

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СВИНОКОМПЛЕКСУ  
ПОТУЖНІСТЮ 950 кВт

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ЕЕЗ-41  
**Федіна Віталій Адамович**

(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
**Волинець Владислав Ігорович**

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.  
Гарант освітньої програми:  
канд. техн. наук, доцент  
**Волинець Владислав Ігорович**

(підпис)

Луцьк – 2026 року

## АНОТАЦІЯ

ФЕДІНА В. А. Електропостачання свиногомплексу встановленою потужністю 950 кВт. Рукопис.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків та пропозицій, переліку джерел посилення та додатків.

Розроблено систему електропостачання свиногомплексу встановленою потужністю 950 кВт.

Розробка СЕП підприємства виконувалася на основі електротехнічних розрахунків. А саме, розрахунок електричних навантажень, розрахунок освітлювальних навантажень, розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП, розрахунок кількості та потужності силових трансформаторів, розрахунок потужності конденсаторних батарей, розрахунок струмів короткого замикання, вибір раціональної схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

Кваліфікаційний проєкт містить 75 сторінок, 11 рисунків, 25 таблиць, 25 джерел літератури.

Ключові слова: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ (СЕП), ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ, СТРУМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.

## ANNOTATION

FEDINA V. Power supply of pig farm with an installed capacity of 950 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project of EP Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics specialties 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of an introduction, five sections, conclusions and recommendations, a list of reference sources and appendices.

A power supply system was developed for a pig farm an installed capacity of 950 kW.

Development of PSS of the enterprise was carried out on the basis of electrotechnical calculations. Namely, the calculation of electrical loads, calculation of lighting loads, calculation of loads at higher levels of PSS, calculation of the number and capacity of power transformers, calculation power of capacitor banks, calculation of short-circuit currents, selection of a rational scheme of external and internal power supply.

Bachelor's qualification project contains 75 pages, 11 figures, 25 tables, 25 sources of literature.

Keywords: POWER SUPPLY SYSTEM (PSS), ELECTRICAL LOADS, CABLE LINES OF ELECTRICITY TRANSMISSION, SHORT-CIRCUIT CURRENT, ELECTRICAL EQUIPMENT.

## ЗМІСТ

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП</b>                                                                         | <b>7</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ</b>                          | <b>8</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ</b>                                             | <b>10</b> |
| 2.1. Розрахунок силових електричних навантажень                                      | 10        |
| 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень                                           | 11        |
| 2.2.1. Розрахунок освітлювальних навантажень підприємства                            | 11        |
| 2.2.2. Розрахунок освітлювальної мережі цеху дорощування                             | 12        |
| 2.3. Визначення сумарних навантажень                                                 | 13        |
| 2.4. Розрахунок картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень | 14        |
| 2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів                                   | 15        |
| 2.6. Компенсація реактивної потужності                                               | 16        |
| 2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях                              | 17        |
| 2.8. Проєктування зовнішньої мережі живлення підприємства                            | 17        |
| 2.9. Проєктування внутрішньої розподільної мережі                                    | 18        |
| 2.10. Вибір схеми електропостачання цеху дорощування                                 | 21        |
| 2.11. Розрахунок струмів короткого замикання                                         | 22        |
| 2.11.1. Розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 кВ                      | 22        |
| 2.11.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ                       | 24        |
| 2.12. Вибір обладнання                                                               | 27        |
| 2.12.1. Вибір комірок                                                                | 27        |
| 2.12.2. Вибір роз'єднувачів                                                          | 28        |
| 2.12.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників                                 | 29        |
| 2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів                                                 | 29        |
| 2.12.5. Вибір вимірювальної апаратури                                                | 30        |
| <b>РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СЕП ТРАНСПОРТЕРУ</b>                                          | <b>32</b> |
| <b>РОЗДІЛ 4 САПР</b>                                                                 | <b>35</b> |
| <b>РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА</b>                                                       | <b>37</b> |
| <b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ</b>                                                        | <b>39</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ</b>                                                      | <b>40</b> |
| <b>ДОДАТКИ</b>                                                                       | <b>43</b> |

|           |      |               |        |      |                                                                                                     |                  |      |         |
|-----------|------|---------------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|---------|
|           |      |               |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i>                                                                           |                  |      |         |
| Зм.       | Лист | № докум.      | Підпис | Дата |                                                                                                     |                  |      |         |
| Розробив  |      | Федіна В.А.   |        |      | Електропостачання<br>свинокомплексу встановленою<br>потужністю 950 кВт.<br><br>Пояснювальна записка | Літ.             | Арк. | Аркушів |
| Перевірив |      | Волинець В.І. |        |      |                                                                                                     | Д                | 6    | 75      |
| Н. контр. |      | Ващелюк Ю.І.  |        |      |                                                                                                     | ФАБЕ, гр. ЕЕз-41 |      |         |
| Затвердив |      | Волинець В.І. |        |      |                                                                                                     |                  |      |         |

## ВСТУП

Енергозабезпечення сучасних свинокомплексів характеризується підвищеними вимогами до безперебійності, оскільки перебої в роботі систем вентиляції та годівлі загрожують серйозними фінансовими втратами. Проектування таких об'єктів передбачає створення стійкої до агресивного середовища інфраструктури, що відповідає встановленій категорії надійності. Головною метою є розробка технічно досконалої та економічно виправданої системи, здатної підтримувати стабільний технологічний процес за будь-яких умов. Для цього необхідно точно розрахувати потужності з урахуванням специфіки роботи обладнання, обґрунтувати використання систем автоматичного введення резерву чи автономних джерел, а також підібрати селективну захисну апаратуру. Окрему увагу слід приділити енергоефективності через компенсацію реактивної потужності та пошуку оптимального балансу між інвестиційними витратами й експлуатаційною надійністю обраного обладнання.

|     |      |          |        |      |                           |      |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                           | 7    |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

## РОЗДІЛ 1

### КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Ця кваліфікаційна робота присвячена проєктуванню системи енергозабезпечення свиногомплексу, структура якого охоплює цехи опоросу, дорощування, відгодівлі та м'ясопереробки, а також допоміжні об'єкти - кормоцех, АПК і пожежні резервуари. Основна увага в проєкті зосереджена на детальному розрахунку мереж цеху дорощування. Технологічний цикл цього цеху забезпечується роботою вентиляційних та кліматичних систем, освітленням, а також лініями кормороздачі, що включають бункери й транспортери.

Вихідні дані такі:

- загальна площа підприємства - 51060 м<sup>2</sup>;
- площа будівель - 10254 м<sup>2</sup>;
- встановлена потужність свиногомплексу - 950 кВт;
- джерело живлення - шини 10 кВ районної ТП;
- тип живлячої лінії – кабельна;
- відстань до джерела живлення – 1,37 км;
- потужність КЗ на шинах джерела живлення - 50 МВА;
- режим роботи – неперервний;
- річна кількість годин роботи електрообладнання - 8700 годин;
- кількість годин роботи обладнання при максимальному навантаженні – 3800 годин;
- реактивна потужність, дозволена до використання енергосистемою - 285 кВАр.

За надійністю електропостачання споживачі підприємства відносяться до наступних категорій:

|           |               |          |        |      |                                                                                              |                  |      |         |  |
|-----------|---------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|---------|--|
|           |               |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i>                                                                    |                  |      |         |  |
|           |               |          |        |      |                                                                                              |                  |      |         |  |
| Зм.       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                              |                  |      |         |  |
| Розробив  | Федіна В.А.   |          |        |      | Електропостачання свиногомплексу<br>встановленою потужністю 950 кВт.<br>Пояснювальна записка | Літ.             | Арк. | Аркушів |  |
| Перевірив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                              | д                | 8    | 2       |  |
|           |               |          |        |      |                                                                                              | ФАБЕ, гр. ЕЕЗ-41 |      |         |  |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                              |                  |      |         |  |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                              |                  |      |         |  |

I категорія – 67 % (цехи опоросу, дорощування, відгодівлі та м'ясопереробки та пожежні резервуари); II категорія – 32 % (м'ясопереробний та кормоцех); III категорія – 1 % (приймачі АПК).

Встановлена потужність споруд птахокомплексу наведена в таблиці 1.1, а генеральний план зображено на рис. 1.1.

Таблиця 1.1 – Встановлена потужність споруд птахокомплексу

| Назва будівлі         | Площа, м <sup>2</sup> | Встановлена потужність, кВт |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Цех відгодівлі №1     | 912                   | 65                          |
| Цех відгодівлі №2     | 912                   | 65                          |
| Цех відгодівлі №3     | 912                   | 65                          |
| Цех відгодівлі №4     | 912                   | 65                          |
| Цех відгодівлі №5     | 912                   | 65                          |
| Цех відгодівлі №6     | 912                   | 65                          |
| Цех відгодівлі №7     | 912                   | 65                          |
| Цех відгодівлі №8     | 912                   | 65                          |
| Цех опоросу           | 912                   | 80                          |
| Цех дорощування       | 912                   | 68                          |
| АПК                   | 216                   | 12                          |
| Комбікормовий цех     | 180                   | 160                         |
| М'ясопереробний цех   | 450                   | 145                         |
| Пожежний резервуар №1 | 144                   | 15                          |
| Пожежний резервуар №2 | 144                   | 15                          |
| <b>Всього</b>         | <b>10254</b>          | <b>950</b>                  |

|           |      |               |        |      |                                                                                              |  |  |                  |      |         |  |
|-----------|------|---------------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|------------------|------|---------|--|
|           |      |               |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i>                                                                    |  |  |                  |      |         |  |
|           |      |               |        |      |                                                                                              |  |  |                  |      |         |  |
| Зм.       | Лист | № докум.      | Підпис | Дата |                                                                                              |  |  |                  |      |         |  |
| Розробив  |      | Федіна В.А.   |        |      | Електропостачання свиногомплексу<br>встановленою потужністю 950 кВт.<br>Пояснювальна записка |  |  | Літ.             | Арк. | Аркушів |  |
| Перевірів |      | Волинець В.І. |        |      |                                                                                              |  |  | Д                | 10   | 23      |  |
|           |      |               |        |      |                                                                                              |  |  | ФАБЕ, гр. ЕЕз-41 |      |         |  |
| Н. контр. |      | Ващелюк Ю.І.  |        |      |                                                                                              |  |  |                  |      |         |  |
| Затвердив |      | Волинець В.І. |        |      |                                                                                              |  |  |                  |      |         |  |

Розрахунок силового навантаження усіх будівель та споруд свиногокомплексу проведемо аналогічно. Результати розрахунку показані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень свиногокомплексу

| Назва підрозділу      | Встановлена<br>потужність<br>$P_{вст}, кВт$ | Розрахункові навантаження |                |               |
|-----------------------|---------------------------------------------|---------------------------|----------------|---------------|
|                       |                                             | $P_p, кВт$                | $Q_p, кВАр$    | $S_p, кВА$    |
| Цех відгодівлі №1     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех відгодівлі №2     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех відгодівлі №3     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех відгодівлі №4     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех відгодівлі №5     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех відгодівлі №6     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех відгодівлі №7     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех відгодівлі №8     | 65                                          | 39                        | 31,2           | 49,94         |
| Цех опоросу           | 80                                          | 48                        | 38,4           | 61,47         |
| Цех дорощування       | 68                                          | 42,82                     | 31,93          | 53,41         |
| АПК                   | 12                                          | 7,2                       | 5,76           | 9,22          |
| Комбікормовий цех     | 160                                         | 96                        | 76,8           | 122,94        |
| М'ясопереробний цех   | 145                                         | 87                        | 69,6           | 111,41        |
| Пожежний резервуар №1 | 15                                          | 9                         | 7,2            | 11,53         |
| Пожежний резервуар №2 | 15                                          | 9                         | 7,2            | 11,53         |
| <b>Всього</b>         | <b>950</b>                                  | <b>611,02</b>             | <b>488,816</b> | <b>782,49</b> |

## 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

### 2.2.1. Розрахунок освітлювальних навантажень підприємства

Розрахунок освітлювального навантаження свиногокомплексу проведено згідно з методичними вказівками додатка А.2. Підсумкові результати обчислень для всього комплексу представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювальних навантажень

| Назва корпусу         | $F, \text{ м}^2$ | $P_{\text{пит}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ | $P_0, \text{ кВт}$ | Тип лампи | $K_{\text{пра}}$ | $K_n$    | $\text{tg}\varphi$ | $P_{\text{ро}}, \text{ кВт}$ | $Q_{\text{ро}}, \text{ кВАр}$ |
|-----------------------|------------------|------------------------------------------------|--------------------|-----------|------------------|----------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Цех відгодівлі №1     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех відгодівлі №2     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех відгодівлі №3     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех відгодівлі №4     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех відгодівлі №5     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех відгодівлі №6     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех відгодівлі №7     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех відгодівлі №8     | 912              | 20                                             | 18,24              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 18,06                        | 5,96                          |
| Цех опоросу           | 912              | 60                                             | 54,72              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 54,17                        | 17,88                         |
| Цех дорощування       | 912              | 40                                             | 36,48              | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 36,12                        | 11,92                         |
| АПК                   | 216              | 20                                             | 4,32               | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 4,28                         | 1,41                          |
| Комбікормовий цех     | 180              | 15                                             | 2,7                | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 2,67                         | 0,88                          |
| М'ясопереробний цех   | 450              | 15                                             | 6,75               | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 6,68                         | 2,21                          |
| Пожежний резервуар №1 | 144              | 20                                             | 2,88               | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 2,85                         | 0,94                          |
| Пожежний резервуар №2 | 144              | 20                                             | 2,88               | LED       | 1,1              | 0,9      | 0,33               | 2,85                         | 0,94                          |
| <b>Всього</b>         | <b>10254</b>     | <b>-</b>                                       | <b>256,65</b>      | <b>-</b>  | <b>-</b>         | <b>-</b> | <b>-</b>           | <b>254,08</b>                | <b>83,85</b>                  |

### 2.2.2 Розрахунок освітлювальної цеху дорощування

Виходячи з площі цеху дорощування 912 м<sup>2</sup> та нормативної питомої потужності для світлодіодного освітлення 6 Вт/м<sup>2</sup>, розрахуємо параметри ламп. При плановому розміщенні 50 світильників (2 ряди по 25 одиниць) розрахункова потужність одного джерела світла складе:

$$P_{\text{св}} = \frac{912 \cdot 6}{50} = 109,4 \text{ Вт.}$$

Приймаємо до влаштування світлодіодне рішення для агропідприємств потужністю 100 Вт Agro MS [5] (radiyLED).

Перерахуємо кількість світильників з врахуванням вибраної потужності світлодіодної лампи:

$$n = \frac{912 \cdot 6}{100} = 54,7 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо два ряди світильників по 28 світильників в кожному ряду.

Живлення робочого освітлення здійснюється від групового освітлювального щита типу ЩО-24 (Білмакс), номінальний струм якого 63 А. У ньому встановлені автоматичні вимикачі Schneider Acti 9 iC60N. Живлення світильників від групового освітлювального щитка здійснюється проводом ПВС-3х2,5 з  $I_{тр.доп}=50$  А.

### 2.3. Визначення сумарних навантажень

Для визначення загального енергоспоживання на шинах низької напруги ТП виконано підсумовування навантажень від силового та освітлювального обладнання [6]. Розрахункові дані для всього об'єкта представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Визначення сумарних навантажень

| Назва корпусу     | $P_{ср зм},$<br>кВт | $Q_{ср зм},$<br>кВАр | $P_{ро},$<br>кВт | $Q_{ро},$<br>кВАр | $P_{р\Sigma},$<br>кВт | $Q_{р\Sigma},$<br>кВАр | $S_{р\Sigma},$<br>кВА |
|-------------------|---------------------|----------------------|------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 1                 | 2                   | 3                    | 4                | 5                 | 6                     | 7                      | 8                     |
| Цех відгодівлі №1 | 39                  | 31,2                 | 18,06            | 5,96              | 57,06                 | 37,16                  | 68,09                 |
| Цех відгодівлі №2 | 39                  | 31,2                 | 18,06            | 5,96              | 57,06                 | 37,16                  | 68,09                 |
| Цех відгодівлі №3 | 39                  | 31,2                 | 18,06            | 5,96              | 57,06                 | 37,16                  | 68,09                 |
| Цех відгодівлі №4 | 39                  | 31,2                 | 18,06            | 5,96              | 57,06                 | 37,16                  | 68,09                 |
| Цех відгодівлі №5 | 39                  | 31,2                 | 18,06            | 5,96              | 57,06                 | 37,16                  | 68,09                 |

Продовження таблиці 2.4

| 1                     | 2             | 3              | 4             | 5            | 6             | 7             | 8              |
|-----------------------|---------------|----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Цех відгодівлі №6     | 39            | 31,2           | 18,06         | 5,96         | 57,06         | 37,16         | 68,09          |
| Цех відгодівлі №7     | 39            | 31,2           | 18,06         | 5,96         | 57,06         | 37,16         | 68,09          |
| Цех відгодівлі №8     | 39            | 31,2           | 18,06         | 5,96         | 57,06         | 37,16         | 68,09          |
| Цех опоросу           | 48            | 38,4           | 54,17         | 17,88        | 102,17        | 56,28         | 116,65         |
| Цех дорощування       | 42,82         | 31,93          | 36,12         | 11,92        | 78,94         | 43,85         | 90,30          |
| АПК                   | 7,2           | 5,76           | 4,28          | 1,41         | 11,48         | 7,17          | 13,53          |
| Комбікормовий цех     | 96            | 76,8           | 2,67          | 0,88         | 98,67         | 77,68         | 125,58         |
| М'ясопереробний цех   | 87            | 69,6           | 6,68          | 2,21         | 93,68         | 71,81         | 118,04         |
| Пожежний резервуар №1 | 9             | 7,2            | 2,85          | 0,94         | 11,85         | 8,14          | 14,38          |
| Пожежний резервуар №2 | 9             | 7,2            | 2,85          | 0,94         | 11,85         | 8,14          | 14,38          |
| <b>Всього</b>         | <b>611,02</b> | <b>488,816</b> | <b>254,08</b> | <b>83,85</b> | <b>865,10</b> | <b>570,34</b> | <b>1037,58</b> |

#### 2.4. Розрахунок картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Визначення просторового розташування центру навантажень об'єкта здійснюється шляхом розрахунку картограми згідно з методичними вказівками. Розрахункові координати та параметри ЦЕН наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми електричних навантажень

| Назва корпусу         | X, м | Y, м | $P_{p\Sigma} \cdot x$ | $P_{p\Sigma} \cdot y$ | R, см | $\alpha$ |
|-----------------------|------|------|-----------------------|-----------------------|-------|----------|
| Цех відгодівлі №1     | 54   | 159  | 3081,11               | 9072,16               | 4     | 114      |
| Цех відгодівлі №2     | 83   | 159  | 4735,78               | 9072,16               | 4     | 114      |
| Цех відгодівлі №3     | 163  | 159  | 9300,39               | 9072,16               | 4     | 114      |
| Цех відгодівлі №4     | 195  | 159  | 11126,23              | 9072,16               | 4     | 114      |
| Цех відгодівлі №5     | 54   | 52   | 3081,11               | 2967,00               | 4     | 114      |
| Цех відгодівлі №6     | 83   | 52   | 4735,78               | 2967,00               | 4     | 114      |
| Цех відгодівлі №7     | 163  | 52   | 9300,39               | 2967,00               | 4     | 114      |
| Цех відгодівлі №8     | 195  | 52   | 11126,23              | 2967,00               | 4     | 114      |
| Цех опоросу           | 121  | 159  | 12362,91              | 16245,48              | 6     | 191      |
| Цех дорощування       | 121  | 52   | 9551,16               | 4104,63               | 5     | 165      |
| АПК                   | 214  | 220  | 2456,04               | 2524,90               | 2     | 134      |
| Комбікормовий цех     | 213  | 208  | 21017,35              | 20523,98              | 6     | 10       |
| М'ясопереробний цех   | 240  | 163  | 22483,80              | 15270,25              | 5     | 26       |
| Пожежний резервуар №1 | 215  | 107  | 2548,01               | 1268,08               | 2     | 87       |
| Пожежний резервуар №2 | 30   | 107  | 355,54                | 1268,08               | 2     | 87       |
| <b>Всього</b>         | -    | -    | 127261,82             | 109362                | -     | -        |

Згідно виразів (А.3.2)-(А.3.3) визначаємо координати центру активного навантаження:

$$x_a = \frac{127261,82}{865,1} = 147 \text{ м},$$

$$y_a = \frac{109362}{865,1} = 126 \text{ м}.$$

## 2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів

Згідно з методикою додатка А.4, виконано вибір потужності силових трансформаторів. Порівнявши два альтернативні варіанти, до реалізації прийнято найбільш економічний. Показники порівняння представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір силових трансформаторів

| Показник                      | Варіант I         | Варіант II |
|-------------------------------|-------------------|------------|
| $P_{p\Sigma}$ , кВт           | 865,10            | 865,10     |
| $Q_{p\Sigma}$ , кВАр          | 570,34            | 570,34     |
| $S_{p\Sigma}$ , кВА           | 1036,19           | 1036,19    |
| $F$ , м <sup>2</sup>          | 10254             | 10254      |
| $\sigma$ , кВА/м <sup>2</sup> | 0,1               | 0,1        |
| Тип трансформатора            | ТМ-630            | ТМ-1000    |
| $N_{min}$ , шт                | 2                 | 1,2        |
| $m$ , шт                      | 0                 | 0          |
| $N_{opt}$ , шт                | 2                 | 2          |
| $Q_{max T}$ , кВАр            | 171,83            | 1100,73    |
| $Q_{НБК 1}$ , кВАр            | 398,51            | -530,39    |
| $K_{p1}$                      | 11                | –          |
| $K_{p2}$                      | 10                | –          |
| $\gamma$                      | 0,41              | –          |
| $Q_{НБК 2}$ , кВАр            | -146,60           | -316,10    |
| $Q_{НБК}$ , кВАр              | 398,51            | –          |
| Тип НБК                       | УКРМ-0,4-200-10У3 | –          |
| $\Delta P_x$ , кВт            | 1,05              | 1,55       |
| $\Delta P_k$ , кВт            | 7,6               | 10,8       |
| $\tau_m$ , год                | 2225,2            | 2225,2     |
| $\Delta W$ , тис.кВт·год      | 41,27             | 40,06      |
| $C_e$ , тис.грн               | 346,669           | 336,482    |
| $K$ , тис.грн                 | 995,15            | 1411,40    |
| $Z$ , тис.грн                 | 471,06            | 512,91     |

Приведені затрати першого варіанту менші, отже приймаємо до встановлення два трансформатора типу ТМ-630.

Перевіримо вибрані трансформатори на перевантажувальну здатність з врахуванням відключення споживачів III категорії надійності, потужність яких складає 13,53 кВА:

$$1,4 \cdot 630 = 882 < \frac{2 \cdot (1037,58 - 13,53)}{2} = 1024,05 \text{ кВА.}$$

Умова не виконується, тому ми приймаємо до встановлення трансформатор типу **ТМ-1000/10** та перевіримо даний трансформатор на перевантажувальну здатність:

$$1,4 \cdot 1000 = 1400 > \frac{2 \cdot (1037,58 - 13,53)}{2} = 1024,05 \text{ кВА.}$$

Умова виконується.

## 2.6. Компенсація реактивної потужності

Розрахуємо потужності високовольтних батарей конденсаторів за методикою, яка подана в додатку А.5. Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок потужності ВБК

| Показник     | Одиниці вимірювання | Значення      |
|--------------|---------------------|---------------|
| $Q_p$        | кВАр                | 570,34        |
| $Q_{етак}$   | кВАр                | 285           |
| $Q_{НБК}$    | кВАр                | 0             |
| $\Delta Q_T$ | кВАр                | 31,47         |
| $k_{НС}$     | –                   | 0,9           |
| $Q_{M1}$     | кВАр                | 513,31        |
| $Q_{K1}$     | кВАр                | 228,31        |
| $Q_{НСТ}$    | кВАр                | 601,81        |
| $Q_{ВБК}$    | кВАр                | <b>259,78</b> |

З огляду на ризик виникнення перекомпенсації при спробі компенсувати 259,78 кВАр на стороні високої напруги, було прийнято рішення про встановлення конденсаторних батарей на стороні 0,4 кВ як найбільш обґрунтований варіант. Тому приймаємо до встановлення на стороні 0,4 кВ силових трансформаторів конденсаторні батареї УК-0,4-130-10У3 [8] (Електросервіс).

## 2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Алгоритм визначення електричних навантажень на вищих рівнях енергосистеми свиногокомплексу наведено в додатку А.6. Розрахункові показники на стороні високої напруги (ВН) трансформаторної підстанції обчислимо за формулами А.6.1 та А.6.2:

$$S_{p4} = \sqrt{(865,1 + 5,75)^2 + (570,34 + 31,47 - 260)^2} = 935,5 \text{ кВА},$$

$$\Delta P_{T1000} = 2 \cdot 1,55 + \frac{1}{2} \cdot 0,7^2 \cdot 10,8 = 5,75 \text{ кВт}.$$

## 2.8. Проектування зовнішньої мережі живлення підприємства

Живлення свиногокомплексу забезпечується від ТП (10 кВ), розташованої за 1,37 км. Переріз кабелів обирається з урахуванням нормальних та післяаварійних навантажень. Алгоритм розрахунку та перевірки ліній на термічну стійкість наведено в додатку А.7. Струм післяаварійного режиму:

$$I_{n\text{ ав}} = \frac{935,5}{\sqrt{3} \cdot 10} = 54,1 \text{ А}.$$

За [10] вибираємо марку кабелю – АПвЕгаПу-10 «кабель силовий з алюмінієвими струмопровідними жилами, з ізоляцією з шитого поліетилену, з

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | ЛНТУ.971106.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 17   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

повздовжньою та поперечною герметизацією екрану, посиленою зовнішньою оболонкою з поліетилену».

Розрахунковий струм в нормальному режимі за виразом А.7.5:

$$I_{\text{норм}} = \frac{935,5}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 27,04 \text{ А.}$$

Усі розрахунки зведемо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір перерізу КЛ 10 кВ

| $F$ ,<br>$\text{мм}^2$ | $I_{\text{доп}}$ ,<br>$\text{А}$ | $I'_{\text{доп}}$ ,<br>$\text{А}$ | $r_0$ ,<br>$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $x_0$ ,<br>$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $\Delta U_{\text{норм}}$ ,<br>$\text{В}$ | $\Delta U_{\text{норм}}$ ,<br>$\%$ | $\Delta U_{\text{п ав}}$ ,<br>$\%$ | $K_3$ | $\Delta P_{\text{н}}$ ,<br>$\text{кВт}$ | $\Delta P_{\text{д}}$ ,<br>$\text{кВт}$ | $C_e$ ,<br>$\text{тис. грн.}$ | $K$ ,<br>$\text{тис. грн.}$ | $3$ ,<br>$\text{тис. грн.}$ |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 35                     | 119                              | 128,52                            | 0,894                                    | 0,095                                    | 49,49                                    | 0,495                              | 0,990                              | 0,21  | 60,69                                   | 2,69                                    | 50,22                         | 2123,9                      | 315,70                      |
| 50                     | 140                              | 151,2                             | 0,625                                    | 0,09                                     | 35,50                                    | 0,355                              | 0,710                              | 0,18  | 58,73                                   | 1,88                                    | 35,11                         | 2182,9                      | <b>307,97</b>               |
| 70                     | 171                              | 184,68                            | 0,447                                    | 0,086                                    | 26,22                                    | 0,262                              | 0,524                              | 0,15  | 62,66                                   | 1,34                                    | 25,11                         | 2662,2                      | 357,88                      |
| 95                     | 203                              | 219,24                            | 0,329                                    | 0,083                                    | 20,06                                    | 0,201                              | 0,401                              | 0,12  | 64,99                                   | 0,99                                    | 18,48                         | 2760,5                      | 363,54                      |
| 120                    | 232                              | 250,56                            | 0,261                                    | 0,081                                    | 16,50                                    | 0,16                               | 0,33                               | 0,11  | 67,35                                   | 0,78                                    | 14,66                         | 3122,7                      | 405,00                      |

Приведені затрати на кабель перерізом 50 мм<sup>2</sup> найменші, отже приймаємо кабель марки АПвЕгаПу-10-3×50 (Південкабель) [10].

## 2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Живлення споживачів здійснюється при напрузі 0,4 кВ за змішаним принципом. Радіальна схема застосована для живлення відповідального обладнання, тоді як об'єкти III категорії підключені за магістральною схемою. Розрахунок перерізів провідників виконано згідно з методичними вказівками додатка А.8. Для живлення розподільних пунктів попередньо приймемо кабель марки ВБбШв-1. Це кабель силовий з мідною струмонесучою жилою, з ізоляцією з ПВХ пластикату, броньований сталевими оцинкованими стрічками, із захисним шлангом з ПВХ пластикату» [11]. Даний кабель призначений для прокладання в траншеях.

Живлення РП цехів відгодівлі, опоросу та дорощування буде відбуватись від ввідних розподільчих пристроїв (ВРП). Прийемо до влаштування розподільні пункти РР11 (Нафтаенергопром) [12] з ввідними автоматичними вимикачами ЕАТОН. Розрахункові струми будемо визначати за виразом А.8.1. Результати розрахунків зведемо в таблиці 2.9 і 2.10.

Таблиця 2.9 – Вибір РП та захисної апаратури

| Назва будівлі<br>(дільниці) | $S_{p\Sigma},$<br>кВА | $I_p,$<br>А | Тип<br>РП   | $I_{доп РП},$<br>А | Кіль-<br>кість<br>приймачів | Кіль-<br>кість<br>ліній | Кіль-<br>кість<br>РП | Позн.<br>на<br>рис.2.1 | Тип<br>автосма-<br>тичного<br>вимикача<br>ЕАТОН |
|-----------------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------------------|
| ВРП1(цех відгодівлі №1)     | 389,01                | 281,07      | ВРП-1-13-20 | 400                | 5                           | 2                       | 1                    | ВРП1                   | NZMN3-4-A400                                    |
| ВРП2(цех відгодівлі №5)     | 362,66                | 262,03      | ВРП-1-13-20 | 400                | 5                           | 2                       | 1                    | ВРП2                   | NZMN3-4-A400                                    |
| Цех відгодівлі №1           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП2                    | NZMN2-A250                                      |
| Цех відгодівлі №2           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП5                    | NZMN2-A250                                      |
| Цех відгодівлі №3           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП10                   | NZMN2-A250                                      |
| Цех відгодівлі №4           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП12                   | NZMN2-A250                                      |
| Цех відгодівлі №5           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП1                    | NZMN2-A250                                      |
| Цех відгодівлі №6           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП3                    | NZMN2-A250                                      |
| Цех відгодівлі №7           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП9                    | NZMN2-A250                                      |
| Цех відгодівлі №8           | 68,09                 | 49,20       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП11                   | NZMN2-A250                                      |
| Цех опоросу                 | 116,65                | 84,28       | РР11        | 250                | 9                           | 2                       | 1                    | РП8                    | NZMN2-A250                                      |
| Цех дорощування             | 90,30                 | 65,25       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП6                    | NZMN2-A250                                      |
| АПК                         | 13,53                 | 19,55       | ЩО          | 250                | 9                           | 1                       | 1                    | ЩО                     | NZMN2-A250                                      |
| Комбікормовий цех           | 125,58                | 90,74       | РР11        | 250                | 8                           | 2                       | 1                    | РП7                    | NZMN2-A250                                      |
| М'ясопереробний цех         | 118,04                | 85,29       | РР11        | 250                | 9                           | 2                       | 1                    | РП4                    | NZMN2-A250                                      |
| Пожежний резервуар №1       | 14,38                 | 10,39       | ЩУН         | 50                 | 1                           | 2                       | 1                    | Щ1                     | PL7-C50                                         |
| Пожежний резервуар №2       | 14,38                 | 10,39       | ЩУН         | 50                 | 1                           | 2                       | 1                    | Щ2                     | PL7-C50                                         |

Схему з'єднань показано на рис. 2.1.

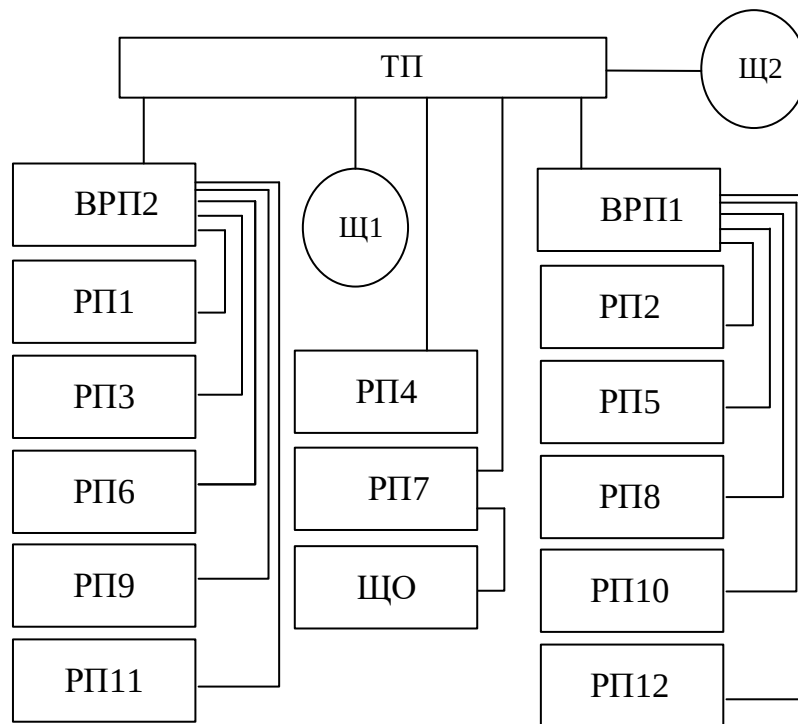


Рисунок 2.1 – Схема з'єднань

Таблиця 2.10 – Вибір ліній внутрішнього електропостачання

| Назва КЛ  | $n$ | $S_{p\Sigma},$<br>кВА | $I_p,$<br>А | $F_e, \text{мм}^2$ | Переріз<br>кабелю<br>ВБбШв | $l,$<br>км | $I_{доп},$<br>А | $I_{нав},$<br>А | $I'_{нав},$<br>А | $r_0,$<br>$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $x_0,$<br>$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $\Delta U_{норм},$<br>% | $\Delta U_{нав},$<br>% |
|-----------|-----|-----------------------|-------------|--------------------|----------------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1         | 2   | 3                     | 4           | 5                  | 6                          | 7          | 8               | 9               | 10               | 11                                      | 12                                      | 13                      | 14                     |
| ТП-ВРП2   | 2   | 362,66                | 262,04      | 105                | 4x240                      | 0,088      | 435             | 393,06          | 395,02           | 0,077                                   | 0,077                                   | 1,08                    | 1,61                   |
| ВРП2-РП1  | 2   | 68,09                 | 49,20       | 20                 | 4x25                       | 0,012      | 123             | 98,40           | 98,89            | 0,74                                    | 0,091                                   | 0,17                    | 0,33                   |
| ВРП2-РП3  | 2   | 68,09                 | 49,20       | 20                 | 4x25                       | 0,045      | 123             | 98,40           | 98,89            | 0,74                                    | 0,091                                   | 0,62                    | 1,24                   |
| ВРП2-РП6  | 2   | 90,3                  | 65,25       | 26                 | 4x35                       | 0,09       | 146             | 130,49          | 131,14           | 0,53                                    | 0,088                                   | 1,21                    | 2,42                   |
| ВРП2-РП9  | 2   | 68,09                 | 49,20       | 20                 | 4x25                       | 0,125      | 123             | 98,40           | 98,89            | 0,74                                    | 0,091                                   | 1,72                    | 3,44                   |
| ВРП2-РП11 | 2   | 68,09                 | 49,20       | 20                 | 4x25                       | 0,162      | 123             | 98,40           | 98,89            | 0,74                                    | 0,091                                   | 2,23                    | 4,46                   |
| ТП-Щ1     | 2   | 14,38                 | 10,39       | 4                  | 4x6                        | 0,3        | 54              | 20,78           | 20,88            | 3,09                                    | 0,1                                     | 3,41                    | 6,83                   |
| ТП-РП4    | 2   | 118,04                | 85,29       | 34                 | 4x50                       | 0,38       | 173             | 170,58          | 171,43           | 0,37                                    | 0,085                                   | 4,86                    | 9,73                   |
| ТП-РП7    | 2   | 139,11                | 100,51      | 40                 | 4x70                       | 0,4        | 214             | 201,03          | 202,03           | 0,265                                   | 0,082                                   | 4,54                    | 9,08                   |

Продовження таблиці 2.10

| 1         | 2 | 3      | 4      | 5   | 6     | 7     | 8   | 9      | 10     | 11    | 12    | 13   | 14   |
|-----------|---|--------|--------|-----|-------|-------|-----|--------|--------|-------|-------|------|------|
| РП7-ЩО    | 1 | 13,53  | 19,55  | 8   | 4x10  | 0,025 | 73  | 19,55  | 19,65  | 1,84  | 0,099 | 0,32 | 0,32 |
| ТП-ВРП1   | 2 | 389,01 | 281,08 | 112 | 4x240 | 0,1   | 435 | 421,61 | 423,72 | 0,077 | 0,077 | 1,31 | 1,97 |
| ВРП1-РП2  | 2 | 68,09  | 49,20  | 20  | 4x25  | 0,012 | 123 | 98,40  | 98,89  | 0,74  | 0,091 | 0,17 | 0,33 |
| ВРП1-РП5  | 2 | 68,09  | 49,20  | 20  | 4x25  | 0,045 | 123 | 98,40  | 98,89  | 0,74  | 0,091 | 0,62 | 1,24 |
| ВРП1-РП8  | 2 | 116,65 | 84,28  | 34  | 4x50  | 0,09  | 173 | 168,57 | 169,41 | 0,53  | 0,088 | 1,56 | 3,13 |
| ВРП1-РП10 | 2 | 68,09  | 49,20  | 20  | 4x25  | 0,125 | 123 | 98,40  | 98,89  | 0,74  | 0,091 | 1,72 | 3,44 |
| ВРП1-РП12 | 2 | 68,09  | 49,20  | 20  | 4x25  | 0,162 | 123 | 98,40  | 98,89  | 0,74  | 0,091 | 2,23 | 4,46 |
| ТП-Щ2     | 2 | 14,38  | 10,39  | 4   | 4x6   | 0,055 | 54  | 20,78  | 20,88  | 3,09  | 0,1   | 0,63 | 1,25 |

Враховуючи, що допустимий струм для обраних перерізів перевищує значення струму в післяаварійному режимі, дані перерізи вважаються придатними до експлуатації та остаточно приймаються для всіх ліній.

## 2.10. Вибір схеми електропостачання цеху дорощування

Живлення приймачів цеху дорощування приймаємо за радіальною схемою, оскільки є споживачі першої категорії. Розрахункове навантаження одного пташника становить  $S_p=90,3$  кВА. Отже, струм живильної лінії буде визначатись з виразу:

$$I_p = \frac{90,3}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 65,25 \text{ А.}$$

Згідно п. 2.9 даного проекту, для живлення розподільний пункт цеху дорощування вибрано кабель марки ВБбШв-4x35 з допустимим струмом  $I_{дон}=146$  А.

Згідно табл. 2.9 було вибрано розподільний пункт ПР11 (для якого  $I_{\text{доп}}=250$  А) з вбудованими автоматичними вимикачами типу EATON NZMN2-A250, кількість ліній, що відходять 8. Спосіб прокладання кабелю на лотках.

На основі розрахункових струмів (вираз А.8.1) здійснено вибір перерізів кабелів. Підсумкові дані щодо обраних марок та перерізів представлені у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Вибір перерізів КЛ 0,4 кВ

| Назва обладнання   | Номинальна потужність $P_H$ , кВт | Кількість, шт | $\cos \varphi$ | $I_p$ , А | $I_{\text{доп}}$ , А | Переріз кабелю ВВГнгд |
|--------------------|-----------------------------------|---------------|----------------|-----------|----------------------|-----------------------|
| Кормороздавач      | 10                                | 1             | 0,84           | 17,20     | 25                   | 5x2,5                 |
| Транспортер        | 5,5                               | 1             | 0,84           | 9,46      | 25                   | 5x2,5                 |
| Кормовий бункер    | 3,5                               | 1             | 0,84           | 6,02      | 25                   | 5x2,5                 |
| Кліматична система | 30                                | 1             | 0,8            | 54,19     | 71                   | 5x16                  |
| Вентилятор         | 5                                 | 4             | 0,8            | 9,03      | 25                   | 5 x2,5                |

Вибрані перерізи кабелів задовольняють усім умовам перевірки, що дозволяє прийняти їх для подальшого монтажу в мережі.

## 2.11. Розрахунок струмів короткого замикання

### 2.11.1. Розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 кВ

Обчислення параметрів короткого замикання на стороні високої напруги виконується у відносних одиницях згідно з методичними вказівками додатка А.9. Вихідними параметрами розрахунку є:

- базисна потужність  $S_{\text{б}}=100$  МВА;
- базисна напруга  $U_{\text{б}} = U_{\text{ср}} = 10,5$  кВ.
- потужність КЗ джерела живлення  $S_{\text{КЗ}} = 50$  МВА;

$$\dot{X}_{\text{с*}} = \frac{100}{50} = 2.$$

Розрахункова схема та схема заміщення показана на рисунках 2.2 та 2.3.

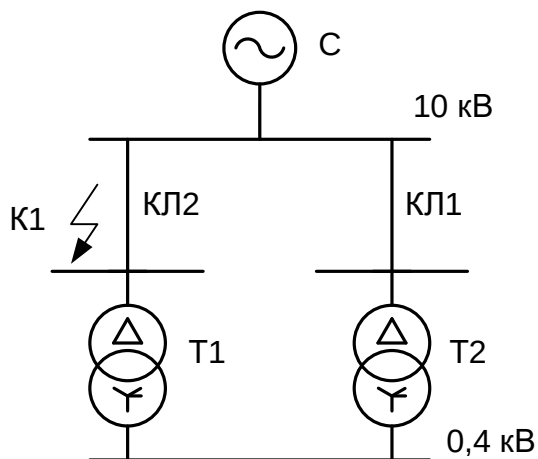


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема

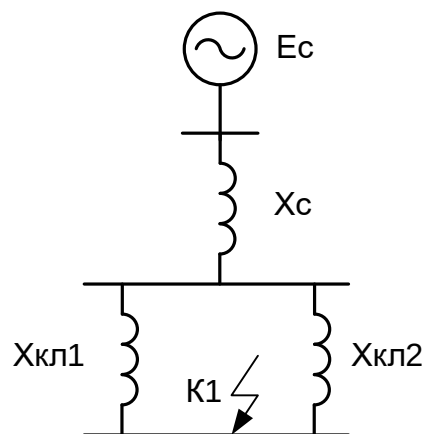


Рисунок 2.3 – Схема заміщення

Спрощена схема зображена на рис. 2.4, а результуюча на рис. 2.5.

$$x_{KL1*} = 1,37 \cdot 0,09 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,112.$$

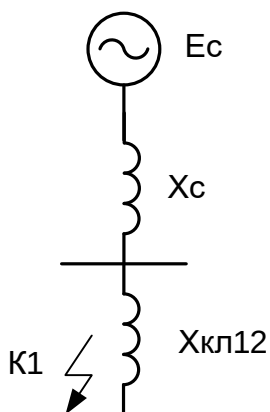


Рисунок 2.4 – Спрощена схема

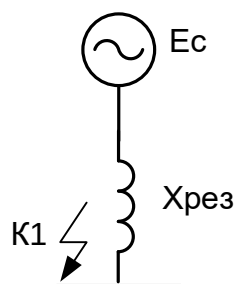


Рисунок 2.5 – Результуюча схема

$$x_{KL12*} = \frac{0,112}{2} = 0,056.$$

$$x_{рез*} = 2 + 0,056 = 2,056.$$

$$I_{no} = \frac{5,5}{2,056} = 2,67 \text{ кА}.$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 2,67 = 4,91 \text{ кА.}$$

$$B_K = 2,67^2 \cdot 0,25 = 1,78 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

$$F_{\min} = \frac{2670}{65} \cdot \sqrt{0,25} = 20,5 \text{ мм}^2.$$

Оскільки мінімально допустимий переріз 20,5 мм<sup>2</sup> менший за вибраний переріз 50 мм<sup>2</sup>, то приймаємо до встановлення кабель АПвЕгаПу-10-3х50 остаточно.

### 2.11.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ

Згідно з методикою, наведеною в додатку А.10, виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для мережі 0,4 кВ.

Вихідні дані:  $U_{\phi} = 0,4 \text{ кВ}$ ;  $I_{KB} = 2,67 \text{ кА}$ ;  $U_{CBH} = 10,5 \text{ кВ}$ ;  $S_T = 1000 \text{ кВА}$ ,  $\Delta P_{\kappa} = 10,8 \text{ кВт}$ ,  $u_{\kappa} = 5,5\%$ ; параметри лінії показані в таблиці 2.12.

$$x_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,67} = 2,27 \text{ Ом};$$

$$r_c = r_o \cdot l = 0,625 \cdot 1,37 = 0,856 \text{ Ом.}$$

$$x_c^o = 2,27 \cdot \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 3,29 \text{ мОм};$$

$$r_c^o = 0,856 \cdot \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,24 \text{ мОм.}$$

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | ЛНТУ.971106.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 24   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

На рисунках 2.6 та 2.7 зображено розрахункову схему ТП та схему заміщення короткозамкненого кола.

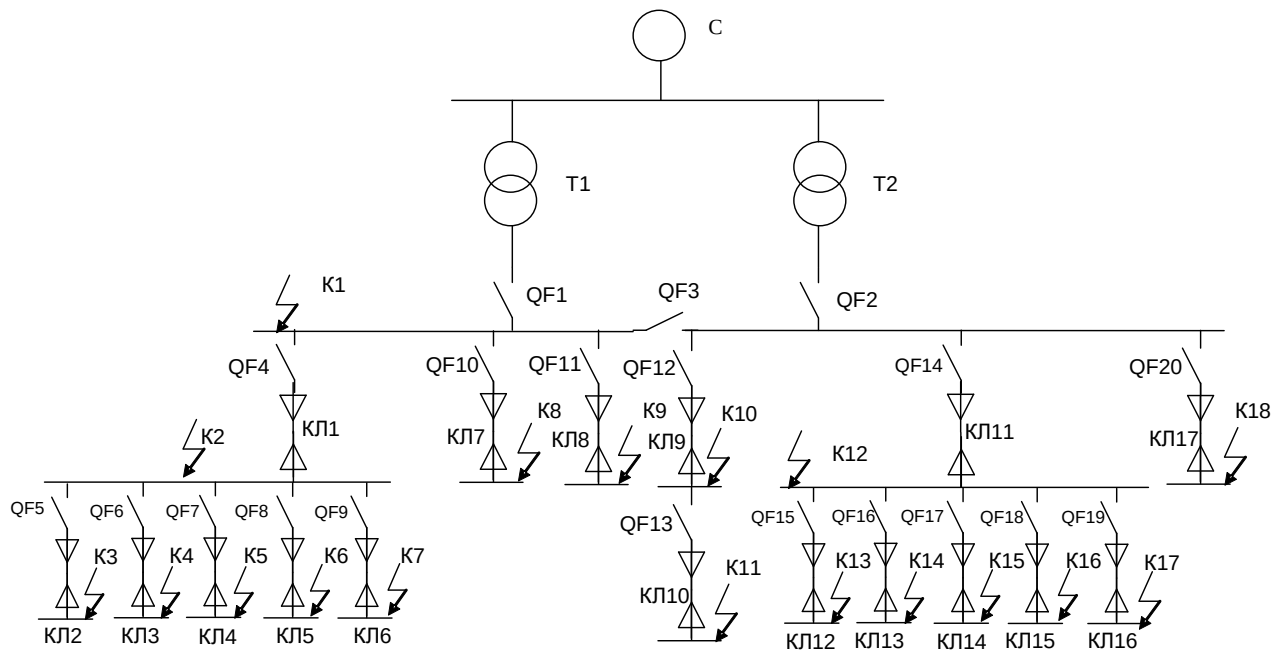


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема ТП

$$r_T = \frac{10,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4^2}{1^2} = 1,728 \text{ мОм};$$

$$x_T = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{1000} = 0,009 \text{ мОм.}$$

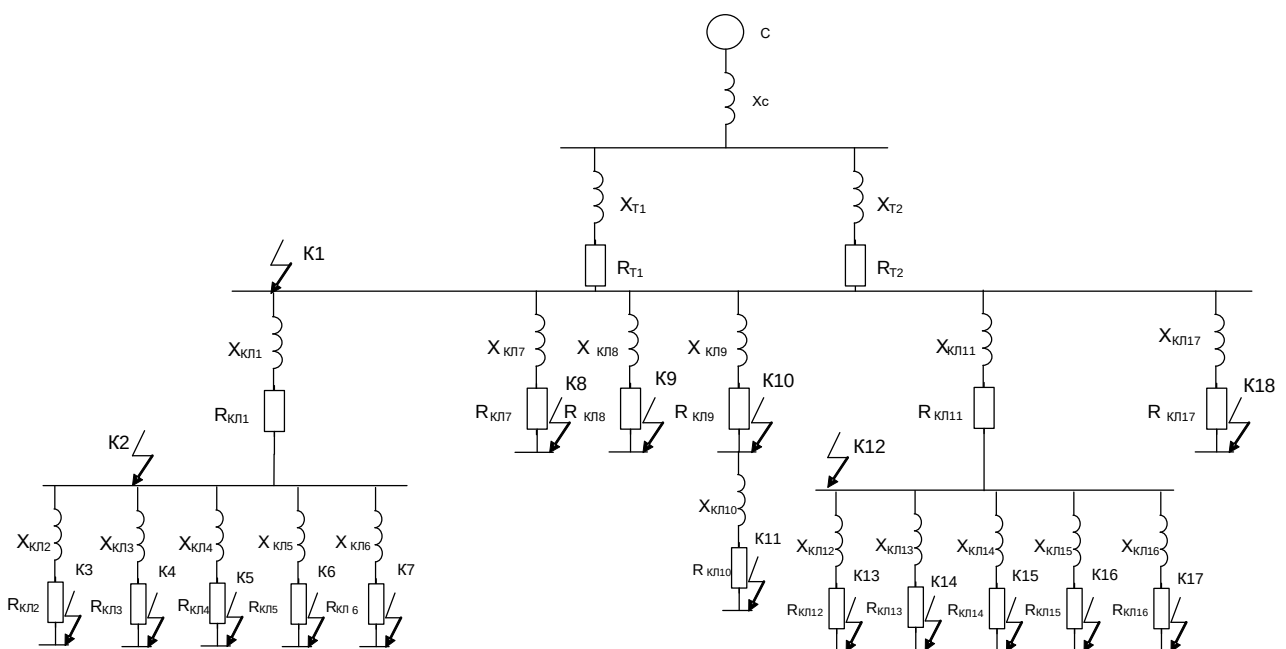


Рисунок 2.7 – Схема заміщення КЗ кола

$$x_{рез1}^o = 4,03 + 0,018 = 4,048 \text{ мОм};$$

– активний:

$$r_{рез1}^o = 0,65 + 5,5 + 15 = 21,15 \text{ мОм}.$$

Розрахунок опорів КЛ зведемо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Результати розрахунку опорів КЛ 0,4 кВ

| Назва КЛ | $l$ , км | $r_o$ , Ом/км | $r$ , мОм | $x_o$ , Ом/км | $x$ , Ом |
|----------|----------|---------------|-----------|---------------|----------|
| КЛ1      | 0,088    | 0,077         | 6,776     | 0,077         | 6,776    |
| КЛ2      | 0,012    | 0,74          | 8,88      | 0,091         | 1,092    |
| КЛ3      | 0,045    | 0,74          | 33,3      | 0,091         | 4,095    |
| КЛ4      | 0,09     | 0,53          | 47,7      | 0,088         | 7,92     |
| КЛ5      | 0,125    | 0,74          | 92,5      | 0,091         | 11,375   |
| КЛ6      | 0,162    | 0,74          | 119,88    | 0,091         | 14,742   |
| КЛ7      | 0,3      | 3,09          | 927       | 0,1           | 30       |
| КЛ8      | 0,38     | 0,37          | 140,6     | 0,085         | 32,3     |
| КЛ9      | 0,4      | 0,265         | 106       | 0,082         | 32,8     |
| КЛ10     | 0,025    | 1,84          | 46        | 0,099         | 2,475    |
| КЛ11     | 0,1      | 0,077         | 7,7       | 0,077         | 7,7      |
| КЛ12     | 0,012    | 0,74          | 8,88      | 0,091         | 1,092    |
| КЛ13     | 0,045    | 0,74          | 33,3      | 0,091         | 4,095    |
| КЛ14     | 0,09     | 0,53          | 47,7      | 0,088         | 7,92     |
| КЛ15     | 0,125    | 0,74          | 92,5      | 0,091         | 11,375   |
| КЛ16     | 0,162    | 0,74          | 119,88    | 0,091         | 14,742   |
| КЛ17     | 0,055    | 3,09          | 169,95    | 0,1           | 5,5      |

Для підтвердження надійності обраних кабельних ліній проведемо їх перевірку на термічну стійкість до впливу струмів КЗ за формулою (А.9.7). Підсумкові дані цієї перевірки систематизовано в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Результати перевірки вибраних КЛ

| Точка<br>КЗ | $X_{рез}$ ,<br>МОм | $r_{доd}$ ,<br>МОм | $r_{рез}$ ,<br>МОм | $Z_{рез}$ ,<br>МОм | $I_k$ , кА | $k_y$ | $i_y$ , кА | $F_{min}$ ,<br>мм <sup>2</sup> | $F_{np}$ ,<br>мм <sup>2</sup> |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|-------|------------|--------------------------------|-------------------------------|
| K1          | 3,299              | 15                 | 17,968             | 18,268             | 12,657     | 1,05  | 18,738     | —                              | —                             |
| K2          | 10,075             | 20                 | 44,744             | 45,864             | 5,041      | 1     | 7,108      | 22                             | 240                           |
| K3          | 11,167             | 25                 | 78,624             | 79,413             | 2,912      | 1     | 4,105      | 13                             | 25                            |
| K4          | 14,17              | 25                 | 103,044            | 104,014            | 2,223      | 1     | 3,134      | 10                             | 25                            |
| K5          | 17,995             | 25                 | 117,444            | 118,815            | 1,946      | 1     | 2,744      | 9                              | 35                            |
| K6          | 21,45              | 25                 | 162,244            | 163,656            | 1,413      | 1     | 1,992      | 6                              | 25                            |
| K7          | 24,817             | 25                 | 189,624            | 191,241            | 1,209      | 1     | 1,705      | 5                              | 25                            |
| K8          | 33,299             | 20                 | 964,968            | 965,542            | 0,239      | 1     | 0,338      | 1                              | 6                             |
| K9          | 35,599             | 20                 | 158,568            | 162,515            | 1,423      | 1     | 2,006      | 6                              | 50                            |
| K10         | 36,099             | 20                 | 143,968            | 148,425            | 1,558      | 1     | 2,196      | 7                              | 70                            |
| K11         | 38,574             | 25                 | 214,968            | 218,401            | 1,059      | 1     | 1,493      | 5                              | 10                            |
| K12         | 10,999             | 20                 | 45,668             | 46,974             | 4,922      | 1     | 6,940      | 22                             | 240                           |
| K13         | 12,091             | 25                 | 79,548             | 80,462             | 2,874      | 1     | 4,052      | 13                             | 25                            |
| K14         | 15,094             | 25                 | 103,968            | 105,058            | 2,201      | 1     | 3,103      | 10                             | 25                            |
| K15         | 18,919             | 25                 | 118,368            | 119,870            | 1,929      | 1     | 2,720      | 8                              | 50                            |
| K16         | 22,374             | 25                 | 163,168            | 164,695            | 1,404      | 1     | 1,979      | 6                              | 25                            |
| K17         | 25,741             | 25                 | 190,548            | 192,279            | 1,202      | 1     | 1,696      | 5                              | 25                            |
| K18         | 8,799              | 20                 | 207,918            | 208,104            | 1,111      | 1     | 1,567      | 5                              | 6                             |

Приймаємо вибрані перерізи кабелів до встановлення.

## 2.12. Вибір обладнання

### 2.12.1. Вибір комірок

Обладнання на стороні 10 кВ розміщують в комірках типу КСО-304 (УкрЕЛКОМ) [16], вибір та перевірку яких здійснюють за наступними умовами, відповідно до додатку А.11 за виразами А.11.1-А.11.5. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Вибір комірок 10 кВ

| Каталожні дані                                       | Розрахункові дані                                           |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| $U_{\text{ном.крп}}=10 \text{ кВ}$                   | $U_{\text{ном}}=10 \text{ кВ}$                              |
| $I_{\text{ном.крп}}=630 \text{ А}$                   | $I_{\text{р.мах}}=54,1 \text{ А}$                           |
| $I_{\text{ном.відкл.крп}}=20 \text{ кА}$             | $I_{\text{к.мах}}=2,67 \text{ кА}$                          |
| $i_{\text{ном.дин.крп}}=51 \text{ кА}$               | $i_{\text{у.мах}}=4,91 \text{ кА}$                          |
| $B_{\text{т}}=20^2 \cdot 1=400 \text{ кА}^2\text{с}$ | $B_{\text{к}}=2,67^2 \cdot 0,25= 1,78 \text{ кА}^2\text{с}$ |

Оскільки умови виконуються, отже, приймаємо остаточно комірки типу КСО-304УЗ.

### 2.12.2. Вибір роз'єднувачів

Попередньо приймаємо роз'єднувачі фірми УкрЕЛКОМ для внутрішнього встановлення, з ручним важельним приводом, які обладнані заземлюючими ножами зі сторони нерухомих контактів РР/ЕЛ-10 [17]. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Вибір роз'єднувачів 10 кВ

| Розрахункові дані                                                     | Каталожні дані                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $U_{\text{уст}}=10 \text{ кВ}$                                        | $U_{\text{ном}}=10 \text{ кВ}$                       |
| $I_{\text{норм}}=27,04 \text{ А}$<br>$I_{\text{макс}}=54,1 \text{ А}$ | $I_{\text{ном}}=630 \text{ А}$                       |
| $i_{\text{у}}=4,91 \text{ кА}$                                        | $i_{\text{гр наскр}}=51 \text{ кА}$                  |
| $B_{\text{к}}=2,67^2 \cdot 0,25= 1,78 \text{ кА}^2\text{с}$           | $B_{\text{т}}=20^2 \cdot 1=400 \text{ кА}^2\text{с}$ |

Так як умови виконуються, приймаємо остаточно роз'єднувачі типів РР/ЕЛ-РР-30-10-630У2.

### 2.12.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Оскільки в нормальному режимі роботи робочий струм в живлячій лінії складає 27,04 А, то встановлюємо у ввідну комірку КСО-304 вимикач навантаження з дугогасними камерами без запобіжника. В свою чергу, в трансформаторну (лінійну) комірку КСО-304 встановлюємо вимикач навантаження із запобіжником для захисту трансформатора від струмів КЗ. Комірки КСО-304 комплектуються рубаючими автогазовими вимикачами навантаження типу ВНР-РА/ЕL-10 (УкрЕЛКОМ) [18]. Результати перевірки вимикачів навантаження та запобіжників зведемо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Вибір вимикачів навантаження 10 кВ

| Розрахункові дані                                          | Каталожні дані                                        |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| $U_{уст} = 10 \text{ кВ}$                                  | $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$                             |
| $I_{ном} = 27,04 \text{ А}$<br>$I_{макс} = 54,1 \text{ А}$ | $I_{ном} = 630 \text{ А}$                             |
| $i_y = 4,91 \text{ кА}$                                    | $i_{гр наскр} = 20 \text{ кА}$                        |
| $I_{но} = 2,67 \text{ кА}$                                 | $I_{гр наскр} = 10 \text{ кА}$                        |
| $B_k = 2,67^2 \cdot 0,25 = 1,78 \text{ кА}^2\text{с}$      | $I_m^2 t_m = 20^2 \cdot 1 = 400 \text{ кА}^2\text{с}$ |
| $I_{макс} = 54,1 \text{ А}$                                | $I_{ном.з} = 100 \text{ А}$                           |
| $I_{макс} = 54,1 \text{ А}$                                | $I_{вимк з} = 630 \text{ кА}$                         |
| $S'' = 50 \text{ МВА}$                                     | $S_{вимк з} = 200 \text{ МВА}$                        |

Отже, остаточно встановлюємо у ввідні комірки вимикач навантаження ВНР РА/ЕL-ПР-3О-10-630-25У2 та у лінійні ВНРП РА/ЕL-ПР-3О-10-630-25У2.

### 2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

На стороні 0,4 кВ силових трансформаторів ТП встановлюємо розподільні комірки типу ЩО-04 виробника УкрЕЛКОМ [19], де встановлено автоматичні вимикачі компанії [20] (CNC Electric), які перевіряємо за умовами, як наведено в додатку А.12. Вибір та перевірку зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір автоматичних вимикачів

| Назва вимикача | Тип вимикача | Каталожні дані      |                   |                   | Розрахункові дані |          |           |
|----------------|--------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|-----------|
|                |              | $U_{ном.АВ},$<br>кВ | $I_{ном.розщ},$ А | $I_{гр.вимк},$ кА | $U_{ном},$ кВ     | $I_p,$ А | $I_K,$ кА |
| <b>QF1</b>     | ВА-78        | 0,4                 | 1400              | 70                | 0,4               | 1312     | 12,657    |
| <b>QF2</b>     | ВА-78        | 0,4                 | 1400              | 70                | 0,4               | 1312     | 12,657    |
| QF3            | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 262,04   | 5,041     |
| QF4            | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 10,39    | 0,239     |
| QF5            | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 85,29    | 1,423     |
| QF6            | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 100,51   | 1,558     |
| QF7            | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 281,08   | 4,922     |
| QF8            | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 10,39    | 1,111     |
| <b>QF9</b>     | ВА-78        | 0,4                 | 1400              | 70                | 0,4               | 1312     | 12,657    |
| QF10           | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 262,04   | 5,041     |
| QF11           | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 10,39    | 0,239     |
| QF12           | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 85,29    | 1,423     |
| QF13           | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 100,51   | 1,558     |
| QF14           | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 281,08   | 4,922     |
| QF15           | ВА-74        | 0,4                 | 300               | 50                | 0,4               | 10,39    | 1,111     |

Отже, приймаємо до встановлення вибрані вимикачі.

### 2.12.5. Вибір вимірювальної апаратури

Для розрахункового (комерційного) обліку електричної енергії на вводах низької напруги в комірках ЩО-04 встановлюємо трифазний електронний лічильник NIK2303 [21]. Даний електронний лічильник під'єднується до вимірювальних кіл через шинні вимірювальні трансформатори струму. Прийmemo трансформатори струму типу ТШ-0,66-2 [22] (Мегомметр). Перевіряти їх будемо за методикою, яка подана в додатку А.13.

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.18.

|     |      |          |        |      |                           |      |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                           | 30   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

Таблиця 2.18 – Вибір шинних ТС

| Каталожні дані                                                                                                                                                                      | Розрахункові дані                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I_{ном1TC}=1500 \text{ А}$<br>$U_{номTC}=0,72 \text{ кВ}$<br>$i_{ном \text{ дин}}=51 \text{ кА}$<br>$B_m = I_m^2 t_m = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$<br>$s_{2ном}=5 \text{ ВА}$ | $I_{p \text{ max}}= 1312 \text{ А}$<br>$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$<br>$i_{y \text{ max}}= 18,738 \text{ кА}$<br>$B_k = I_{k \text{ max}}^2 t_n = 12,657^2 \cdot 0,25 = 40,04 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$<br>$s_{2p}=0,286 \text{ ВА}$ |

Розрахунок номінального навантаження трансформатора струму подано в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Вибір лічильників

| Назва приладу         | Тип приладу | Навантаження, ВА |
|-----------------------|-------------|------------------|
| Електронний лічильник | NIK2303     | 5                |
| Всього                | —           | 5                |

Із метою контролю струму на лініях, що відходять встановлюємо амперметр АМ-3М [23], вибираємо трансформатори струму типу Т-0,66. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.20.

Таблиця 2.20 – Вибір ТС

| Каталожні дані                                                                                                                                                                      | Розрахункові дані                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I_{ном1TC}=300 \text{ А}$<br>$U_{номTC}=0,72 \text{ кВ}$<br>$i_{ном \text{ дин}}= 51 \text{ кА}$<br>$B_m = I_m^2 t_m = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$<br>$s_{2ном}=5 \text{ ВА}$ | $I_{p \text{ max}}= 281,08 \text{ А}$<br>$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$<br>$i_{y \text{ max}}=7,108 \text{ кА}$<br>$B_k = I_{k \text{ max}}^2 t_n = 5,041^2 \cdot 0,25 = 6,35 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$<br>$s_{2p}=0,6 \text{ ВА}$ |

Отже, приймаємо до встановлення вибрані трансформатори струму.

### РОЗДІЛ 3

#### РОЗРАХУНОК СЕП ТРАНСПОРТЕРУ

Розрахунок СЕП транспортеру, який встановлено в цеху дорощування, проводимо за методикою додатку Б.

Вибір двигуна транспортеру здійснимо відповідно до п. Б.1, а результати зведемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку

| Позначення , одиниця вимірювання | Значення |
|----------------------------------|----------|
| <b>Вихідні дані</b>              |          |
| $v_k$ , м/с                      | 0,8      |
| $D$ , м                          | 0,4      |
| $i_p$                            | 24       |
| $\eta_n$                         | 0,81     |
| $F_{n,б}$ , Н                    | 380      |
| $F_{наб}$ , Н                    | 7400     |
| $F_o$ , Н                        | 1900     |
| $k_3$                            | 1,12     |
| <b>Розрахункові дані</b>         |          |
| $F_c$ , Н                        | 5120     |
| $P_{ов}$ , кВт                   | 5,56     |
| $\omega_{ов}$ , рад/с            | 96       |
| $n_{ов}$ , об/хв                 | 916      |
| <b>Каталожні дані</b>            |          |
| $P_{ном}$ ,кВт                   | 5,5      |
| $U_{ном}$ , В                    | 400      |
| $\omega_{ном}$ , рад/с           | 102      |
| $n_{ном}$ , об/хв                | 975      |
| $M_n / M_{ном}$                  | 2,7      |
| $\cos \varphi$                   | 0,72     |
| $\eta$ , %                       | 88       |

|           |               |          |        |      |                                                                                                 |                  |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | <b>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</b>                                                                       |                  |      |         |
| Зм.       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                 |                  |      |         |
| Розробив  | Федіна В.А.   |          |        |      | Електропостачання<br>свинокомплексу встановленою<br>потужністю 950 кВт.<br>Пояснювальна записка | Літ.             | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                 | Д                | 32   | 3       |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                 | ФАБЕ, гр. ЕЕЗ-41 |      |         |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                 |                  |      |         |

Отже, вибираємо типу Siemens 1LE1503-1CC3 IE3 5,5 kW [29].

$$I_{\text{дв}} = \frac{5,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,72 \cdot 0,88} = 12,5 \text{ А},$$

Отже, вибираємо кабель ВВГнгд-5х2,5 з  $I_{\text{дон}}=25 \text{ А}$ ,  $x_0=0,116 \text{ Ом/м}$ ,  $r_0=7,4 \text{ Ом/м}$ . Результати вибору показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Вибір кабельної лінії транспортеру

| Розрахункові дані                          | Каталожні дані                |
|--------------------------------------------|-------------------------------|
| $I_{\text{дв}}=12,5 \text{ А}$             | $I_{\text{дон}}=25 \text{ А}$ |
| $\Delta U_{\text{норм.кл}}=2,21 \text{ В}$ | —                             |
| $\Delta U_{\text{ном.дв}}=1,01 \%$         | $\Delta U_{\text{дон}}=6\%$   |
| $F_{\text{мін}}=1,87 \text{ мм}^2$         | $F=2,5 \text{ мм}^2$          |

Вибір автоматичного вимикача для захисту транспортеру проведемо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати вибору автоматичного вимикача

| Розрахункові дані                                  | Каталожні дані                     |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|
| $U_{\text{ном.дв}}=380 \text{ В}$                  | $U_{\text{ном}}=380 \text{ В}$     |
| $I_{\text{дв}}=12,5 \text{ А}$                     | $I_{\text{ном.авт}}=25 \text{ А}$  |
| $1,25I_{\text{дв}}=1,25 \cdot 12,5=15,6 \text{ А}$ | $I_{\text{спр.розщ}}=25 \text{ А}$ |
| $I_{\text{кз}}^{(3)}=1,1 \text{ кА}$               | $I_{\text{спр.вимк}}=6 \text{ кА}$ |

Отже, приймаємо до встановлення автоматичний вимикач серії EATON PL6-C25 (EATON).

Транспортер стрічковий зображено на рисунку 3.1.



## РОЗДІЛ 4

### САПР

У другому розділі проекту визначався центр активних навантажень. Усі розрахунки проводились у математичному середовищі *PTC Mathcad*. На рисунках 4.1-4.3 зображено програму розрахунку ЦЕН свиногомплексу.

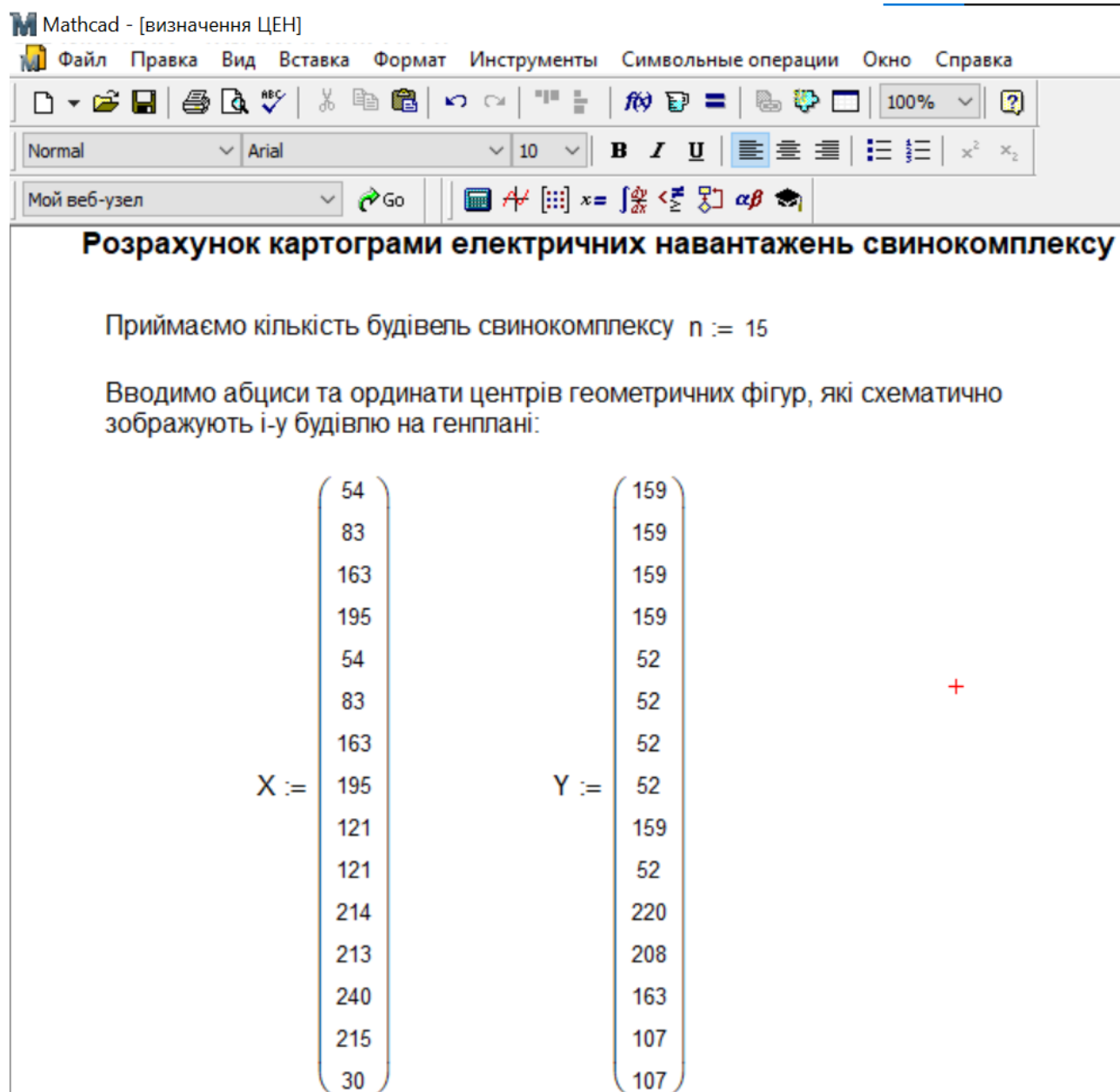


Рисунок 4.1 – Порядок розрахунку ЦЕН свиногомплексу

|           |               |          |        |      |                                                                                                 |                  |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i>                                                                       |                  |      |         |
| Зм.       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                 |                  |      |         |
| Розробив  | Федіна В.А.   |          |        |      | Електропостачання<br>свиногомплексу встановленою<br>потужністю 950 кВт.<br>Пояснювальна записка | Літ.             | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                 | Д                | 35   | 2       |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                 | ФАБЕ, гр. ЕЕз-41 |      |         |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                 |                  |      |         |

Mathcad - [визначення ЦЕН]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Формуємо матриці активної та реактивної потужності будівель свиногокомплексу:

$$P := \begin{pmatrix} 57.1 & 57.1 & 57.1 & 57.1 & 57.1 & 57.1 & 57.1 & 57.1 & 102.2 & 78.9 & 11.5 & 98.7 & 93.7 & 11.8 & 11.8 \end{pmatrix}$$

$$Q := \begin{pmatrix} 37.2 & 37.2 & 37.2 & 37.2 & 37.2 & 37.2 & 37.2 & 37.2 & 56.3 & 43.8 & 7.2 & 77.7 & 71.8 & 8.1 & 8.1 \end{pmatrix}$$

Здійснюємо визначення сумарної активної та реактивної потужності свиногокомплексу:

$$\text{sumP}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + P_{0,i} \end{cases} \quad \text{sumQ}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + Q_{0,i} \end{cases}$$

$$\text{sumP}(n) = 865.4 \quad \text{sumQ}(n) = 570.6$$

Здійснюємо визначення суми добутоків активної та реактивної потужності на координати будівель:

$$\text{dobPX}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + P_{0,i} \cdot X_{i,0} \end{cases} \quad \text{dobPY}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + P_{0,i} \cdot Y_{i,0} \end{cases}$$

Рисунок 4.2 – Порядок розрахунку ЦЕН свиногокомплексу

Mathcad - [визначення ЦЕН]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

$$\text{dobPX}(n) = 1.273 \times 10^5 \quad \text{dobPY}(n) = 1.094 \times 10^5$$

$$\text{dobQX}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + Q_{0,i} \cdot X_{i,0} \end{cases} \quad \text{dobQY}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ s \leftarrow s + Q_{0,i} \cdot Y_{i,0} \end{cases}$$

$$\text{dobQX}(n) = 8.625 \times 10^4 \quad \text{dobQY}(n) = 7.381 \times 10^4$$

Визначаємо координати центрів активного та реактивного навантажень:

$$X_{ца} := \frac{\text{dobPX}(n)}{\text{sumP}(n)} \quad X_{ца} = 147.106$$

$$Y_{ца} := \frac{\text{dobPY}(n)}{\text{sumP}(n)} \quad Y_{ца} = 126.419$$

$$X_{цр} := \frac{\text{dobQX}(n)}{\text{sumQ}(n)} \quad X_{цр} = 151.152$$

$$Y_{цр} := \frac{\text{dobQY}(n)}{\text{sumQ}(n)} \quad Y_{цр} = 129.352$$

Рисунок 4.3 - Порядок розрахунку ЦЕН свиногокомплексу

## РОЗДІЛ 5

### ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

#### Розрахунок захисного занулення цеху дорощування

Розрахунок захисного занулення обладнання цеху дорощування проведемо відповідно до додатку В.

Таблиця 5.1 – Вхідні параметри та результати розрахунку захисного занулення

| <b>Вхідні параметри</b>                        |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| 1                                              | 2            |
| Спосіб розташування вертикальних заземлювачів  | в ряд        |
| Розміри цеху, м                                | 12x76        |
| Матеріал та форма заземлювачів                 | сталь, труба |
| Розмір заземлювачів:                           |              |
| - довжина, м                                   | 2,5          |
| - зовнішній діаметр, м                         | 0,05         |
| Ширина шини, м                                 | 0,08         |
| Вид ґрунту                                     | торф         |
| Глибина залягання заземлюючого пристрою, м     | 0,8          |
| Лінійна напруга, В                             | 400          |
| Матеріал жил кабелю                            | мідь         |
| Активний опір трансформатора, Ом               | 0,001728     |
| Номінальний струм автоматичного вимикача, А    | 250          |
| Довжина петлі «фаза-нуль», м                   | 180          |
| <b>Результати розрахунку</b>                   |              |
| Питомий опір ґрунту, Ом·м [25, т.5.1]          | 20           |
| Кліматичний коефіцієнт $\varphi_2$ [25, т.5.2] | 1,1          |
| Розрахунковий питомий опір $\rho_p$ , Ом·м     | 22           |

|           |               |          |        |      |                                                                                                 |                  |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i>                                                                       |                  |      |         |
| Зм.       | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                 |                  |      |         |
| Розробив  | Федіна В.А.   |          |        |      | Електропостачання<br>свинокомплексу встановленою<br>потужністю 950 кВт.<br>Пояснювальна записка | Літ.             | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                 | Д                | 37   | 2       |
|           |               |          |        |      |                                                                                                 | ФАБЕ, гр. ЕЕз-41 |      |         |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                 |                  |      |         |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                 |                  |      |         |

Продовження таблиці 5.1

| 1                                                                                 | 2     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Відстань від поверхні землі до середини заземлювача $t$ , м                       | 2,05  |
| Опір розтіканню струму однієї вертикальної труби $R_{od}$ , Ом                    | 6,89  |
| Орієнтовна відстань між трубами $a$ , м                                           | 5     |
| Кількість заземлювачів $n'$ , шт.                                                 | 1     |
| Коефіцієнт використання стержньових заземлювачів $\eta$ [25, т.5.3]               | 0,93  |
| Необхідна кількість заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання $n$ , шт. | 1     |
| Коефіцієнт використання для шин $\eta_{ш}$ [25, т.5.4]                            | 0,89  |
| Опір розтіканню струму з'єднувальної шини $R_{ш}$ , Ом                            | 8,3   |
| Опір заземлюючого пристрою без врахування опору шини $R_{ст}$ , Ом                | 5,78  |
| Загальний опір заземлюючого пристрою $R$ , Ом                                     | 3,41  |
| Струм КЗ, А                                                                       | 750   |
| Найбільший можливий опір нульового провідника, Ом                                 | 0,152 |
| Найменший необхідний переріз нульової жили, мм <sup>2</sup>                       | 10,6  |

Розрахункове значення опору заземлення (3,41 Ом) не перевищує гранично допустимі 10 Ом, що дозволяє прийняти систему занулення до впровадження. Мінімально необхідний переріз нульового провідника становить 10,6 мм<sup>2</sup>, що задовольняє раніше прийнятий переріз 35 мм<sup>2</sup>.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Для гарантування нормативного рівня надійності електропостачання споживачів підприємства впроваджено змішану схему живлення цехових розподільчих пунктів 0,4 кВ. Відповідно до вимог I та II категорій надійності, запроєктовано двотрансформаторну підстанцію з силовими трансформаторами ТМ-1000/10, а як резервне джерело живлення передбачено дизель-генераторну установку ESTAR BES-825 потужністю 660 кВт, оснащену системами АВР та дистанційного моніторингу. Зовнішнє живлення об'єкта реалізовано кабельною лінією АПвЕгаПу-10, прокладеною траншейним способом у ґрунті. З метою оптимізації показників якості електроенергії на шинах 0,4 кВ інтегровано низьковольтні конденсаторні батареї сумарною потужністю 260 кВАр.

В індивідуальному розділі розраховано систему електропостачання транспортера в цеху дорошування на базі енергоефективного двигуна Siemens 1LE1503-1CC3 (клас IE3) потужністю 5,5 кВт.

За допомогою інструментарію САПР у середовищі Mathcad проведено аналітичне визначення координат центру активних та реактивних навантажень підприємства.

Питання безпечної експлуатації опрацьовано в розділі «Електробезпека», де розраховано систему захисного занулення цеху дорошування: верифікація показала, що фактично прийнятий переріз нульового провідника 35 мм<sup>2</sup> забезпечує необхідний запас відносно мінімально розрахункової потреби у 10,6 мм<sup>2</sup>.

|     |      |          |        |      |                           |      |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                           | 39   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. [Чинний від 01.07.2016]. Вид. офіц. К: Мінрегіон України, 2016. 49 с.
2. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 122 с.
3. Суворова К. І. Промислове освітлення : конспект лекцій для магістрів денної форми навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньо-професійної програми «Світлотехніка і джерела світла» / К. І. Суворова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 82 с.
4. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 01.03.2019]. Вид. офіц. К: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
5. Освітлювальне обладнання. URL: [https://radiyled.com/wp-content/uploads/2021/11/Agro-MS\\_%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf](https://radiyled.com/wp-content/uploads/2021/11/Agro-MS_%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf)
6. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 148 с.
7. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навчальний посібник 2-ге вид., перероб. та доповн. Київ : Освіта України, 2013. 287 с.
8. Конденсаторні установки. URL: [https://electroservis.com.ua/ustanovki\\_kondensatorni\\_tipu\\_uk](https://electroservis.com.ua/ustanovki_kondensatorni_tipu_uk)
9. Калужний Д.М. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання та електрозбереження» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Електротехнічні системи електроспоживання) / Д. М. Калужний, А. О. Карюк, І. Є. Щербак; Харків. нац.

|     |      |          |        |      |                           |      |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                           | 40   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 124 с.

10. Кабелі силові 10 кВ. URL:

<https://www.yuzhcable.info/index.php?CAT=10&MRI=100107&UN=10>

11. Кабелі силові з ПВХ ізоляцією 1 кВ. URL:

<https://www.yuzhcable.info/cat/18/mri/180102/un/1>

12. Пункт розподільний 0,4 кВ. URL

<https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/punkt-raspreditelnyj-pr11-pr11d>

13. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х. : Видавництво «Форт», 2017. 760 с.

14. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств: Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 269 с.

15. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк та ін. ; за заг. ред. Г.Г. Півняка. 5-е вид., доопрац. і допов. Дніпро : НГУ, 2016. 600 с.

16. Камера збірна одностороннього обслуговування. URL:

[https://www.ukrelcom.com/kso\\_uk.php](https://www.ukrelcom.com/kso_uk.php)

17. Роз'єднувач РР/ЕЛ-10. URL: [https://www.ukrelcom.com/rn3\\_uk.php](https://www.ukrelcom.com/rn3_uk.php)

18. Вимикач навантаження ВНР РА/ЕЛ. URL:

[https://www.ukrelcom.com/v5\\_uk.php](https://www.ukrelcom.com/v5_uk.php)

19. Розподільчі комірки ЩО-04. URL: [https://www.ukrelcom.com/sho\\_uk.php](https://www.ukrelcom.com/sho_uk.php)

20. Автоматичні вимикачі CNC. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/av/cnc-electric>

21. Лічильник електроенергії NIK2303. URL:

<http://www.nik.net.ua/ua/product/NIK-2303-2>

22. Трансформатори струму ТШ-0,66-2, Т-0,66. URL:

<https://www.megommetr.com/index.php/transformatory-toka>

|     |      |          |        |      |                           |      |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                           | 41   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

23. Амперметр електронний трифазний АМ-3М. URL:

<https://digitop.ua/uk/catalog/vimiryuvalni-priladi/am3m/>

24. Електродвигун Siemens. URL:

<https://systemax.ua/ua/elektrodivigateli/trehfaznye-obshepromyshlennye-elektrodivigateli/1le-ie3/1le1503-1cc3-ie3-5-5.html>

25. Сивко В.Й. Розрахунки з охорони праці: навчальний посібник. Житомир. ЖІТІ, 2001. 152 с.

|     |      |          |        |      |                           |      |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>ЛНТУ.971106.000 ПЗ</i> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                           | 42   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |