | 14.85 | 0,00 | 14.85 | 22,56 |
| 23 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 1 | - | 14.85 | 0,00 | 14.85 | 22,56 |
| 24 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 1 | - | 14.85 | 0,00 | 14.85 | 22,56 |
| 25 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 1 | - | 14.85 | 0,00 | 14.85 | 22,56 |
| 26 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 1 | - | 14.85 | 0,00 | 14.85 | 22,56 |
| 27 | Фрезерний RCT -2513-6000W | 16.5 | 1 | - | 14.85 | 0,00 | 14.85 | 22,56 |
| 28 | Фрезерний Zemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 0,86 | 0,59 | 4 | 2,36 | 9,44 | 14,34 |
| 29 | Фрезерний Zemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 0,86 | 0,59 | 4 | 2,36 | 9,44 | 14,34 |
| 30 | Фрезерний Zemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 0,86 | 0,59 | 4 | 2,36 | 9,44 | 14,34 |
| 31 | Фрезерний Zemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 0,86 | 0,59 | 4 | 2,36 | 9,44 | 14,34 |
| 32 | Фрезерний Zemitech BFM 20 Vazio | 4.7 | 0,86 | 0,59 | 4 | 2,36 | 9,44 | 14,34 |
| 33 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2,2 | 0,81 | 0,72 | 1,76 | 1,27 | 2.24 | 3,40 |
| 34 | | 2,2 | 0,81 | 0,72 | 1,76 | 1,27 | 2.24 | 3,40 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|---------------------------------------|-------|------|------|--------|-------|--------|--------|
| 35 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2,2 | 0,81 | 0,72 | 1,76 | 1,27 | 2,24 | 3,40 |
| 36 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2,2 | 0,81 | 0,72 | 1,76 | 1,27 | 2,24 | 3,40 |
| 37 | Шліфувальний Optimum OPTI grind SM300 | 2,2 | 0,81 | 0,72 | 1,76 | 1,27 | 2,24 | 3,40 |
| 38 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2,6 | 0,85 | 0,62 | 1,82 | 1,13 | 2,06 | 3,13 |
| 39 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2,6 | 0,85 | 0,62 | 1,82 | 1,13 | 2,06 | 3,13 |
| 40 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2,6 | 0,85 | 0,62 | 1,82 | 1,13 | 2,06 | 3,13 |
| 41 | Шліфувальний Optimum OPTI grind GU20S | 2,6 | 0,85 | 0,62 | 1,82 | 1,13 | 2,06 | 3,13 |
| 42 | Різьбонарізний RemsUnimatZ5 | 2,3 | 1 | - | 2,07 | 0,00 | 2,07 | 3,15 |
| 43 | Різьбонарізний RemsUnimatZ5 | 2,3 | 1 | - | 2,07 | 0,00 | 2,07 | 3,15 |
| 44 | Різьбонарізний RemsUnimatZ5 | 2,3 | 1 | - | 2,07 | 0,00 | 2,07 | 3,15 |
| 45 | Персональний комп'ютер | 0,5 | 0,8 | 0,75 | 0,4 | 0,3 | 0,12 | 0,18 |
| 46 | Протипожежна система | 2,5 | 0,8 | 0,75 | 1,88 | 1,41 | 2,65 | 4,03 |
| 47 | Вентилятори | 4 | 0,85 | 0,62 | 2,8 | 1,74 | 3,29 | 5,00 |
| 48 | Вентилятори | 4 | 0,85 | 0,62 | 2,8 | 1,74 | 3,29 | 5,00 |
| 49 | Вентилятори | 4 | 0,85 | 0,62 | 2,8 | 1,74 | 3,29 | 5,00 |
| 50 | Вентилятори | 4 | 0,85 | 0,62 | 2,8 | 1,74 | 3,29 | 5,00 |
| Всього | | 221,4 | - | - | 186,72 | 59,86 | 256,73 | 389,34 |

1.3 Вибір схеми цехової мережі та варіанту конструктивного виконання

Складовою електромережі постачання, що входить у склад устаткування цеху, являється цілий комплекс, що включає в себе новітню апаратуру разом з провідними матеріалами. В такому випадку, обираючи найоптимальніший варіант становлення і використання схем живлення, потрібно враховувати якість разом з тонкощами та особливостями які стосуються роботи ЕО, не зайвим буде прийняти до уваги можливі технічні показники, разом з фінансовими (ТЕП) для усього ком-

плексу СЕП. Цеховісіловіелектричні мережі можуть бути виконані зар з ними схемами з'єднань: радіальною, магістральною, змішаною схемами. Кожна з них должн свої переваги та недоліки, та відрізняються заступенем надійності і ТЕП.

Цехова електромережа, лінії якоєуї розглядаєму в рамках данної дипломної роботи може та буже поділятися на жівлячу и розподільну мережі.. Мережа назі-ваємая жівлячою в рамках проектування являє из себе лайни, шо беруть і відсту-пають від ток назафваних шин НН ЦТП,, так само, я к і шинопровід шинопроводу магістрального алюмінієвого до СРШ, СРП або до ШРА. При підведенні по лігні-ях едектромережіЄ, та постачають енергію електрики на підприємство, направля-ючи її безпосередньо, ні як інакше, як до ЕП, наіменування їх звучить наступним чином: «Розподільна мередда»

На разі, в рамках розглядаємого підприємства, варто зробити вибір у бік ві-конання реалізації ятір підживлення . У разі змішаної схеми - це дозволяє об'єдна-ти переваги радіальної і магістральної схем і позбутися від них недоліків. А у ви-падку з розподільної доцільним буде виконання саме радіа-льно-за того, що ЕП розташовані близько до СРШ, а також це в свою чергу дозволяє забезпечити на-дійність електричної мережі.

Цехова мережа виконана в віглядіблоку трансформатор-магістраль. У такій схемі відсутня РУ на НН КТП, а магістраль підключається безпосередньо до це-хового трансформатора через ввідний автоматичний вимикач. Для рас-ділення електроенергії по окремих електроприймачах встановлюємо чотири силові розпо-дільні шафи: СРШ-2, СРШ-3, СБР-4, СБР-5 і розподільний ши-нопровід ШРА, а для харчування робочої освітлювальної мережі використовувати що..

1.4 Розрахунок освітлювальних навантажень цеху

Встановлено (номінальне) навантаження робочого освітлення цеху визна-ся за формулою:

$$P_{ест.о} = k_{пра} \cdot p_{н.о} \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (1.8)$$

де $k_{пра}$ – коефіцієнт, що враховує потужність пускових приладів в залежності від джерела світла (для ламп типу ДРЛ $k_{пра}=1,35$);

$p_{н.о}$ – питома встановлена потужність загального освітлення цеху;

F - площа цеху.

Почнемо з обчислення площі цеху. Довжина цеху становить 60 метрів, а ширина - 45 метрів. Для цеху вибираємо лампи типу ДРЛ. З табличних даних

$$p_{н.о} = 11 \text{ Вт/м}^2.$$

Площа цеху:

$$F = 60 \cdot 45 = 2700 \text{ м}^2.$$

Отже, номінальне НАВАНТАЖЕННЯ робочого освітлення цеху є наступна:

$$P_{вст.о} = 1,35 \cdot 11 \cdot 2700 \cdot 10^{-3} = 40,1 \text{ кВт}.$$

Сумарні активна $P_{р.о}$, реактивна $Q_{р.о}$ та повна $S_{р.о}$ потужності робочого освітлювального навантаження цеху визначаються формулами:

$$P_{р.о} = K_{н.о} P_{вст.о}; \quad (1.9)$$

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \cdot \text{tg} \varphi_o; \quad (1.10)$$

$$S_{р.о} = \sqrt{P_{р.о}^2 + Q_{р.о}^2}. \quad (1.11)$$

Для нашого приміщення приймаємо $K_{н.о} = 0,95$.

Отже сумарна активна потужність освітлювального навантаження буде до-рівнювати:

$$P_{p.o} = 0,95 \cdot 40,1 = 38,1 \text{ кВт.}$$

Для люмінесцентних ламп високого тиску типу ДРЛ $\cos\phi_o = 0,95$. Скориставшись формулою (1.6) $\text{tg}\phi_o = 0,33$.

Отже,

$$Q_{p.o} = 38,1 \cdot 0,33 = 12,6 \text{ кВАр.}$$

Повна потужність робочого освітлення:

$$S_{p.o} = \sqrt{38,1^2 + 12,6^2} = 40,12$$

Розрахунковий струм $I_{p.o}$ робочого освітлювального навантаження:

$$I_{p.o} = \frac{40,12}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 60,1 \text{ А.}$$

Розрахункова активна і реактивна потужності аварійного освітлення приймаються на рівні 10% від робочого освітлення:

$$P_{p.a.o} = 0,1 \cdot P_{p.o}; \quad (1.12)$$

$$Q_{p.a.o} = 0,1 \cdot Q_{p.o}. \quad (1.13)$$

Отже,

$$P_{p.a.o} = 0,1 \cdot 38,1 = 3,81 \text{ кВт;}$$

$$Q_{p.a.o} = 0,1 \cdot 12,6 = 1,3 \text{ кВАр.}$$

Розрахункові потужності освітлення території навколо цеху приймаються 10% від робочого освітлення:

$$P_{p.a.o} = 0,1 \cdot P_{p.o}; \quad (1.14)$$

$$Q_{p.a.o} = 0,1 \cdot Q_{p.o} . \quad (1.15)$$

Тоді потужність освітлення території:

$$P_{p.a.o} = 0,1 \cdot 38,1 = 3,81 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.a.o} = 0,1 \cdot 12,6 = 1,3 \text{ кВАр}.$$

1.5 Визначення сумарних навантажень цеху

Сумарні розрахункові навантаження цеху дорівнюють сумі відповідних розрахункових потужного силового и освітлювального навантаження:

$$P_{p\Sigma} = P_p + P_{p.o} + P_{p.a.o} + P_{p.m.o} ; \quad (1.16)$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_p + Q_{p.o} + Q_{p.a.o} + Q_{p.m.o} . \quad (1.17)$$

де P_p , Q_p - сумарні розрахункові активний і реактивний силові навантаження цеху, значення яких зазначено в стовпці 10 і 11 в таблиці 1,4.

Розрахунково активно Потужність навантаження ПРИ обчислюють за формулою:

$$P_p = K_p \cdot \sum_i k_{Bi} P_{ni} , \quad (1.18)$$

де K_p - коефіцієнт розрахункового навантаження;

$\sum_i k_{Bi} P_{ni}$ - підсумок за стовпчиком 7.

$$P_p = K_p \cdot \sum_i k_{Bi} P_{ni} , \quad (1.19)$$

Розрахункову реактивну потужність Q_p навантаження ПРЕ (обчислюють згідно залежності:

$$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_i k_{Bi} P_{ni} \operatorname{tg} \alpha_i, n_e \leq 10; \\ \sum_i k_{Bi} P_{ni} \operatorname{tg} \alpha_i, n_e > 10, \end{cases} \quad (1.20)$$

де $\sum_i k_{Bi} P_{ni} \operatorname{tg} \alpha_i$ - підсумок стовпчика 8.

Отже

$$P_{p\Sigma} = 183,4 + 38,1 + 3,8 + 3,8 = 229,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = 57,2 + 12,6 + 1,3 + 1,3 = 72,4 \text{ кВАр}.$$

Сумарне повне навантаження цеху обчислюється так:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} . \quad (1.21)$$

Отже,

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{229,1^2 + 72,4^2} = 240,3$$

Сумарний розрахунковий струм цеху:

$$I_{p\Sigma} = \frac{240,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 365,1$$

Таблиця 1.4

| Найменування ЕП | льк сть | ть од- га- | льна P_H | єнт ви- | $tg\varphi$ | Розрахун- кова вели- чина | хун- ко- | Розрахунко- ва потуж- ність |
|-----------------|------------|------------------|---------------|------------|-------------|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|
|-----------------|------------|------------------|---------------|------------|-------------|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|

Результати визначення сумарних навантажень цеху

| | | | | | | $k_B * P_H$ | $k_B * P_H * tg\varphi$ | | Активна P_p кВт | Реактивна Q_p кВАр |
|------------------------|---|------|------|------|------|-------------|-------------------------|---|-------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Turner 360x1000W | 5 | 1,5 | 7,5 | 0,7 | 0,91 | 5,25 | 4,7 | 1 | - | - |
| Turner 320x1000WM | 6 | 1,5 | 9 | 0,6 | 0,72 | 5,4 | 3,9 | - | - | - |
| Turner 320x1000S | 5 | 1,5 | 7,5 | 0,5 | 0,75 | 3,75 | 2,8 | - | - | - |
| Vector 2515 | 5 | 5 | 25 | 0,9 | 0,59 | 22,5 | 13,3 | - | - | - |
| RCT -2513-6000W | 5 | 16,5 | 82,5 | 0,9 | 0 | 74,3 | 0 | - | - | - |
| Zemitech BFM 20 Vazio | 5 | 4,7 | 23,5 | 0,75 | 0,59 | 17,6 | 10,4 | - | - | - |
| OPTI grind SM300 | 5 | 2,2 | 11 | 0,7 | 0,72 | 7,7 | 5,5 | - | - | - |
| OPTI grind GU20S | 4 | 2,6 | 10,4 | 0,65 | 0,62 | 6,8 | 4,2 | - | - | - |
| RemsUnimatZ5 | 3 | 2,3 | 6,9 | 0,9 | 0 | 14,4 | 0 | - | - | - |
| Персональний комп'ютер | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,75 | 0,35 | 0,26 | - | - | - |
| Протипожежна система | 1 | 2,5 | 2,5 | 0,6 | 0,75 | 1,5 | 1,12 | - | - | - |
| Вентилятори | 4 | 4 | 16 | 0,65 | 0,62 | 10,4 | 6,44 | - | - | - |
| Робоче освітлення | - | - | - | - | - | - | - | - | 21,44 | 7,05 |
| Аварійне освітлення | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,14 | 0,70 |
| Освітлення території | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,14 | 0,70 |
| Разом по цеху | | | | | | | | 1 | 183,4 | 57,2 |

1.6 Компенсація реактивних навантажень

При вирішенні вопросам компенсації реактивної НАВАНТАЖЕННЯ основними по-завдання є визначення потужності компенсуючого пристроїв и вибір місця їх установки в цеху [2, с. 78-86].

Найбільша реактивна Потужність, якові можна передаваті через Цехові трансформатори в ятір до 1 кВ, візначається за такою формулою:

$$Q_{\max T} = \sqrt{(N \cdot S_H \cdot k_3)^2 - P_{p\Sigma}^2} \quad (1.34)$$

Причем, если величина під коренем є від'ємною, то приймають $Q_{\max T} = 0$.

Потужність низьковольтної конденсаторної установки визначаються за формулою:

$$Q_{нк} = Q_{p\Sigma} - Q_{\max T} \quad (1.35)$$

У нашому випадка Потужність низьковольтної конденсаторної установки (відповідно до 1.34):

$$Q_{\max T} = \sqrt{(1 \cdot 250 \cdot 0,9)^2 - 180,23^2} = 134,69 \text{ кВАр.}$$

Потужність низьковольтної конденсаторної установки тоді:

$$Q_{нк} = 95,74 - 134,69 = -38,95 \text{ кВАр.}$$

У випадка Отримання значення $Q_{нк} < 0$, приймаємо $Q_{нк} = 0$, робимо Висновок, что у монтажу компенсаторів что встановлюється зі сторони, де напруга найнижча, немає необхідності. Оскільки трансформатори. Тому, що трансформатори вибраної потужності можуть Пропустити всю реактивно Потужність зі сторони високої напруги у ятір НН.

РОЗДІЛ 2

Вибір устаткування та обладнання цехової мережі

2.1 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової підстанції

Для досягнення найбільш ефективного та об'єктивного вибору одно- або двотрансформаторних ЦТП, необхідно обов'язково прийняти до уваги факт наявності величини розрахункового навантаження підприємства, необхідні норми, продиктовані ПУЕ для того, щоб забезпечити максимально безперебійну та надійну роботу електроприймачів [2, с.76-78].

Проведення вирахування питомої густини навантаження здійснюється за даною формулою:

$$S_{num} = \frac{S_{p\Sigma}}{F}. \quad (2.1)$$

де $S_{p\Sigma}$ – загальне навантаження, що являється в цеху,

F - площа цеху.

Якщо $S_{num} > 0,4$ кВА/м², то доцільно застосовувати двотрансформаторні підстанції.

Питома густина навантаження:

$$S_{num} = \frac{240.3}{2700} = 0,09 \text{ кВА/м}^2.$$

Оскільки $S_{num} = 0,14$, то більш раціональним буде використання однострансформаторної підстанції (N=1).

Повна номінальна розрахункова потужність цехових трансформаторів визначається за формулою:

$$S_{н.т.р} = \frac{P_{p\Sigma}}{Nk_3}, \quad (2.2)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження (для електроприймачів категорії III: $k_3 = 0,9 \div 0,95$)

Номінальна потужність трансформатора S_n обирається зі стандартного ряду [2, с.239, табл.Л1], за умови $S_n \geq S_{н.т.р}$.

Отже,

$$S_{н.т.р} = \frac{240,03}{1,095} = 252,94$$

З таблиці Л.1 [с.239] вибираємо ТМЗ-250/10. Значення його параметрів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні дані трансформатора

| Тип трансформатора | Напруга, кВ | | Втрати, кВт | | Номінальна потужність S_n , кВА | Напруга КЗ, % | Струм ХХ, % |
|----------------------|-------------|-----|-------------|-------------|-----------------------------------|---------------|-------------|
| | ВН | НН | ХХ P_{xx} | КЗ $P_{кз}$ | | | |
| ТМЗ-250/10/0,4 УЗ | 10 | 0,4 | 0,74 | 3,7 | 250 | 4,5 | 2,3 |

Загальний результат розрахунку навантаженості для трансформаторної підстанції и Вибори потужності трансформаторів представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Результат розрахунку навантаженості для трансформаторної підстанції

| Найменування цеху | $\cos\varphi / tg\varphi$ | Розрахункове навантаження | | | Кількість та потужність трансформаторів, шт/кВА |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---|
| | | $P_{p\Sigma}$, кВт | $Q_{p\Sigma}$, кВАр | $S_{p\Sigma}$, кВА | |

| | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-------|------|--------|-------|
| Цех з виробництва авіадеталей | 0,95/0,33 | 183,4 | 57,2 | 240,03 | 1/250 |
|-------------------------------|-----------|-------|------|--------|-------|

На рисунку 2.1 представлено загальний вигляд вибраного трансформатора.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд трансформатора TMZ-250/10/0,4 У3

2.2 Вибір перерізу провідників цехової мережі до 1 кВ

Допустимий тривалий струм $I_{дон}$ (з врахуванням умов прокладання) обчислюється за формулою:

$$I''_{дон} = K_{сер} K_{пр} K_{нопр} I_{дон}, \quad (2.3)$$

де - поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що лежать поруч [2с.243, табл.М5];

$$= 0,92 [2с.246];$$

- поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, про-чіслюється наступним чином:

$$, (2.4)$$

де - нормована тривало допустима температура жив, обирається відповідно до [2с.242];

- фактична температура навколишнього середовища;

$$= 25^{\circ} \text{C} - \text{нормована температура середовища.}$$

При виконанні умови:

$$I_{\text{доп}}'' > I_n. \quad (2.5)$$

Избран Попередньо кабель приймається за умови нагріву.

Для кабелю марки АВВГ з ПВХ ізоляцією зтабл. 4.1 [2, с.90] нормована тривало допустима температура жили = 80°C , нормована температура середо-вища при прокладці в повітрі = 25°C .

Тоді поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища-ща:

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{80-32}{80-25}} = 0,93 .$$

Фактичні активний і реактивний опори кабелю визначають по залі-жності:

$$R_{кб} = r_n \cdot l_{кб}; \quad (2.6)$$

$$X_{кб} = x_n \cdot l_{кб}. \quad (2.7)$$

Перевірка кабелю по втраті напруги здійснюється за формулою (стовпчик 14):

$$\Delta U_{кб} = \frac{P_p \cdot R_{кб} + Q_p \cdot X_{кб}}{10 \cdot U_H^2}, \% \quad (2.8)$$

де - розрахункові активна і реактивна потужності навантаження ПРЕ, кВт і квар;
 - номінальна напруга, кВ.

якщо значення $\Delta U_{кб}$ не перевищує допустимої (5%), то перетин кабелю обраний правильно.

При прокладанні кабелю Всередині приміщення цеху поправочний коефіцієнт = 1. Розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання Лінії, жи-вить ШРАІр1 = 56,67 А.

З таблиці М.9 Додатки М [2с.246] для трьохжильного кабелю при Про-кладані нижчих в землі зі Стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 35 \text{ мм}^2$ до-допустимих ток для стандартних умов $I_{доп} = 75 \text{ А}$.

тоді:

$$I_{доп}'' = 0,93 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 75 = 64,46 \text{ А}.$$

Таким чином Умова виконується.

З таблиці М.11 Додатки М [2с. 248] для кабелю зі Стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 35 \text{ мм}^2$ приймаються Такі питомі опору: $r_p = 0,894 \text{ мОм} / \text{ м}$, $x_p = 0,088 \text{ мОм} / \text{ м}$. Довжина кабелю $l_{кб} = 15 \text{ м}$.

Тоді:

$$R_{np} = 0,894 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,0134 \text{ Ом};$$

$$X_{np} = 0,088 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,0013 \text{ Ом}.$$

Тоді втрата напруги в кабелі:

$$\Delta U_{кб} = \frac{28,74 \cdot 0,0134 + 23,77 \cdot 0,0013}{10 \cdot 0,38^2} = 0,29 \%$$

Величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої $\Delta U_{кб} = 0,29 < 5\%$

, то перетин кабелю избран правильно.

Таким чином вибирається чотирьохжильний кабель АВВГ (3 × 35 + 1 × 6).

Розрахунок других кабелів проводимо аналогічно. Результати розрахункової ков вносяться в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Переріз провідників живлячої мережі напругою до 1 кВ

| Кабель до ПРЕ | $I_p, \text{ А}$ | $P_p, \text{ кВт}$ | $Q_p, \text{ кВАр}$ | $I_{доп}, \text{ А}$ | $I'_{доп}, \text{ А}$ | $S, \text{ мм}^2$ | Тип кабелю | $L_{кб}, \text{ км}$ | $r_n, \text{ Ом/км}$ | $x_n, \text{ Ом/км}$ | $R_{кб}, \text{ Ом}$ | $X_{кб}, \text{ Ом}$ | $dU_{кб}, \%$ |
|---------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| До ПРЕ1 | 56,67 | 28,74 | 23,77 | 75 | 64,46 | 35 | АВВГ 3х35 | 0,015 | 0,894 | 0,088 | 0,0134 | 0,0013 | 0,29 |
| До ПРЕ2 | 83,70 | 46,49 | 24,96 | 135 | 116,03 | 70 | АВВГ 3х70 | 0,031 | 0,447 | 0,082 | 0,0139 | 0,0025 | 0,49 |
| До ПРЕ3 | 118,36 | 67,63 | 38,67 | 165 | 141,81 | 95 | АВВГ 3х95 | 0,01 | 0,329 | 0,081 | 0,0033 | 0,0008 | 0,18 |
| До ПРЕ4 | 164,69 | 94,57 | 52,95 | 200 | 171,89 | 120 | АВВГ 3х120 | 0,008 | 0,261 | 0,08 | 0,0021 | 0,0006 | 0,16 |
| До ПРЕ5 | 114,29 | 63,41 | 35,88 | 135 | 116,03 | 70 | АВВГ 3х70 | 0,026 | 0,447 | 0,082 | 0,0116 | 0,0021 | 0,56 |
| До ЩРО | 35,74 | 22,35 | 7,34 | 46 | 39,54 | 6 | АВВГ 3х6 | 0,022 | 3,12 | 0,099 | 0,0686 | 0,0022 | 1,07 |
| До ЩАО | 3,25 | 2,03 | 0,67 | 29 | 24,92 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | - | 12,5 | 0,116 | - | - | - |

Шинопроводи ШРА вибирають по розрахункових Струм етічні Нава-Тажен ня. Номінальний струм шинопровода винен задовольняті така умо-ва:

$$I_{н.ШРА} > I_p \cdot \quad (2.9)$$

Приймаємо до встановлення один розподільний шинопровід типу ШРА4-100-44-1У3.

$$I_{н.ШРА} = 100 \text{ A} > I_p = 56,67 \text{ A} \cdot$$

Результати вибору приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Тип шинопроводу

| Позначення Шинопроводу | $I_p, \text{ A}$ | $I_{н.ШРА}, \text{ A}$ | Тип шинопроводу | $P_p, \text{ кВт}$ | $Q_p, \text{ кВАр}$ | $l_{ш}, \text{ км}$ | $r_{ш}, \text{ Ом/км}$ | $x_{ш}, \text{ Ом/км}$ | $R_{ш}, \text{ Ом}$ | $X_{ш}, \text{ Ом}$ |
|------------------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| ШРА1 | 56,67 | 100 | ШРА4-100-44-1У3 | 28,74 | 23,77 | 0,014 | 0,21 | 0,21 | 0,00336 | 0,00336 |

2.3 Вибір перерізу розподільчої мережі напругою до 1 кВ цеху

Номінальний струм I_n ЕП обраховують за формулою:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta}, \quad (2.10)$$

де η - номінальний коефіцієнт корисної дії ЕП (при відсутності фактичних значень к-пускається прийняти $\eta=1$).

Розраховується допустимий тривалий струм $I_{доп}$ з урахуванням умов прокладки:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} K_{\text{пр}} I_{\text{доп}}, \quad (2.11)$$

де $K_{\text{пр}}$ - поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що лежать поруч;

поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, обчислюється згідно з (1.37).

Попередньо обраний кабель проходить за умовами нагріву при виконанні умови

$K_{\text{сер}}$ - поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що лежать поруч;

поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, обчислюється згідно з (1.37).

Попередньо обраний кабель проходить за умовами нагріву при виконанні умови:

$$I'_{\text{доп}} > I_n. \quad (2.12)$$

Поправочний коефіцієнт становить $K_{\text{пр}}=1$ за умови прокладки проводу всередині приміщення цеху в сталевих трубах.

Для електротермічної установки №1 $\cos \varphi=0,74$, ККД приймається $\eta=1$.

Тоді номінальний струм електротермічної установки №1:

$$I_n = \frac{2,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,74 \cdot 1} = 4,52 \text{ А.}$$

З таблиці М.10 додатки М [2с.248] для трьох одножильних проводів, прокладених в одній трубі, для стандартного перетину $S_{\text{ст}} = 2,5 \text{ мм}^2$ допустимий струм для стандартних умов $I_{\text{доп}} = 29 \text{ А}$. Допустимий струм з урахуванням умов навколишнього середовища і умов прокладки:

$$I'_{\text{доп}} = 1 \cdot 0,88 \cdot 29 = 26,97 \text{ А.}$$

Здійснюємо перевірку.

$$I'_{дон} = 26,97 > I_n = 4,52 \text{ А.}$$

Отже, Умова виконується. Умова механічної міцності також виконується ($2,5\text{мм}^2 = 2,5 \text{ мм}^2$).

З таблиці М.11 Додатки М [2с. 248] для проводу зі Стандартним пере-зом стру- мопровідної жили $S_{ст} = 2,5 \text{ мм}^2$ приймаються Такі питомі опору: $r_n = 12,5 \text{ мОм} / \text{м}$, $x_n = 0,116 \text{ мОм} / \text{м}$. Довжина кабелю до ЕП №1 $L_{пр} = 14 \text{ м}$. Тоді:

$$R_{пр} = 12,5 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,175 \text{ Ом};$$

$$X_{пр} = 0,116 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,001624 \text{ Ом.}$$

Таким чином вибираємо провід АВВГ (3х2,5). Перетин проводів розподільчої мережі в других ЕП вибираємо аналогічно.

Результати розрахунків зводимо в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Переріз провідників розподільчої мережі напругою до 1 кВ

| № обладнання на плані цеху | P_n , кВт | I_n , А | $I'_{дон}$, А | $I'_{дон}$, А | s , мм ² | Тип кабелю | $L_{кб}$, км | r_n , мОм/км | x_n , мОм/км | $R_{кб}$, Ом | $X_{кб}$, Ом |
|----------------------------|-------------|-----------|----------------|----------------|-----------------------|------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 2,2 | 4,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | 0,014 | 12,5 | 0,116 | 0,175 | 0,00162 |
| 2 | 2,2 | 4,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | 0,008 | 12,5 | 0,116 | 0,1 | 0,000928 |
| 3 | 2,2 | 4,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | 0,005 | 12,5 | 0,116 | 0,0625 | 0,00058 |
| 4 | 2,2 | 4,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | 0,002 | 12,5 | 0,116 | 0,0125 | 0,000116 |
| 5 | 2,2 | 4,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | 0,004 | 12,5 | 0,116 | 0,05 | 0,000464 |
| 6 | 2,2 | 4,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | 0,008 | 12,5 | 0,116 | 0,1 | 0,000928 |
| 7 | 4,5 | 8,44 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3х2,5 | 0,013 | 12,5 | 0,116 | 0,1625 | 0,001508 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----|------|----|-------|-----|------------|-------|------|-------|--------|----------|
| 8 | 4,5 | 8,44 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,009 | 12,5 | 0,116 | 0,1125 | 0,001044 |
|---|-----|------|----|-------|-----|------------|-------|------|-------|--------|----------|

Продовження табл.2.5

| | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-------|----|-------|-----|------------|-------|------|-------|---------|----------|
| 9 | 4,5 | 8,44 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,007 | 12,5 | 0,116 | 0,0875 | 0,000812 |
| 10 | 4,5 | 8,44 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,004 | 12,5 | 0,116 | 0,05 | 0,000464 |
| 11 | 4,5 | 8,44 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,002 | 12,5 | 0,116 | 0,0125 | 0,000116 |
| 12 | 3 | 5,70 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,002 | 12,5 | 0,116 | 0,025 | 0,000232 |
| 13 | 3 | 5,70 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,004 | 12,5 | 0,116 | 0,0375 | 0,000348 |
| 14 | 3 | 5,70 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,007 | 12,5 | 0,116 | 0,0875 | 0,000812 |
| 15 | 3 | 5,70 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,012 | 12,5 | 0,116 | 0,15 | 0,001392 |
| 16 | 14 | 25,02 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,009 | 7,81 | 0,102 | 0,07029 | 0,000918 |
| 17 | 14 | 25,02 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,006 | 7,81 | 0,102 | 0,04686 | 0,000612 |
| 18 | 4 | 6,08 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,007 | 12,5 | 0,116 | 0,0875 | 0,000812 |
| 19 | 5 | 8,83 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,01 | 12,5 | 0,116 | 0,125 | 0,00116 |
| 20 | 8,2 | 14,16 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,016 | 12,5 | 0,116 | 0,2 | 0,001856 |
| 21 | 22 | 39,32 | 46 | 42,78 | 6 | АВВГ 3x6 | 0,02 | 3,12 | 0,099 | 0,0624 | 0,00198 |
| 22 | 22 | 39,32 | 46 | 42,78 | 6 | АВВГ 3x6 | 0,024 | 3,12 | 0,099 | 0,07488 | 0,002376 |
| 23 | 5 | 7,60 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,002 | 12,5 | 0,116 | 0,0125 | 0,000116 |
| 24 | 5 | 7,60 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,003 | 12,5 | 0,116 | 0,0375 | 0,000348 |
| 25 | 4 | 7,07 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,01 | 12,5 | 0,116 | 0,125 | 0,00116 |
| 26 | 7,5 | 11,40 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,004 | 12,5 | 0,116 | 0,05 | 0,000464 |
| 27 | 15 | 28,49 | 38 | 35,34 | 4 | АВВГ 3x4 | 0,015 | 3,12 | 0,099 | 0,0468 | 0,001485 |
| 28 | 5,2 | 7,90 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,02 | 12,5 | 0,116 | 0,25 | 0,00232 |
| 29 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,004 | 12,5 | 0,116 | 0,05 | 0,000464 |
| 30 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,009 | 12,5 | 0,116 | 0,1125 | 0,001044 |
| 31 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,014 | 12,5 | 0,116 | 0,175 | 0,001624 |
| 32 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,019 | 12,5 | 0,116 | 0,2375 | 0,002204 |
| 33 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,024 | 12,5 | 0,116 | 0,3 | 0,002784 |
| 34 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,004 | 12,5 | 0,116 | 0,05 | 0,000464 |
| 35 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,009 | 12,5 | 0,116 | 0,1125 | 0,001044 |
| 36 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,014 | 12,5 | 0,116 | 0,175 | 0,001624 |
| 37 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,019 | 12,5 | 0,116 | 0,2375 | 0,002204 |
| 38 | 1,8 | 3,18 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,024 | 12,5 | 0,116 | 0,3 | 0,002784 |
| 39 | 2,2 | 3,89 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,02 | 12,5 | 0,116 | 0,25 | 0,00232 |
| 41 | 2,4 | 4,24 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,015 | 12,5 | 0,116 | 0,1875 | 0,00174 |
| 43 | 2,4 | 4,24 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,01 | 12,5 | 0,116 | 0,125 | 0,00116 |
| 44 | 7,5 | 14,24 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,003 | 12,5 | 0,116 | 0,025 | 0,000232 |
| 45 | 0,8 | 1,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,005 | 12,5 | 0,116 | 0,0625 | 0,00058 |
| 46 | 0,8 | 1,52 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,008 | 12,5 | 0,116 | 0,1 | 0,000928 |
| 47 | 4 | 7,15 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,01 | 12,5 | 0,116 | 0,125 | 0,00116 |
| 48 | 4 | 7,15 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,015 | 12,5 | 0,116 | 0,125 | 0,001044 |
| 49 | 4 | 7,15 | 29 | 26,97 | 2,5 | АВВГ 3x2,5 | 0,007 | 12,5 | 0,116 | 0,15 | 0,00198 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|------|----|-------|-----|------------|-------|------|-------|------|----------|
| 50 | 4 | 7,15 | 29 | 26,97 | 2,5 | ABBГ 3x2,5 | 0,012 | 12,5 | 0,116 | 0,15 | 0,001392 |
|----|---|------|----|-------|-----|------------|-------|------|-------|------|----------|

2.4 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою до 1 кВ

Для розрахунків струмів КЗ складається розрахункова схема мережі, являє собою спрощену однолінійну схему, на якій вказуються всі елементи мережі і їх параметри, які впливають на струм КЗ.

Індуктивний опір джерела живлення визначається за формулою:

$$Z_C = X_C = \frac{U_{\text{ном.серНН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.ВН}} \cdot U_{\text{ном.серВН}}}, \quad (2.13)$$

де $U_{\text{ном.серНН}}$ - середня номінальна напруга НН обмотки трансформатора;

$U_{\text{ном.серВН}}$ - середня напруга ступеня мережі, де відбулося КЗ;

$I_{\text{к.з}}$ - струм трифазного КЗ з боку ВН ЦТП.

З наших вихідних даних: $U_{\text{с.н}} = 10,5$ кВ, а $I_{\text{КЗ}} = 12$ кА. Трансформатор типу ТМЗ-250/10: $S_{\text{ном.т.}} = 250$ кВА.

Отже,

$$Z_C = X_C = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 12} = 19,2 \text{ мОм}$$

Для розрахунку струмів короткого замикання визначаємо опір окремих ділянок мережі на ступені 0,4 кВ. Для цього потрібно визначити опори для трансформатора, кабельних ліній, розподільних пунктів і автоматів.

Так для визначення опору прямої послідовності трансформатора, мОм, визначаються наступним чином:

- активний опір: $R_T = \frac{P_{\text{к.ном}} \cdot U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}^2} 10^6$; (2.14)

- реактивний опір

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\text{к.ном}}}{S_{\text{ном.Т}}} \right)^2} \frac{U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}} 10^4; \quad (2.15)$$

де $P_{к.ном}$ - номінальні втрати к.з. у трансформаторі, кВт;

$U_{ном.НН}^2$ - номінальна напруга обмоток низької напруги трансформатора, кВ;

$S_{ном.Т}^2$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Відповідно опір трансформатора ТМЗ-250/10:

$$R_T = \frac{3,7 \cdot 0,4^2}{250^2} \cdot 10^6 = 9,5 \text{ мОм},$$

$$X_T = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 3,7}{250}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^4 = 2,5 \text{ мОм}.$$

З таблиці Н.1 [2, додаток Н] для автомата:

QF1 (ВА55-39) приймається $R_{a1} = 0,65 \text{ мОм}$, $X_{a1} = 0,17 \text{ мОм}$;

QF2 (ВА55-34) приймається $R_{a2} = 1,1 \text{ мОм}$; $X_{a2} = 0,5 \text{ мОм}$.

З таблиці Н.2 [2, додаток Н] для ТЗ (ТА 1) з коефіцієнтом трансформації 1000/5 для класу точності 1 становить $R_{ТА1} = 0,05 \text{ м}$, $X_{ТА1} = 0,07 \text{ мОм}$, і для ТЗ (ТА2) 300/5 для класу точності 1 - $R_{ТА1} = 0,02 \text{ м}$, $X_{ТА1} = 0,03 \text{ м}$.

Опір розподільного шинопровода:

$$R_{ШРА} = r_0 \cdot L_{ШРА}; \quad (2.16)$$

$$X_{ШРА} = x_0 \cdot L_{ШРА}; \quad (2.17)$$

Опір ШРА4-100-44-1У3:

$$R_{ШРА} = r_0 \cdot L_{ШРА} = 0,21 \cdot 16 = 3,36 \text{ мОм},$$

$$X_{ШРА} = x_0 \cdot L_{ШРА} = 0,21 \cdot 16 = 3,36 \text{ мОм}.$$

Виходячи з даних табл. 2.5:

- для кабелю до ПРЄ 5 опори такі: $X_{кл1} = 11,6$ мОм, $R_{кл1} = 2,1$ мОм;
- для кабелю до ПРЄ 2 опори такі: $X_{кл2} = 3,3$ мОм, $R_{кл2} = 0,8$ мОм;
- для кабелю до ШРА опори такі: $X_{кл3} = 13,41$ мОм, $R_{кл3} = 1,3$ мОм;
- для кабелю до ЕП №1 опори такі: $X_{кл4} = 175$ мОм, $R_{кл4} = 1,6$ мОм;

Розрахункова схема і схема заміщення, в якій показуємо окремі елементи схеми у вигляді активного і реактивного опорів, наведена на рис. 1.2.

Визначення струму трифазного КЗ в точці К1.

Якщо потужність трифазного КЗ $S_{кн}$ на шинах ВН $S_{к} > 50S_{ном.т}$, то опором системи і поживних високовольтних ліній електропередачі (ЛЕП) можна знехувати.

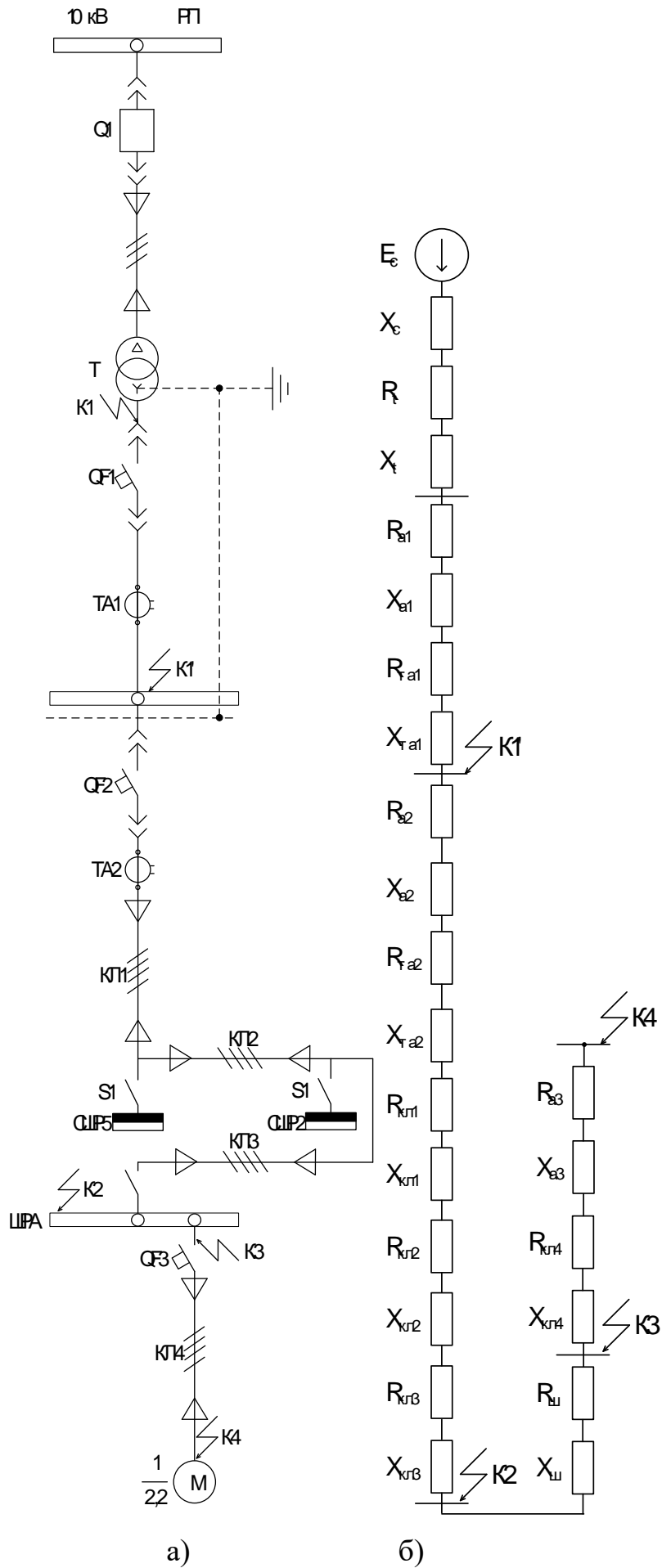


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема а) та схема заміщення б) для розрахунку к.з.

Сумарні опори щодо точки К1 визначаються так:

$$R_{\Sigma K1} = R_T, \quad (2.18)$$

$$R_{\Sigma K1} = 9,5 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma K1} = X_T + X_c, \quad (2.19)$$

$$X_{\Sigma K1} = 2,5 + 19,2 = 21,7 \text{ мОм},$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2}, \quad (2.20)$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{9,5^2 + 21,7^2} = 23,7 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1}}, \quad (2.21)$$

$$I_{K1(0)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 23,7} = 9,74 \text{ кА}.$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці К1 ':

Сумарні опори відносно точки К1 ' визначаються так:

$$R_{\Sigma K1'} = R_{\Sigma K1} + R_{a1} + R_{TA1} + R_K, \quad (2.22)$$

$$R_{\Sigma K1'} = 9,47 + 0,65 + 0,05 + 15 = 25,17 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma K1'} = X_{\Sigma K1} + X_{a1} + X_{TA1}, \quad (2.23)$$

$$X_{\Sigma K1'} = 21,7 + 0,05 + 0,17 = 21,96 \text{ мОм},$$

$$Z_{\Sigma K1'} = \sqrt{R_{\Sigma K1'}^2 + X_{\Sigma K1'}^2}, \quad (2.24)$$

$$Z_{\Sigma K1'} = \sqrt{25,2^2 + 21,96^2} = 33,4 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{K1'(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1'}}, \quad (2.25)$$

$$I_{K1'(0)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 33,4} = 6,91 \text{ кА}$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці К2:

Сумарні опори відносно точки К2 визначаються наступним чином:

$$R_{\Sigma K2} = R_{\Sigma K1'} + R_{a2} + R_{TA2} + R_{кл1} + R_{кл2} + R_{кл3}, \quad (2.26)$$

$$R_{\Sigma K2} = 25,17 + 1,1 + 0,7 + 11,6 + 3,3 + 13,41 = 54,79 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma K2} = X_{\Sigma K1'} + X_{a2} + X_{TA1} + X_{кл1} + X_{кл2} + X_{кл3}, \quad (2.27)$$

$$X_{\Sigma K2} = 21,96 + 0,5 + 0,3 + 2,13 + 0,81 + 1,32 = 27 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2}, \quad (2.28)$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{54,8^2 + 27^2} = 61,11 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2}}, \quad (2.29)$$

$$I_{R2(0)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 61,11} = 3,78 \text{ кА}$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці КЗ:

Сумарні опори відносно точки КЗ визначаються так:

$$R_{\Sigma K3} = R_{\Sigma K2} + R_{\kappa2} + R_{ШПА}, \quad (2.30)$$

$$R_{\Sigma K3} = 54,79 + 15 + 3,36 = 73,15 \text{ мОм,}$$

$$X_{\Sigma K3} = X_{\Sigma K2} + X_{ШПА}, \quad (2.31)$$

$$X_{\Sigma K3} = 27,02 + 3,36 = 30,38 \text{ мОм,}$$

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2}, \quad (2.32)$$

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{73,15^2 + 30,38^2} = 79,2 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K3}}, \quad (2.33)$$

$$I_{R3(0)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 79,1} = 2,92 \text{ кА.}$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці К4:

Сумарні опори відносно точки К4 визначаються так:

$$R_{\Sigma K4} = R_{\Sigma K3} + R_{a3} + R_{кл4}, \quad (2.34)$$

$$R_{\Sigma K4} = 73,15 + 7 + 175 = 255,15 \text{ мОм,}$$

$$X_{\Sigma K4} = X_{\Sigma K3} + X_{a3} + X_{кл4}, \quad (2.35)$$

$$X_{\Sigma K4} = 30,38 + 1,62 + 4,5 = 36,5 \text{ мОм,}$$

$$Z_{\Sigma K4} = \sqrt{R_{\Sigma K4}^2 + X_{\Sigma K4}^2}, \quad (2.36)$$

$$Z_{\Sigma K4} = \sqrt{255,15^2 + 36,5^2} = 257,8 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{K4(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K4}}, \quad (2.37)$$

$$I_{R4(0)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 257,8} = 0,896 \text{ кА.}$$

Визначення ударних струмів в різних точках КЗ для всього шляху.

Ударний струм в точці К1:

$$i_{yK1} = k_{yK1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1(0)}, \quad (2.38)$$

$$i_{yK1} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 9,74 = 16,53 \text{ кА.}$$

У формулі приймається $k_{yK1} = 1,2$ для номінальної потужності трансформатора КТП $S_{ном.т} = 250$ кВА.

Ударний струм у точці К1':

$$i_{yK1'} = k_{yK1'} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1'(0)}, \quad (2.39)$$

$$i_{yK1'} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,91 = 11,73 \text{ кА.}$$

Ударний струм у точці К2 від енергосистеми:

$$i_{yK2} = k_{yK2} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2(0)}, \quad (2.40)$$

$$i_{yK2} = 1,05 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,78 = 5,61 \text{ кА.}$$

У формулі приймається $k_{yK2}=1,05$.

Ударний струм у точці К3:

$$i_{yK3}=k_{yK3}\cdot\sqrt{2}\cdot I_{K3(0)}, \quad (2.41)$$

$$i_{yK3}=1,05\cdot\sqrt{2}\cdot 2,92=4,33 \text{ кА.}$$

У формулі приймається $k_{yK3}=1,05$.

Ударний струм у точці К4:

$$i_{yK4}=k_{yK4}\cdot\sqrt{2}\cdot I_{K4(0)}, \quad (2.42)$$

$$i_{yK1}=1\cdot\sqrt{2}\cdot 0,9=1,27 \text{ кА.}$$

У формулі приймається $k_{yK3}=1$.

2.5 Вибір електричних апаратів мережі до 1 кВ

Для защиты электрических сетей напряжением до 1 кВ применяют плавкие предохранители и автоматические воздушные выключатели. Струмообмежувальни предохранительную ники и автоматы, а также автоматы, в которых ток отключения превышает Наиби-льше возможное значение тока КЗ, не требуют проверки их на электродина-ческой устойчивостью.

Типы автоматов не выбирают, потому что вони являются элементами шкафов рас-раздельного устройства НН ЦТПта СБР или ШРА, поэтому для автоматических выключаеся-лей выбирают только номинальный ток автомата и расцепителей, токи срабатывания расцепителей.

2.6 Вибір силових шаф НН цехової трансформаторної підстанції

Комплектність розподільних пристроїв низької напруги КТП вибирається за даним [3, с.142, табл. В 1]. Ввідну шафи вибирають за умови можливої їх роботи при перевантаженні [2, с.181-188]. Для цього визначаються максимальний розрахунковий струм $I_{p.max}$ на стороні НН за умови роботи трансформатора при перевантаженні ($1,4S_n$):

$$I_{p.max} = \frac{1,4 \cdot S_n}{\sqrt{3}U_n}, \quad (2.43)$$

де S_n - номінальна потужність вибраного трансформатора;

U_n - номінальну напругу мережі НН.

Розподільні (лінійні) шафи вибираються за кількістю приєднань і Розрахункова струму. Вибрані шафи необхідно перевірити по напрузі і стійкості до дії ударних струмів КЗ відповідно до умов:

$$U_n \leq U_{н.ш}; i_y \leq i_{ст.дин}, \quad (2.44)$$

де $U_{н.ш}$ - номінальна напруга шафи;

$i_{ст.дин}$ - струм електродинамічної стійкості шафи.

На КТП встановлений один трансформатор потужністю $S_{ном.т.} = 250$ кВА, тому вибираємо КТП-250/10 / 0,4, яка комплектується шафою введення типу ШНВ-15УЗ, в цій шафі встановлюється автомат введення ВА55-41 - селективний з напів-впровідниковими расцепителями серії БПР і лінійної шафою типу ШНЛ-32УЗ, що комплектується автоматами ВА51-39.

Максимальний розрахунковий струм $I_{p.max}$ на стороні НН:

$$I_{p.max} = \frac{1,4 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 505,18 \text{ А.}$$

Номінальний струм вступного автомата ВА55-41 $I_{ном.а} = 1000\text{А}$.

Розподільна шафа ШНЛ-32 УЗ, що має $U_{н.ли} = 0,4\text{кВ}$, $i_{ст.дин} = 25\text{кА}$, перевіряється по напрузі і стійкістю до дії ударних струмів КЗ відповідно до умов:

$$U_n = 0,4\text{кВ} \leq 0,4\text{кВ},$$

$$i_y = 16,53\text{кА} \leq 25\text{кА}.$$

Шафи типу ШНВ-15УЗ і ШНЛ-32УЗ проходять по всьому потрібних умов. Загальний вигляд обраних шаф зображено на рис.2.3.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд шаф ШНВ-15УЗ та ШНЛ-32УЗ

2.7 Планування електропостачання цеху

Річна потреба електроенергії на технологічні процеси визначається наступним чином:

$$W_n = P_{p\Sigma} \cdot T_p, \quad (2.45)$$

де $P_{p\Sigma}$ - сумарне розрахункове активне навантаження цеху, кВт;

$T_p = N_{зм} \cdot T_n$ - річний фонд робочого часу, год.;

$N_{зм}$ - кількість змін (згідно пункту 1.1);

T_n - норма тривалості робочого часу однієї зміни при заданій тривалості робочого тижня.

Отже, підставивши всі дані, отримаємо:

$$T_p = 2 \cdot 36 = 72 \text{ год},$$

$$W_n = 310,07 \cdot 72 = 12976,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Втрати активної енергії в жилах кабелів чи шинопроводах на другому рівні електропостачання розраховують за формулою:

$$\Delta W_n = a \cdot I^2 \cdot R_\phi \cdot k_\phi^2 \cdot T_p \cdot 10^{-3}. \quad (2.46)$$

Результати розрахунків втрати активної енергії в жилах кабелів приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Розрахунок втрати активної енергії в жилах кабелів (чи в шинопроводах)

| Кабель до ПРЕ (шинопровід) | Тип кабелю (шинопроводу) | I_p , А | R_ϕ , Ом | ΔW_n , кВт·год |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|------------------------|
| до СРШ1 | АВВГ | 56,67 | 0,0134 | 10,85 |
| до СРШ2 | АВВГ | 83,70 | 0,0139 | 24,46 |

| | | | | |
|---------|------|--------|--------|-------|
| до СРШЗ | АВВГ | 118,36 | 0,0033 | 11,61 |
| до СРШ4 | АВВГ | 164,69 | 0,0021 | 14,27 |
| до СРШ5 | АВВГ | 114,29 | 0,0116 | 38,25 |
| до ЩРО | АВВГ | 35,74 | 0,0686 | 22,09 |
| Всього: | | | | 99,43 |

Втрати активної енергії у двообмотковому трансформаторі розраховують так:

$$\Delta W_n = P_{кз} \cdot k_3^2 \cdot k_\phi^2 \cdot T_p + P_{хх} \cdot T_p. \quad (2.47)$$

Отже, втрати активної енергії дорівнюють:

$$\Delta W_n = 3,7 \cdot 0,9^2 \cdot 1,02^2 \cdot 78 + 1,31 \cdot 78 = 332,94 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати планування електропостачання цеху зводяться до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Розрахунковий електробаланс цеху

| Стаття балансу | Код рядка | Активна енергія, кВт·год | % до підсумку |
|--|-----------|--------------------------|---------------|
| Прихід | | | |
| Виробництво електроенергії генеруючими установками | 01 | - | - |
| Надходження з енергосистеми | 02 | 12976,40 | 100 |
| Разом прихід (сума рядка 01 та 02) | 03 | 12976,40 | 100 |
| Витрати | | | |
| Споживання - разом (сума рядків з 04 по 09), в тому числі: | 04 | 12976,40 | 100 |
| - Електроапаратами для технологічних процесів | 05 | - | - |
| - Електродвигунами на силові потреби; | 06 | 12544,03 | 96,55 |
| - На допоміжні виробничі потреби; | 07 | - | - |

| | | | |
|--|----|----------|------|
| - Витрачено на власні потреби електростанції; | 08 | - | - |
| - Втрати в електромережах підприємства і в ТП. | 09 | 432,37 | 3,45 |
| Відпуск на сторону | 10 | - | - |
| Разом витрати | 11 | 12976,40 | 100 |

2.8 Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень

2.8.1 Визначення кошторисної вартості елементів системи електропостачання

Для визначення первісної балансової вартості основних фондів і для розрахунку величини амортизаційних відрахувань необхідно провести розрахунки кошторисної вартості елементів СЕП. Основою для складання кошторису є прийняті в проекті системи електропостачання технічні рішення і ефективні засоби Цінні та корисні нормативи.

На виконання будівельно-монтажних робіт (БМР) закладається 30% від загальної кошторисної вартості електрообладнання. Результати розрахунку заводяться в таблицю 2.8

Таблиця 2.8

Кошторис на придбання та монтаж обладнання та мереж

| Найменування та характеристика обладнання та мереж | Одиниці виміру | К-сть | Кошторисна вартість, грн.. | |
|--|----------------|-------|----------------------------|------------------|
| | | | Одиниці | Загальна (з БМР) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Трансформатор ТМЗ-250/10/0,4УЗ | шт. | 1 | 41000 | 53300 |
| Шафа розподільча типу ПР8505 | шт. | 4 | 1000 | 4300 |
| Щит освітлювання типу ЩА-601 | шт. | 2 | 500 | 1150 |
| Автоматичний вимикач ВА 55-41 | шт. | 1 | 4700 | 6110 |
| Автоматичний вимикач ВА 52-36 | шт. | 2 | 1500 | 3450 |

| | | | | |
|--|-----|-----|------|----------|
| Автоматичний вимикач АЕ2050 | шт. | 15 | 700 | 10710 |
| Автоматичний вимикач АЕ2046 | шт. | 31 | 800 | 25040 |
| Розподільчий шинопровідШРА4-100-44-1У3 | шт. | 1 | 5000 | 6500 |
| Кабель АВВГ: | - | - | - | 15332,85 |
| 3x120 | м. | 8 | 138 | 1435,2 |
| 3x95 | м. | 10 | 120 | 1560 |
| 3x70 | м. | 57 | 96 | 7113,6 |
| 3x35 | м. | 15 | 52 | 1014 |
| 3x6 | м. | 66 | 10 | 858 |
| 3x4 | м. | 15 | 9,5 | 185,25 |
| 3x2,5 | м. | 406 | 6 | 3166,8 |
| Разом | - | - | - | 125893,5 |

2.8.2 Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання в цеху

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування складаються з амортизаційних відрахувань від вартості основних фондів системи електропостачання ються, витрат на поточний ремонт і обслуговування енергетичного обладнання та мереж. Розрахунок амортизаційних відрахувань зводяться в таблицю 1.19.

Таблиця 2.9

Амортизаційні відрахування на обладнання та матеріали

| Найменування груп основних фондів | Первісна вартість, грн. | Норма амортизації, % | Амортизаційні відрахування, грн |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Силове електрообладнання | 99760 | 20 | 19952 |
| Кабельні лінії | 15333,5 | 10 | 1533,35 |
| Шинопроводи | 6500 | 10 | 650 |
| Разом | 121593,5 | - | 22135,35 |

Результати розрахунку річних експлуатаційних витрат на передачу і розподіл електроенергії в системі електропостачання цеху зводяться в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10

Кошторис річних експлуатаційних витрат для цеху

| Статті затрат | Затрати | |
|---|-------------|---------------|
| | тис. грн. | % до підсумку |
| Витрати на утримання та експлуатацію електрообладнання: | 25455,6525 | 58 |
| - Амортизаційні відрахування | 22135,35 | 43 |
| - Поточний ремонт | 3320,3025 | 15 |
| Цехові та інші витрати | 7636,69575 | 30 |
| Капітальний ремонт електрообладнання | 3054,6783 | 12 |
| Разом | 36147,02655 | 100 |

Собівартість розподілу і передачі 1 кВт · год електроенергії на системі ледве-ктропостачання визначається за формулою, коп ./ (кВт · год):

$$s = \frac{B_e \cdot 10^2}{W_n - \Delta W}, \quad (2.48)$$

де B_e - річні експлуатаційні витрати (за таблицею 2.10), тис. грн.;

W_n - енергія, що надходить в систему електропостачання, згідно таблиці 2.8, тис. кВт·год;

ΔW - втрати електроенергії в елементах системи електропостачання з таблиці 2.8, тис. кВт·год.

Отже,

$$s = \frac{36,147 \cdot 10^2}{12,976 - 0,447} = 289 \text{ коп./кВт·год.}$$

Собівартість 1 кВт·год споживаної електроенергії при електропостачанні підприємства від енергосистеми, коп./кВт·год):

$$s_{II} = \frac{(II + B_e) \cdot 10^2}{W_n - \Delta W}, \quad (2.50)$$

де $II = C_{on} \cdot W_n$ – плата за електроенергію, тис. грн.;

C_{on} – вартість одного 1 кВт·год електроенергії з врахуванням ПДВ (20%), 2,78155 грн./кВт·год).

Плата за електроенергію:

$$II = 2,782 \cdot 12,976 = 36,095 \text{ тис. грн.}$$

Отже,

$$s_{II} = \frac{(36,147 + 36,095) \cdot 10^2}{12,976 - 0,447} = 577 \text{ коп./кВт·год.}$$

2.8.3 Техніко-економічні показники системи електропостачання цеху

Питомі капітальні вкладення на 1 кВА потужності визначаються згідно залежності, грн./кВА:

$$K_{нит} = \frac{B_{обл}}{S_{p\Sigma}}, \quad (2.51)$$

де $B_{обл}$ – вартість електрообладнання.

Отже,

$$K_{\text{ннт}} = \frac{136560}{204,08} = 616,89 \text{ грн/кВА.}$$

Планові техніко-економічні показники спроектованої системи електропостачання цеху занесено у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11

Техніко-економічні показники системи електропостачання цеху

| Показник | Одиниця вимі- ру | Значення |
|--|---------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 |
| Приєднана потужність | кВА | - |
| Максимум навантаження | кВт | - |
| Річне споживання електроенергії | тис.кВт·год | 12,98 |
| Втрати електроенергії в системах СЕП | тис.кВт·год | 0,43 |
| Втрати електроенергії у % до річного споживання електроенергії | % | 3,33 |
| Річні затрати на електропостачання в тому числі: | тис. грн | 25,46 |
| - Плата за електроенергію | тис. грн. | 22,14 |
| - Експлуатаційні витрати | тис. грн | 3,32 |
| Собівартість передачі і розподілу електроенергії | коп./кВт·год) | 289 |
| Повна собівартість електроенергії, що споживається | коп./кВт·год) | 577 |
| Питомі капітальні вкладення на 1 кВА приєднаної потужності | грн./кВА | 616,89 |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При виконанні розрахунку були розглянуті не тільки типові питання ледве-ктропостачання, але і вирішене ряд завдань по ефективності і захисту мережі. В результаті проведеної роботи була обрана змішана схема електро-постачання, дозволило забезпечити надійність роботи системи елект-стачання і економію фінансів.

Було вирішено вибрати КТП 250/10 / 0,4 с трансформатором типу ТМЗ-250/10, з вступної шафа типу ШНВ-15УЗ, і лінійної - типу ШНЛ-32УЗ. Це забезпечить надійне електропостачання для цехової електромережі.

Вибравши розподільні шафи серії ПР 8505-7000 і розподільний шиномонтажне-провід типу ШРА4-100, дозволить забезпечити ефективне електропостачання електроприймачів в цеху, а надійність забезпечать обрані автомати серії АЕ2046 і АЕ2050, які пройшли всі необхідні перевірки.

З'єднання всіх ЕА і ЕП в цеху забезпечується кабелями марки АВВГ, з вибраними необхідними перетинами, що пройшли механічну перевірку, перевірку на термічну стійкість.

Дотримуючись всіх встановлених заходів щодо забезпечення електробезпеки на підприємстві, працівники зменшать випадки електротравматизму до мінімуму. Це реалізується за рахунок продуманої системи електропостачання і якісних матеріалах ізоляції, також за допомогою автоматичних пристроїв захисту і пристроїв заземлення.

З обгрунтованими витратами, вийшла досить надійна система вакуум-стачання промислового підприємства. Необхідний рівень надійності і безпеки схеми електропостачання забезпечений.