

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет архітектури, будівництва та енергетики**  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

**Кафедра електричної інженерії**  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

Проектування електропостачання заводу з виготовлення електроніки  
встановленою потужністю 1160 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 ЕЕ-41  
Пешко Дмитро В'ячеславович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник: к.ф.-м.н., доцент  
Падалко Анатолій Михайлович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційний проєкт  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.  
Гарант освітньої програми  
к.т.н., доцент:  
Волинець Владислав Ігорович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2026 року

## АНОТАЦІЯ

Пешко Дмитро В'ячеславович. Проєктування електропостачання заводу з виготовлення електроніки встановленою потужністю 1160 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 п'яти розділів, списку використаних джерел, додатків.

Ціль роботи – розробити систему електропостачання та моделювання режимів роботи електродвигуна. При розробці СЕП підприємства виконувався: розрахунок електричних навантажень, визначення потужності компенсуючих пристроїв, вибір схеми живлення і розподілу електричної енергії, вибір напруги і конфігурації живлячих і розподільчих мереж, розрахунок струмів КЗ і вибір апаратури; а також вибір кількості, потужності і місця встановлення і типу підстанцій, розрахунок засобів релейного захисту і автоматики та т. ін.

**Ключові слова:** розрахунки, електричні навантаження, ієрархічний підхід, силові трансформатори, метод впорядкованих діаграм

## **Annotation**

Peshko Dmytro Vyacheslavovych. Design of power supply for an electronics manufacturing plant with an installed capacity of 1160 kW.. Manuscript.

Qualification project of the bachelor's degree "Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics" specialty 141 Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of five sections, a list of sources used, applications.

The purpose of the work is to develop a power supply system and simulate the operating modes of an electric motor. When developing the PSS of the enterprise, the following was carried out: calculation of electrical loads, determination of the power of compensating devices, selection of a power supply and distribution of electrical energy, selection of voltage and configuration of supply and distribution networks, calculation of short-circuit currents and selection of equipment; as well as the choice of the number, capacity and place of installation and type of substations, etc.

Keywords: calculations, electric loads, hierarchical approach, power transformers, ordered diagrams method

## ЗМІСТ

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                  | <b>7</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ .....</b>                  | <b>8</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 2 .....</b>                                                              | <b>12</b> |
| <b>ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ .....</b>                                              | <b>12</b> |
| 2.1. Розрахунок силового електричних навантажень.....                              | 12        |
| 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень .....                                   | 13        |
| 2.3. Визначення результируючих навантажень .....                                   | 14        |
| 2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень | 15        |
| 2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП .....                        | 16        |
| 2.6. Компенсація реактивної потужності .....                                       | 17        |
| 2.7 Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП .....                   | 17        |
| 2.8. Проєктування мережі живлення підприємства .....                               | 18        |
| 2.9. Проєктування внутрішньої розподільної мережі .....                            | 18        |
| 2.10. Розрахунок струмів короткого замикання .....                                 | 19        |
| 2.11. Вибір обладнання .....                                                       | 20        |
| 2.11.1 Вибір комплектних розподільчих пристроїв .....                              | 20        |
| 2.11.2. Вибір роз'єднувачів .....                                                  | 20        |
| 2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....                          | 21        |
| 2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху .....                                  | 21        |
| 2.12.1. Вибір схеми електропостачання .....                                        | 21        |
| 2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....                | 24        |
| 2.12.3. Вибір трансформаторів струму .....                                         | 27        |
| 2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....                                          | 28        |
| 2.12.5. Вибір рубильників .....                                                    | 29        |
| 2.15. Проєктування освітлювальної мережі.....                                      | 29        |
| <b>РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ</b>                           | <b>31</b> |
| <b>РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР).....</b>                  | <b>33</b> |
| <b>РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА .....</b>                                               | <b>35</b> |
| <b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ .....</b>                                                | <b>36</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....</b>                                               | <b>37</b> |
| <b>ДОДАТКИ .....</b>                                                               | <b>39</b> |
| Додаток А Використані методики .....                                               | 39        |
| Додаток Б Специфікації та переліки посилань.....                                   | 66        |

|             |               |                 |               |             |                                                                                                                                  |                |             |                |
|-------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|----------------|
|             |               |                 |               |             | <i>ЛНТУ.971025.000 ПЗ</i>                                                                                                        |                |             |                |
| <i>Змн.</i> | <i>Лист</i>   | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                                                                                                                  |                |             |                |
| Розробив    | Пешко Д.В.    |                 |               |             | Проєктування електропостачання<br>заводу з виготовлення електроніки<br>встановленою потужністю 1160 кВт.<br>Пояснювальна записка | <i>Літ.</i>    | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| Перевірів   | Падалко А.М.  |                 |               |             |                                                                                                                                  | <i>Д</i>       | 6           | 65             |
| Реценз.     |               |                 |               |             |                                                                                                                                  | ФАБЕ, гр ЕЕ-41 |             |                |
| Н.контр     | Вашелюк Ю.І.  |                 |               |             |                                                                                                                                  |                |             |                |
| Затвердив   | Волинець В.І. |                 |               |             |                                                                                                                                  |                |             |                |

## ВСТУП

Дипломний проєкт присвячений розробці надійної, безпечної та енергоефективної системи електропостачання сучасного заводу з виготовлення електроніки, загальна встановлена потужність електроприймачів якого становить 1160 кВт. Головним призначенням даного промислового підприємства є серійне та дрібносерійне виробництво високотехнологічних електронних компонентів, складних багатошарових друкованих плат, а також фінальне збирання мікропроцесорних модулів для систем промислової автоматизації, телекомунікаційного обладнання та автомобільної електроніки. Характерною рисою цього підприємства є надзвичайно високий ступінь автоматизації технологічних процесів, широке застосування промислових роботів-маніпуляторів, оптичних систем контролю якості та конвеєрних ліній з числовим програмним керуванням. Виробнича потужність заводу розрахована на випуск понад двох мільйонів одиниць готової високоточної продукції на рік, що вимагає ідеального та безперебійного функціонування всіх супутніх інженерних мереж. Режим роботи підприємства є безперервним, організованим у три зміни тривалістю по вісім годин кожна, з регламентованими технологічними зупинками виключно для проведення планового технічного обслуговування обладнання та калібрування прецизійних вимірювальних приладів. Така інтенсивна та відповідальна експлуатація зумовлює віднесення переважної більшості електроприймачів до першої та другої категорій надійності електропостачання згідно з нормативними документами. Навіть короткочасне зникнення напруги живлення або значна зміна її параметрів неминуче призводить до незворотного браку дорогих напівпровідникових матеріалів, критичного збою програмного забезпечення автоматизованих технологічних ліній та тривалого і дороговартісного простою всього заводського конвеєра. Технологічні особливості виробництва мікроелектроніки вимагають створення суворо контрольованих кліматичних умов, зокрема підтримки стабільної температури, заданого рівня вологості та надлишкового тиску в так званих «чистих приміщеннях» класів від ISO 5 до ISO 7.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

# РОЗДІЛ 1

## КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Структура сучасного заводу з виготовлення електроніки розроблена з урахуванням суворої логіки послідовного перетворення базової сировини на кінцевий високотехнологічний продукт та забезпечення безперервного, оптимізованого матеріального потоку між усіма виробничими ділянками підприємства. Головним виробничим осередком, навколо якого вибудовується весь подальший технологічний ланцюжок, є цех поверхневого монтажу. Саме в цьому підрозділі відбувається прецизійне нанесення паяльної пасти через спеціальні металеві трафарети, високошвидкісне автоматичне встановлення мікрочипів, резисторів, конденсаторів та інших мініатюрних електронних компонентів на поверхню друкованих плат за допомогою роботизованих систем. Наступним етапом є оплавлення змонтованих плат у спеціальних конвеєрних конвекційних печах з багатозонним температурним контролем та інертним середовищем. Цей підрозділ потребує найвищого рівня чистоти повітря та ідеальної стабільності параметрів електроживлення для безперебійної та синхронної роботи автоматів-установників. До цеху поверхневого монтажу тісно прилягає цех виробництва багат шарових друкованих плат, який забезпечує базову фізичну основу для майбутніх електронних модулів. Тут щоденно реалізуються складні фізико-хімічні процеси, включаючи ультрафіолетову фотолітографію з високою роздільною здатністю, гальванічне міднення в глибоких хімічних ваннах, хімічне травлення провідних доріжок мікронної товщини та пресування десятків шарів склотекстоліту під надзвичайно високим тиском і температурою. Після успішного монтажу компонентів на плати, напівфабрикати направляються до цеху складання та тестування готової продукції. У цьому просторому підрозділі здійснюється фінальна інтеграція електронних плат у захисні корпуси, підключення внутрішніх комутаційних шлейфів, заливка чутливих.....

|           |               |          |        |      |                                                                                                                                      |                |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ                                                                                                                   |                |      |         |
| Змн.      | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                                                      |                |      |         |
| Розробив  | Пешко Д.В.    |          |        |      | Проектування електропостачання<br>заводу з виготовлення електроніки<br>встановленою потужністю 1160 кВт.<br><br>Пояснювальна записка | Літ.           | Арк. | Аркушів |
| Перевірів | Падалко А.М.  |          |        |      |                                                                                                                                      | Д              | 8    | 4       |
| Реценз.   |               |          |        |      |                                                                                                                                      | ФАБЕ, зр ЕЕ-41 |      |         |
| Н.контр   | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                                                      |                |      |         |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                                                      |                |      |         |

елементів спеціальними віброзахисними компаундами та проведення комплексного автоматизованого функціонального контролю на спеціалізованих стендах. Паралельно з цим процесом безперервно функціонує цех лиття пластикових корпусів під тиском, який повністю задовольняє внутрішні потреби підприємства у зовнішніх оболонках для готових пристроїв. Він оснащений сучасними високопродуктивними термопластавтоматами, промисловими чиллерами для надшвидкого охолодження сталевих прес-форм та системами вакуумної подачі полімерних гранул. Фундаментальною основою для створення власної унікальної компонентної бази виступає цех вирощування напівпровідникових монокристалів. Цей стратегічно важливий високотехнологічний підрозділ оснащений надпотужними індукційними печами, які працюють за методом Чохральського у безперервному багатодобовому режимі для формування ідеальних циліндричних кремнієвих злитків. Зазначений термодинамічний процес вимагає абсолютної стабільності живильної напруги, оскільки навіть мілісекундні коливання призводять до виникнення критичних дислокацій у кристалічній решітці та неминучого відбраковування всієї партії дороговартісного матеріалу. Отримані та нарізані кремнієві пластини передаються до цеху вакуумного напилення та фотолітографії, де в умовах абсолютних «чистих кімнат» найвищого класу відбувається формування мікроскопічних провідних та ізоляційних структур майбутніх мікросхем за допомогою енергоємних магнетронних розпилювальних систем та установок іонної імплантації. Для виконання надточних операцій з'єднання мініатюрних деталей, прошивки мікроотворів та розкрою спеціальних композитних матеріалів на підприємстві передбачено цех лазерної обробки та мікрозварювання.

Електропостачання підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ існуючої ТП-35/10 кВ, відстань до якої становить 0,8 км. Потужність КЗ 55 МВА.

Дозволена реактивна потужність 85 кВАр.

Загальна територія підприємства становить 14400 м<sup>2</sup>, площа будівель складає 4608 м<sup>2</sup>.

Характеристики об'єктів заводу та приймачів в таблиці 1.1. та 1.2

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

Таблиця 1.1 – Характеристики об'єктів

| Назва                                            | $S, m^2$ | $P_{вст\Sigma}, кВт$ |
|--------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Цех поверхневого монтажу                         | 864      | 332,1                |
| Цех виробництва багатошарових друкованих плат    | 576      | 218                  |
| Цех складання та тестування готової продукції    | 576      | 210                  |
| Цех лиття пластикових корпусів під тиском        | 576      | 205                  |
| Цех вирощування напівпровідникових монокристалів | 864      | 88                   |
| Цех вакуумного напилення та фотолітографії       | 576      | 58                   |
| Цех лазерної обробки та мікрозварювання          | 576      | 48,9                 |
| Всього                                           | 4608     | 1160                 |

Технологічний процес у цеху поверхневого монтажу є фундаментальною основою всього циклу виробництва сучасної мікроелектроніки, оскільки саме тут відбувається формування надійних електричних та механічних з'єднань між мініатюрними електронними компонентами та багатошаровою друкованою платою.

Цю задачу виконує напівавтоматичний принтер трафаретного друку моделі SP-500 Pro. За допомогою спеціальних металевих ракелів із керованим тиском та швидкістю він продавлює багатокомпонентну паяльну суміш через лазерно-вирізані отвори у сталевому трафареті, забезпечуючи суворо дозоване покриття кожної контактної зони, що є критично важливим для запобігання коротким замиканням. Після нанесення пасти плата переміщується до зони високошвидкісного монтажу. Основне навантаження щодо продуктивності бере на себе автомат встановлення SMD-компонентів Mounter-X Speed. Використовуючи багатосоплові револьверні головки та систему технічного зору, він захоплює з котушок мініатюрні резистори, конденсатори та індуктивності і з величезною швидкістю позиціонує їх на шар сирової паяльної пасти. Для інтеграції складніших та габаритніших мікросхем, таких як багатовивідні процесори у корпусах типу BGA, застосовується спеціалізований універсальний установник складних компонентів UniPlace-BGA. Він оснащений системою прецизійного оптичного центрування, яка розпізнає кожен окремий вивід мікросхеми, гарантуючи її абсолютно безпомилкове розміщення на платі. Сформована таким чином збірка направляється до термічного серця цеху — конвекційної печі оплавлення ReflowOven-10Z. Вона забезпечує необхідний кратний

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 10   |

обмін повітря, його глибоке очищення, підтримання надлишкового тиску для забезпечення класу чистоти приміщення та видалення токсичних газів. Деякі специфічні компоненти перед паянням потребують додаткової механічної фіксації клеями, а важкі мікросхеми — заливки спеціальними компаундами для захисту від вібрацій. Для затвердіння цих матеріалів застосовується камера термічної полімеризації CC-Heat-30, яка забезпечує тривалий і рівномірний прогрів виробів. Готові змонтовані плати проходять обов'язковий етап очищення в установці відмивання друкованих плат, де за допомогою деіонізованої води під високим тиском знімаються залишки активного флюсу. Якість усіх виконаних операцій фінально перевіряється на установці автоматичної оптичної інспекції, яка виявляє найменші дефекти пайки. Зважаючи на значні тепловиділення від мийного обладнання та камери полімеризації, лінія оснащена дублюючою, другою припливно-витяжною вентиляційною установкою AirFlow-CleanRoom, яка локально обслуговує зону обробки, підтримуючи ідеальний кліматичний баланс. Надійна робота всього цього комплексу верстатів із чутливими сервоприводами та нагрівачами вимагає бездоганної якості електропостачання, що робить розрахунок електричних навантажень першочерговим завданням проєкту.

Таблиця 1.2 – Характеристики приймачів електроенергії цеху

| Назва                                                        | $n$ | $P_{\text{вст}}$ |
|--------------------------------------------------------------|-----|------------------|
| Напівавтоматичний принтер трафаретного друку (SP-500 Pro)    | 3   | 10,5             |
| Автомат встановлення SMD-компонентів (Mounter-X Speed)       | 5   | 18,2             |
| Універсальний установник складних компонентів (UniPlace-BGA) | 4   | 15,4             |
| Конвекційна піч опалювання (ReflowOven-10Z)                  | 4   | 22               |
| Припливно-витяжна вентиляційна установка (AirFlow-CleanRoom) | 4   | 12,5             |
| Установка автоматичної оптичної інспекції (AOI-Vision-3D)    | 1   | 10               |
| Припливно-витяжна вентиляційна установка (AirFlow-CleanRoom) | 4   | 12,5             |

За ступенем надійності: II категорія – 67 % ; III категорія – 33 % .

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

### 2.1. Розрахунок силового електричних навантажень

Розрахунок силового електричних навантажень проведемо на прикладі цеху поверхневого монтажу. Методики описані в додатку А. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок цеху поверхневого монтажу

| Назва електроприймача |                                                              | $P_{ном}$ | $n$ | $P_{вст}$ | $K_B$ | $\cos\varphi$ | $tg\varphi$ | $m$ | $\eta_{ef}$ | $K_M$ | $P_{ср.зм},$<br>кВт | $Q_{ср.з}$ | $P_p$<br>кВт | $Q_p$<br>кВАр |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|-----|-----------|-------|---------------|-------------|-----|-------------|-------|---------------------|------------|--------------|---------------|
| 1                     |                                                              | 2         | 3   | 4         | 5     | 6             | 7           | 8   | 9           | 10    | 11                  | 12         | 13           | 14            |
| Група А               | Напівавтоматичний принтер трафаретного друку (SP-500 Pro)    | 10,5      | 3   | 31,5      | 0,75  | 0,7           | 1,02        |     |             |       | 23,63               | 24,10      | 138,35       | 75,08         |
|                       | Автомат встановлення SMD-компонентів (Mounter-X Speed)       | 18,2      | 3   | 54,6      | 0,65  | 0,8           | 0,75        |     |             |       | 35,49               | 26,62      |              |               |
|                       | Універсальний установник складних компонентів (UniPlace-BGA) | 15,4      | 2   | 30,8      | 0,7   | 0,88          | 0,54        | 2,1 | 9           | 1,16  | 21,56               | 11,64      |              |               |
|                       | Конвекційна піч оплавлення (ReflowOven-10Z)                  | 22        | 2   | 44        | 0,88  | 0,95          | 0,33        |     |             |       | 38,72               | 12,71      |              |               |
|                       | 3 постійним навантаження                                     |           |     |           |       |               |             |     |             |       |                     |            |              |               |
|                       | Припливно-витяжна вентиляційна установка (AirFlow-CleanRoom) | 12,5      | 2   | 25        | 0,8   | 0,88          | 0,54        |     |             |       | 20,00               | 10,79      | 20,00        | 10,79         |
|                       | всього                                                       |           | 12  | 185,9     |       |               |             |     |             |       | 139,40              | 85,88      | 158,35       | 85,88         |
| Група Б               | Автомат встановлення SMD-компонентів (Mounter-X Speed)       | 18,2      | 2   | 36,4      | 0,65  | 0,8           | 0,75        |     |             |       | 23,66               | 7,75       | 143,05       | 49,60         |
|                       | Універсальний установник складних компонентів (UniPlace-BGA) | 15,4      | 2   | 30,8      | 0,7   | 0,88          | 0,54        |     |             |       | 21,56               | 1,64       |              |               |
|                       | Конвекційна піч оплавлення (ReflowOven-10Z)                  | 22        | 2   | 44        | 0,88  | 0,95          | 0,33        | 2,2 | 7           | 1,55  | 38,72               | 2,73       |              |               |
|                       | Установка автоматичної оптичної інспекції (AOI-Vision-3D)    | 10        | 1   | 10        | 0,85  | 0,75          | 0,88        |     |             |       | 8,50                | 7,50       |              |               |
|                       |                                                              |           |     |           |       |               |             |     |             |       |                     |            |              |               |

|           |               |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ                                                                                                               |                |      |         |
| Змн.      | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                                                  |                |      |         |
| Розробив  | Пешко Д.В.    |          |        |      | Проєктування електропостачання<br>заводу з виготовлення електроніки<br>встановленою потужністю 1160 кВт.<br>Пояснювальна записка | Літ.           | Арк. | Аркушів |
| Перевірів | Падалко А.М.  |          |        |      |                                                                                                                                  | Д              | 12   | 28      |
| Реценз.   |               |          |        |      |                                                                                                                                  | ФАБЕ, гр ЕЕ-41 |      |         |
| Н.контр   | Вашелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |

## Продовження таблиці 2.1

| 1                                                                  | 2    | 3  | 4     | 5   | 6    | 7    | 8 | 9 | 10 | 11     | 12    | 13     | 14     |
|--------------------------------------------------------------------|------|----|-------|-----|------|------|---|---|----|--------|-------|--------|--------|
| З постійним навантаженням                                          |      |    |       |     |      |      |   |   |    |        |       |        |        |
| Припливно-витяжна<br>вентиляційна установка<br>(AirFlow-CleanRoom) | 12,5 | 2  | 25    | 0,8 | 0,88 | 0,54 |   |   |    | 20,00  | 10,79 | 20,00  | 10,79  |
| <b>всього Б</b>                                                    |      | 9  | 146,2 |     |      |      |   |   |    | 112,44 | 60,40 | 163,05 | 60,40  |
| <b>ВСЬОГО по цеху</b>                                              |      | 21 | 332,  |     |      |      |   |   |    | 251,84 | 146,2 | 321,4  | 146,28 |

Розрахунок силового навантаження по підприємству проведемо аналогічно. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок силового навантаження по підприємству

| Назва                                                           | $P_H$ ,<br>кВт | $P_{сер.зм}$ ,<br>кВт | $Q_{сер.зм}$ ,<br>кВАр | $S_{сер.зм}$ ,<br>кВА | $P_p$ , кВт | $Q_p$ ,<br>кВАр | $S_p$ ,<br>кВА |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|----------------|
| <b>Цех поверхневого монтажу</b>                                 | 332,10         | 251,84                | 146,28                 | 291,36                | 321,40      | 146,28          | 354,02         |
| РП 1                                                            | 185,90         | 139,40                | 85,88                  | 163,73                | 158,35      | 85,88           | 180,14         |
| РП 2                                                            | 146,20         | 112,44                | 60,40                  | 127,64                | 163,05      | 60,40           | 173,88         |
| <b>Цех виробництва<br/>багатошарових друкованих плат</b>        | 218,00         | 109,00                | 144,97                 | 181,38                | 141,70      | 159,47          | 213,33         |
| <b>Цех вирощування<br/>напівпровідникових<br/>монокристалів</b> | 88,00          | 35,20                 | 46,82                  | 58,57                 | 59,84       | 46,82           | 75,98          |
| <b>Цех складання та тестування<br/>готової продукції</b>        | 210,00         | 105,00                | 139,65                 | 174,72                | 163,80      | 153,62          | 224,56         |
| <b>Цех лиття пластикових корпусів<br/>під тиском</b>            | 205,00         | 82,00                 | 109,06                 | 136,45                | 114,80      | 119,97          | 166,04         |
| <b>Цех вакуумного наплення та<br/>фотолітографії</b>            | 58,00          | 31,90                 | 42,43                  | 53,08                 | 44,66       | 46,67           | 64,60          |
| <b>Цех лазерної обробки та<br/>мікрозварювання</b>              | 48,90          | 44,01                 | 58,53                  | 73,23                 | 52,81       | 64,39           | 83,28          |
| <b>Всього</b>                                                   | 1160,00        | 658,95                | 687,73                 | 968,79                | 899,02      | 737,20          | 1181,80        |

## 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок електричних навантажень за додатком А. Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.3.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

| Назва об'єкта                                    | F, м <sup>2</sup> | h, м | $P_{\text{пит}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ | $P_o, \text{кВт}$ | $K_{\text{п}}$ | $\cos\varphi$ | $\text{tg}\varphi$ | $P_{\text{р.о}}, \text{кВ}$ | $Q_{\text{р.о}}, \text{кВ}$ |
|--------------------------------------------------|-------------------|------|------------------------------------------------|-------------------|----------------|---------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1                                                | 2                 | 3    | 4                                              | 5                 | 6              | 7             | 8                  | 9                           | 10                          |
| Цех поверхневого монтажу                         | 864               | 4    | 12                                             | 10,37             | 0,95           | 0,95          | 0,33               | 9,85                        | 3,24                        |
| Цех виробництва багатошарових друкованих плат    | 576               | 5    | 11                                             | 6,34              | 0,85           | 0,95          | 0,33               | 5,39                        | 1,77                        |
| Цех складання та тестування готової продукції    | 576               | 5    | 11                                             | 6,34              | 0,95           | 0,95          | 0,33               | 6,02                        | 1,98                        |
| Цех лиття пластикових корпусів під тиском        | 576               | 5    | 11                                             | 6,34              | 0,95           | 0,95          | 0,33               | 6,02                        | 1,98                        |
| Цех вирощування напівпровідникових монокристалів | 864               | 5    | 11                                             | 9,50              | 0,85           | 0,95          | 0,33               | 8,08                        | 2,66                        |
| Цех вакуумного напилення та фотолітографії       | 576               | 6    | 12                                             | 6,91              | 0,85           | 0,95          | 0,33               | 5,88                        | 1,93                        |
| Цех лазерної обробки та мікрозварювання          | 576               | 6    | 11                                             | 6,34              | 0,95           | 0,95          | 0,33               | 6,02                        | 1,98                        |
| <b>Зовнішнє</b>                                  | 14400             |      | 0,12                                           | 1,73              | 1              | 0,95          | 0,33               | 1,73                        | 0,57                        |
| <b>Всього</b>                                    | 4608              |      |                                                | 53,86             |                |               |                    | 48,97                       | 16,10                       |

### 2.3. Визначення результуючих навантажень

Результати сумарного навантаження зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок сумарного навантаження

| Назва об'єкта                                    | РП       | $P_{\text{вст}\Sigma}, \text{кВт}$ | $P_{\text{ср.зм}\Sigma}, \text{кВт}$ | $Q_{\text{ср.зм}\Sigma}, \text{квар}$ | $S_{\text{ср.зм}\Sigma}, \text{кВА}$ | $P_{\text{р}\Sigma}, \text{кВт}$ | $Q_{\text{р}\Sigma}, \text{квар}$ | $S_{\text{р}\Sigma}, \text{кВ}$ |
|--------------------------------------------------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1                                                | 2        | 3                                  | 4                                    | 5                                     | 6                                    | 7                                | 8                                 | 9                               |
| Цех поверхневого монтажу                         | РП 1     | 196,27                             | 149,24                               | 89,12                                 | 173,83                               | 168,20                           | 89,12                             | 190,35                          |
|                                                  | РП 2     | 146,20                             | 112,44                               | 60,40                                 | 127,64                               | 163,05                           | 60,40                             | 173,88                          |
|                                                  | $\Sigma$ | 342,47                             | 261,68                               | 149,52                                | 301,46                               | 331,25                           | 149,52                            | 364,23                          |
| Цех виробництва багатошарових друкованих плат    | РП 1     | 224,34                             | 114,39                               | 146,74                                | 186,06                               | 147,09                           | 161,24                            | 218,25                          |
| Цех складання та тестування готової продукції    | РП 1     | 216,34                             | 111,02                               | 141,63                                | 179,96                               | 169,82                           | 155,59                            | 230,32                          |
| Цех лиття пластикових корпусів під тиском        | РП 1     | 211,34                             | 88,02                                | 111,04                                | 141,69                               | 120,82                           | 121,94                            | 171,66                          |
| Цех вирощування напівпровідникових монокристалів | РП 1     | 97,50                              | 43,28                                | 49,47                                 | 65,73                                | 67,92                            | 49,47                             | 84,03                           |

|      |      |          |        |      |                    |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |  |  |  | 14   |

### Продовження таблиці 2.4

| 1                                          | 2    | 3       | 4      | 5      | 6       | 7        | 8      | 9       |
|--------------------------------------------|------|---------|--------|--------|---------|----------|--------|---------|
| Цех вакуумного напилення та фотолітографії | РП 1 | 64,91   | 37,78  | 44,36  | 58,26   | 50,54    | 48,60  | 70,11   |
| Цех лазерної обробки та мікрозварювання    | РП 1 | 55,24   | 50,03  | 60,51  | 78,51   | 58,83    | 66,37  | 88,69   |
| Зовнішнє                                   |      | 1,73    | 1,73   | 0,57   | 1,82    | 1,731,73 | 0,57   | 1,82    |
| Всього                                     |      | 1213,86 | 707,92 | 703,83 | 1013,49 | 947,99   | 753,30 | 1229,10 |

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

Згідно додатку А, визначимо координати центрів активного та реактивного навантажень. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми навантаження

| Назва об'єкта                                    | $R_{P\Sigma \cdot x}$ | $R_{P\Sigma \cdot y}$ | $Q_{P\Sigma \cdot x}$ | $Q_{P\Sigma \cdot y}$ | $r$ | $\alpha$ | $x, м$ | $y, м$ |
|--------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|----------|--------|--------|
| 1                                                | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6   | 7        | 8      | 9      |
| Цех поверхневого монтажу                         | 8613                  | 29680                 | 3887                  | 13397                 | 65  | 11       | 26     | 89,6   |
| Цех виробництва багатошарових друкованих плат    | 12944                 | 13297                 | 14189                 | 14576                 | 43  | 13       | 88     | 90,4   |
| Цех складання та тестування готової продукції    | 4415                  | 4891                  | 4045                  | 4481                  | 47  | 13       | 26     | 28,8   |
| Цех лиття пластикових корпусів під тиском        | 10632                 | 3480                  | 10731                 | 3512                  | 39  | 18       | 88     | 28,8   |
| Цех вирощування напівпровідникових монокристалів | 1358                  | 4021                  | 989                   | 2929                  | 29  | 43       | 20     | 59,2   |
| Цех вакуумного напилення та фотолітографії       | 7358                  | 1476                  | 7076                  | 1419                  | 25  | 42       | 145,6  | 29,2   |
| Цех лазерної обробки та мікрозварювання          | 11531                 | 1718                  | 13008                 | 1938                  | 27  | 37       | 196    | 29,2   |
| Ца                                               |                       |                       |                       |                       |     |          | 60,0   | 61,8   |
| Цр                                               |                       |                       |                       |                       |     |          | 71,6   | 56,1   |
| <b>Всього</b>                                    | 62232                 | 66252                 | 55331                 | 40098                 |     |          |        |        |

## 2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП

Орієнтовний вибір числа та потужності силових трансформаторів здійснюють за питомою густиною навантаження (Додаток А), результати вибору в таблиці 2.6:

Таблиця 2.6 – Вибір типу та кількості трансформаторів ТП з врахуванням НБК

| Показник                        | І група                                                                                      |          |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|                                 | I                                                                                            | II       |
| $P_{\text{ср.3м}\Sigma}$ , кВт  | 707,92                                                                                       | 707,92   |
| $Q_{\text{ср.3м}\Sigma}$ , кВАр | 703,83                                                                                       | 703,83   |
| $S_{\text{ср.3м}\Sigma}$ , кВА  | 1013,49                                                                                      | 1013,49  |
| F, м <sup>2</sup>               | 4608                                                                                         | 4608     |
| Тип трансформатора              | ТМ-630                                                                                       | ТМ-400   |
| $N_{\text{min}}$ , шт.          | 1,4                                                                                          | 2,2      |
| $N_{\text{опт}}$ , шт.          | 2,0                                                                                          | 4,0      |
| $Q_{\text{max T}}$ , кВАр       | 717,58                                                                                       | 1066,42  |
| $Q_{\text{НБК1}}$ , кВАр        | 0,0                                                                                          | 0,0      |
| $K_{p1}$                        | 24                                                                                           | 24       |
| $K_{p2}$                        | 3                                                                                            | 3        |
| $\gamma$                        | 0,91                                                                                         | 0,95     |
| $Q_{\text{НБК2}}$ , квар        | 0,00                                                                                         | 0,00     |
| $Q_{\text{НБК}}$ , квар         | 0,00                                                                                         | 0,0      |
| Тип НБК                         |                                                                                              | 0        |
| $\Delta P_X$ , кВт              | 2,27                                                                                         | 1,45     |
| $\Delta P_K$ , кВт              | 7,6                                                                                          | 5,5      |
| $\Delta W$ , тис.кВт·год        | 11,473                                                                                       | 13,297   |
| $C_e$ , тис.грн.                | 166,930                                                                                      | 193,475  |
| K, тис.грн.                     | 885,040                                                                                      | 1360,128 |
| З, тис.грн.                     | 277,560                                                                                      | 363,491  |
| Перевірка ТП                    | $1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,35) \cdot 518}{2} = 659 \text{ кВА}$ |          |

## 2.6. Компенсация реактивной мощности

Результаты расчетов высоковольтных компенсирующих устройств согласно с методикой (Додаток А), зведемо в таблицю 2.7.

Таблица 2.7 – Розрахунок потужності ВБК

| Показник                              | Значення            |
|---------------------------------------|---------------------|
| $Q_{\text{ср.зм}\Sigma, \text{квар}}$ | 703,83              |
| $Q_{\text{емах}, \text{квар}}$        | 85                  |
| $Q_{\text{НБКф}, \text{квар}}$        | 0                   |
| $\Delta Q_{\text{Т}, \text{квар}}$    | 33                  |
| $K_{\text{НС}}$                       | 0,75                |
| $Q_{\text{М1}, \text{квар}}$          | 527,87              |
| $Q_{\text{К1}, \text{квар}}$          | 442,87              |
| $Q_{\text{НСТ}, \text{квар}}$         | 769,83              |
| $Q_{\text{ВБК}, \text{квар}}$         | 508,87              |
| Тип НБК                               | 0 УКРМ 0.4 200/6-20 |

## 2.7 Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Результаты расчетов электрических нагрузок на вышних уровнях СЕП зведемо в таблицю 2.8

Таблица 2.8 – Розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП

| Розрахункове навантаження            | Значення |
|--------------------------------------|----------|
| $P_{\text{ср.зм}\Sigma \text{кВт}}$  | 707,92   |
| $Q_{\text{ср.зм}\Sigma \text{квар}}$ | 703,83   |
| $Q_{\text{НБК} \text{квар}}$         | 400      |
| $P_{\text{р3} \text{кВт}}$           | 707,92   |
| $Q_{\text{р3} \text{квар}}$          | 303,83   |
| $S_{\text{р3} \text{кВА}}$           | 770,37   |
| $\Delta P_{\text{Т} \text{кВт}}$     | 15,41    |
| $\Delta Q_{\text{Т} \text{квар}}$    | 77,04    |
| $P_{\text{р4} \text{кВт}}$           | 723,33   |
| $Q_{\text{р4} \text{квар}}$          | 380,87   |
| $S_{\text{р4} \text{кВА}}$           | 817,47   |

## 2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Проведемо перевірку живлячих ліній АПвЕКВ-10 (Одескабель). Результати зведемо в таблицю 2.9

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

| F, мм <sup>2</sup> | I <sub>доп</sub> , А | I' <sub>доп</sub> , А | r <sub>0</sub> , Ом/км | x <sub>0</sub> , Ом/км | ΔU <sub>норм</sub> , В | ΔU <sub>норм</sub> , % | ΔU <sub>ПАВ</sub> , % | K <sub>зл</sub> | ΔP <sub>н</sub> , кВт | ΔP <sub>д</sub> , кВт | C <sub>e</sub> , тис. грн. | K, тис. грн. | З, тис. грн. |
|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| 35                 | 115                  | 118,45                | 0,89                   | 0,095                  | 25,15                  | 0,25                   | 0,50                  | 0,199           | 29,97                 | 1,189506              | 10,56675428                | 768          | 106,567      |
| 50                 | 140                  | 144,2                 | 0,63                   | 0,09                   | 18,25                  | 0,18                   | 0,36                  | 0,164           | 31,44                 | 0,84201               | 7,479837302                | 1160         | 152,480      |
| 70                 | 165                  | 169,95                | 0,45                   | 0,086                  | 13,46                  | 0,13                   | 0,27                  | 0,139           | 31,19                 | 0,601436              | 5,34274093                 | 1347,2       | 173,743      |
| 95                 | 205                  | 211,15                | 0,33                   | 0,083                  | 10,26                  | 0,10                   | 0,21                  | 0,112           | 35,31                 | 0,441053              | 3,918010015                | 1548,8       | 197,518      |
| 120                | 216                  | 222,48                | 0,258                  | 0,081                  | 8,34                   | 0,08                   | 0,17                  | 0,106           | 30,65                 | 0,344823              | 3,063171466                | 1840         | 233,063      |
| 150                | 246                  | 253,38                | 0,206                  | 0,79                   | 20,89                  | 0,21                   | 0,42                  | 0,093           | 31,74                 | 0,275324              | 2,44578807                 | 2208         | 278,446      |
| 185                | 275                  | 283,25                | 0,167                  | 0,077                  | 5,88                   | 0,06                   | 0,12                  | 0,083           | 32,16                 | 0,223199              | 1,982750523                | 2592         | 325,983      |

Отже обираємо кабель АПвЕКВ-10 (Одескабель) перерізом 35мм<sup>2</sup>

## 2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибір ліній схем внутрішнього електропостачання кабелем та пунктом розподільчим ПР11-7065 (Електроград) проведемо в таблиці 2.10 та 2.11

Таблиця 2.10 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

| Назва КЛ | n | S <sub>рΣ</sub> , кВА | I <sub>p</sub> , А | I <sub>п.ав</sub> , А | l, км | S  | I <sub>доп</sub> , А | I' <sub>доп</sub> , А | I'' <sub>доп</sub> , А | r <sub>0</sub> , Ом/км | x <sub>0</sub> , Ом/км | ΔU <sub>норм</sub> , % | ΔU <sub>ПАВ</sub> , % |
|----------|---|-----------------------|--------------------|-----------------------|-------|----|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| ТП-РП1.1 | 2 | 190,35                | 144,60             | 289,21                | 0,12  | 25 | 150                  | 155                   | 162                    | 0,8                    | 0,07                   | 5,39                   | 10,79                 |
| ТП-РП1.2 | 2 | 173,88                | 132,09             | 264,18                | 0,114 | 25 | 150                  | 155                   | 162                    | 0,8                    | 0,07                   | 4,68                   | 9,36                  |
| ТП-РП2   | 2 | 218,25                | 165,80             | 331,59                | 0,09  | 35 | 175                  | 180                   | 189                    | 0,57                   | 0,06                   | 3,35                   | 6,69                  |
| ТП-РП3   | 2 | 230,32                | 174,97             | 349,94                | 0,126 | 35 | 175                  | 180                   | 189                    | 0,57                   | 0,06                   | 4,94                   | 9,89                  |
| ТП-РП4   | 2 | 241,77                | 183,67             | 367,34                | 0,066 | 35 | 175                  | 180                   | 189                    | 0,57                   | 0,06                   | 2,72                   | 5,44                  |
| ТП-РП5   | 2 | 242,83                | 184,47             | 368,94                | 0,084 | 35 | 175                  | 180                   | 189                    | 0,57                   | 0,06                   | 3,47                   | 6,95                  |
| РП4-РП6  | 2 | 158,80                | 120,64             | 241,27                | 0,126 | 16 | 115                  | 118                   | 124,2                  | 1,25                   | 0,07                   | 7,22                   | 14,44                 |
| РП6-РП7  | 2 | 88,69                 | 67,37              | 134,75                | 0,09  | 10 | 85                   | 88                    | 91,8                   | 2                      | 0,07                   | 4,54                   | 9,08                  |

|      |      |          |        |      |                    |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |  |  |  | 18   |

Таблиця 2.11 – Вибір розподільчих пунктів ПР11

| Назва                                            | $S_{p\Sigma}$ , кВА | $I_p$ , А | РП        | $I_{доп}$ , А |
|--------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|---------------|
| Цех поверхневого монтажу                         | 190,35              | 289,21    | ПР11-3075 | 250           |
|                                                  | 173,88              | 264,18    | ПР11-3075 | 250           |
| Цех виробництва багатошарових друкованих плат    | 218,25              | 331,59    | ПР11-3050 | 160           |
| Цех складання та тестування готової продукції    | 230,32              | 349,94    | ПР11-3078 | 250           |
| Цех лиття пластикових корпусів під тиском        | 241,77              | 367,34    | ПР11-3078 | 250           |
| Цех вирощування напівпровідникових монокристалів | 242,83              | 368,94    | ПР11-3078 | 250           |
| Цех вакуумного напilenня та фотолітографії       | 158,80              | 241,27    | ПР11-3050 | 160           |
| Цех лазерної обробки та мікрозварювання          | 88,69               | 134,75    | ПР11-3050 | 160           |

## 2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Потужність короткого замикання джерела живлення  $S_{кз} = 55$  МВА . Результати розрахунків згідно додатку А запишемо в наступну таблицю 2.12

Таблиця 2.12 –Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

| Показник                           | Значення |
|------------------------------------|----------|
| $S_{кз}$ МВА                       | 55       |
| $\dot{X}_{C*}$                     | 1,818    |
| $\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$   | 0,069    |
| $\dot{X}_{КЛ12*}$                  | 0,034    |
| $\dot{X}_{рез*}$                   | 1,853    |
| $I_{6кА}$                          | 5,50     |
| $I_{n0кА}$                         | 2,968    |
| $k_y$                              | 1,4      |
| $i_{yкА}$                          | 5,876    |
| $K_T \frac{A \cdot c^{1/2}}{MM^2}$ | 118      |
| $t_{nc}$                           | 0,25     |
| $F_{minMM2}$                       | 12,6     |
| $B_{KKA2 \cdot c}$                 | 2,20     |
| АПвЕгаПу-10                        | 3х35     |

## 2.11. Вибір обладнання

### 2.11.1 Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для розподілу електроенергії на стороні ТП 10 кВ ми приймаємо камери камери серії КСО-393 (ЗНА «Лідер Електрик» ) з, ВНА-10/630 (УкрЕлектро) Результати перевірки зводимо в таблицю 2.13. Розподільний вузол 0,4 кВ виконаний у вигляді двох збірних шин з панелями ЩО-16 (ЗНА «Лідер Електрик»)

Таблиця 2.13 – Перевірка комірок

| Показник                          | Розрахункові дані                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $U_{уст}, \text{кВ}$              | 10 кВ                             |
| $I_{норм}, \text{А}$              | 23,60 А                           |
| $I_{max}, \text{А}$               | 47,20 А                           |
| $i_y, \text{кА}$                  | 5,876 кА                          |
| $B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 2,20 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ |

### 2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі обладнані заземлюючими ножами РВЗ-10/630 УХЛІ2 (УкрЕлектро) Результати перевірки зведемо в таблицю 2.14

Таблиця 2.14 – Перевірка роз'єднувача

| показник                          | Розрахункові дані                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $U_{уст}, \text{кВ}$              | 10 кВ                             |
| $I_{норм}, \text{А}$              | 23,60 А                           |
| $I_{max}, \text{А}$               | 47,20 А                           |
| $i_y, \text{кА}$                  | 5,876 кА                          |
| $I_{n0}, \text{кА}$               | 2,968 кА                          |
| $B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 2,20 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ |

### 2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Попередньо вибираємо вимикачі навантаження типу ВНАп 10-630-20-2з УЗ (УкрЕлектро) Перевірку вимикачів навантаження у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Перевірка вимикачів навантаження

| показник                          | Розрахункові дані                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $U_{уст}, \text{кВ}$              | 10 кВ                             |
| $I_{норм}, \text{А}$              | 23,60 А                           |
| $I_{max}, \text{А}$               | 47,20 А                           |
| $i_y, \text{кА}$                  | 5,876 кА                          |
| $I_{n0}, \text{кА}$               | 2,968 кА                          |
| $B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 2,20 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ |

Вибираємо запобіжника Е.РТ.1.1.10.80 (Е.NEXT ), результати перевірки запобіжників зведемо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Перевірка запобіжника

| Показник                          | Розрахункові дані                  |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| $U_{уст}, \text{кВ}$              | 10 кВ                              |
| $I_{max}, \text{А}$               | 47,20А                             |
| $I_{n0}, \text{кА}$               | 2,968 кА                           |
| $B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 51,41 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ |

## 2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

### 2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Розрахунок низьковольтної мережі виконаємо на прикладі цеху поверхневого монтажу. Низьковольтна мережа цеху призначена для живлення технологічного обладнання, електродвигунів, освітлювальних установок, допоміжних механізмів та систем вентиляції. Результати вибору кабелів зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір кабелів цехової розподільчої мережі

| Назва електроприймача                                        | $P_H$ , кВт | $\cos \phi$ | $I$ , А | $F$ , мм <sup>2</sup> | $I_{тр.доп}$ , А | Провід       |
|--------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------|-----------------------|------------------|--------------|
| 1                                                            | 2           | 3           | 4       | 5                     | 6                | 7            |
| <b>Група А</b>                                               |             |             |         |                       |                  |              |
| Напівавтоматичний принтер трафаретного друку (SP-500 Pro)    | 10,5        | 0,7         | 22,79   | 4                     | 27               | ВВГнгд -4х4  |
| Автомат встановлення SMD-компонентів (Mounter-X Speed)       | 18,2        | 0,8         | 34,57   | 10                    | 42               | ВВГнгд -4х10 |
| Універсальний установник складних компонентів (UniPlace-BGA) | 15,4        | 0,88        | 26,59   | 4                     | 27               | ВВГнгд -4х4  |
| Конвекційна піч оплавлення (ReflowOven-10Z)                  | 22          | 0,95        | 35,18   | 10                    | 42               | ВВГнгд -4х10 |
| Припливно-витяжна вентиляційна установка (AirFlow-CleanRoom) | 12,5        | 0,88        | 21,58   | 4                     | 27               | ВВГнгд -4х4  |
| <b>Група Б</b>                                               |             |             |         |                       |                  |              |
| Автомат встановлення SMD-компонентів (Mounter-X Speed)       | 18,2        | 0,80        | 34,57   | 10                    | 42               | ВВГнгд -4х10 |
| Універсальний установник складних компонентів (UniPlace-BGA) | 15,4        | 0,88        | 26,59   | 4                     | 27               | ВВГнгд -4х4  |
| Конвекційна піч оплавлення (ReflowOven-10Z)                  | 22          | 0,95        | 35,18   | 10                    | 42               | ВВГнгд -4х10 |
| Установка автоматичної оптичної інспекції (AOI-Vision-3D)    | 10          | 0,75        | 20,26   | 4                     | 27               | ВВГнгд -4х4  |
| Припливно-витяжна вентиляційна установка (AirFlow-CleanRoom) | 12,5        | 0,88        | 21,58   | 4                     | 27               | ВВГнгд -4х4  |

Після вибору типу та перерізу проводів за умовою допустимого тривалого струму виконується їх перевірка за втратами напруги в низьковольтній мережі.

Дана перевірка є необхідною для забезпечення нормальної роботи електроприймачів та дотримання вимог нормативних документів щодо якості електричної енергії. Результати перевірки кабелів за втратами напруги зведемо в таблицю 2.18.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 22   |

Таблиця 2.18 – Перевірка кабелів цехової розподільчої мережі за втратами напруги

| Назва електроприймача                                        | n | $r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | l, км    | $\Delta U\%$ | Провід       |
|--------------------------------------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|----------|--------------|--------------|
| Група А                                                      |   |                                    |                                    |          |              |              |
| Напівавтоматичний принтер трафаретного друку (SP-500 Pro)    | 3 | 2                                  | 0,09                               | 0,023312 | 0,863        | ВВГнгд -4х4  |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,023312 | 1,085        | ВВГнгд -4х4  |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,023312 | 1,307        | ВВГнгд -4х4  |
| Автомат встановлення SMD-компонентів (Mounter-X Speed)       | 3 | 2                                  | 0,07                               | 0,041312 | 0,622        | ВВГнгд -4х10 |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,047312 | 3,013        | ВВГнгд -4х10 |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,053312 | 0,035        | ВВГнгд -4х10 |
| Універсальний установник складних компонентів (UniPlace-BGA) | 2 | 2                                  | 0,09                               | 0,057312 | 1,252        | ВВГнгд -4х4  |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,069312 | 0,036        | ВВГнгд -4х4  |
| Конвекційна піч оплавлення (ReflowOven-10Z)                  | 2 | 5                                  | 0,07                               | 0,023312 | 1,784        | ВВГнгд -4х10 |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,045312 | 3,468        | ВВГнгд -4х10 |
| Припливно-витяжна вентиляційна установка (AirFlow-CleanRoom) | 2 | 0                                  | 0,09                               | 0,059312 | 0,025        | ВВГнгд -4х4  |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,053312 | 0,022        | ВВГнгд -4х4  |
| Група Б                                                      |   |                                    |                                    |          |              |              |
| Автомат встановлення SMD-компонентів (Mounter-X Speed)       | 2 | 2                                  | 0,07                               | 0,023312 | 0,603        | ВВГнгд -4х10 |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,029312 | 0,758        | ВВГнгд -4х10 |
| Універсальний установник складних компонентів (UniPlace-BGA) | 2 | 5                                  | 0,09                               | 0,049312 | 2,655        | ВВГнгд -4х4  |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,055312 | 2,978        | ВВГнгд -4х4  |
| Конвекційна піч оплавлення (ReflowOven-10Z)                  | 2 | 2                                  | 0,07                               | 0,050312 | 1,366        | ВВГнгд -4х10 |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,044312 | 0,811        | ВВГнгд -4х10 |
| Установка автоматичної оптичної інспекції (AOI-Vision-3D)    | 1 | 5                                  | 0,09                               | 0,030312 | 1,066        | ВВГнгд -4х4  |
| Припливно-витяжна вентиляційна установка (AirFlow-CleanRoom) | 2 | 5                                  | 0,09                               | 0,052312 | 2,286        | ВВГнгд -4х4  |
|                                                              |   |                                    |                                    | 0,059312 | 2,620        | ВВГнгд -4х4  |

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

Розрахункова схема та схема заміщення короткозамкненого кола зображені на рисунках 2.1 та 2.2. Вихідні дані для розрахунку зведені в таблицю 2.19.

Таблиця 2.19 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

| Показник                          | Значення |
|-----------------------------------|----------|
| $U_{0\text{кВ}}$                  | 0,4      |
| $I_{\text{к}10} \text{ кА}$       | 2,968    |
| $U_{\text{с}10} \text{ кВ}$       | 10,5     |
| $S_{\text{ном.Т}} \text{ кВА}$    | 630      |
| $\Delta P_{\text{к}} \text{ кВт}$ | 7,6      |
| $u_{\text{к}} \%$                 | 5,5      |

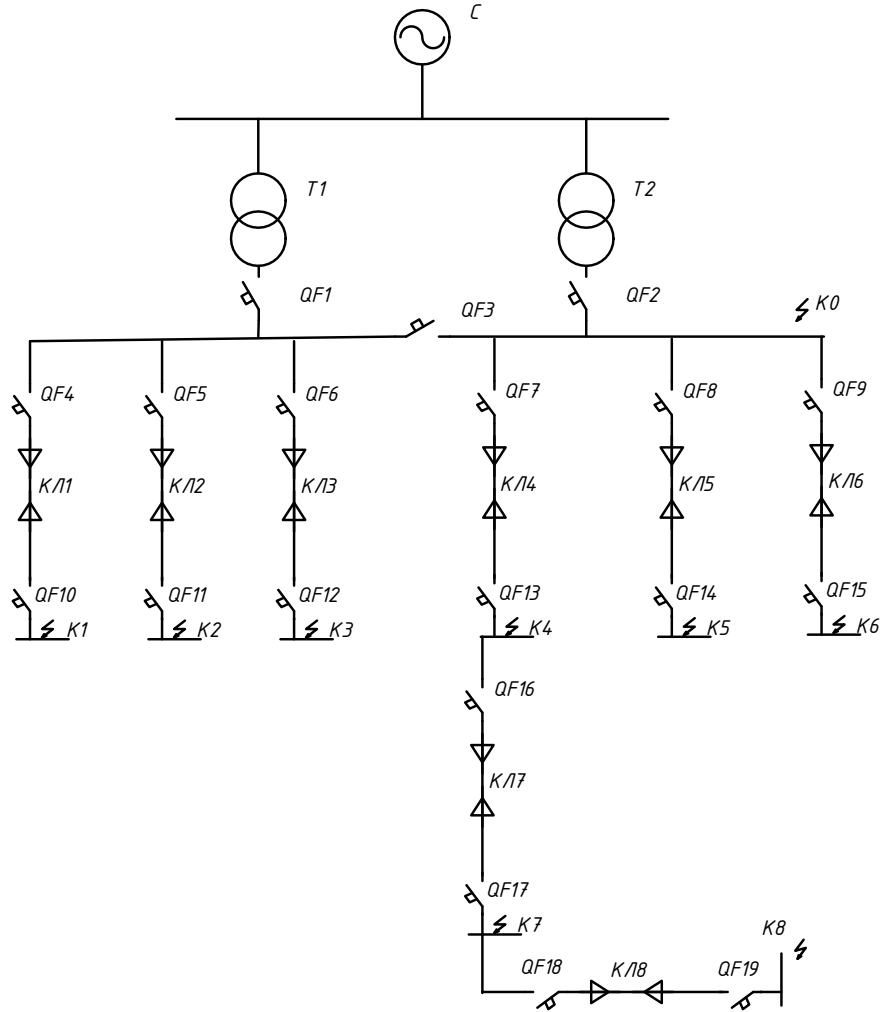


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

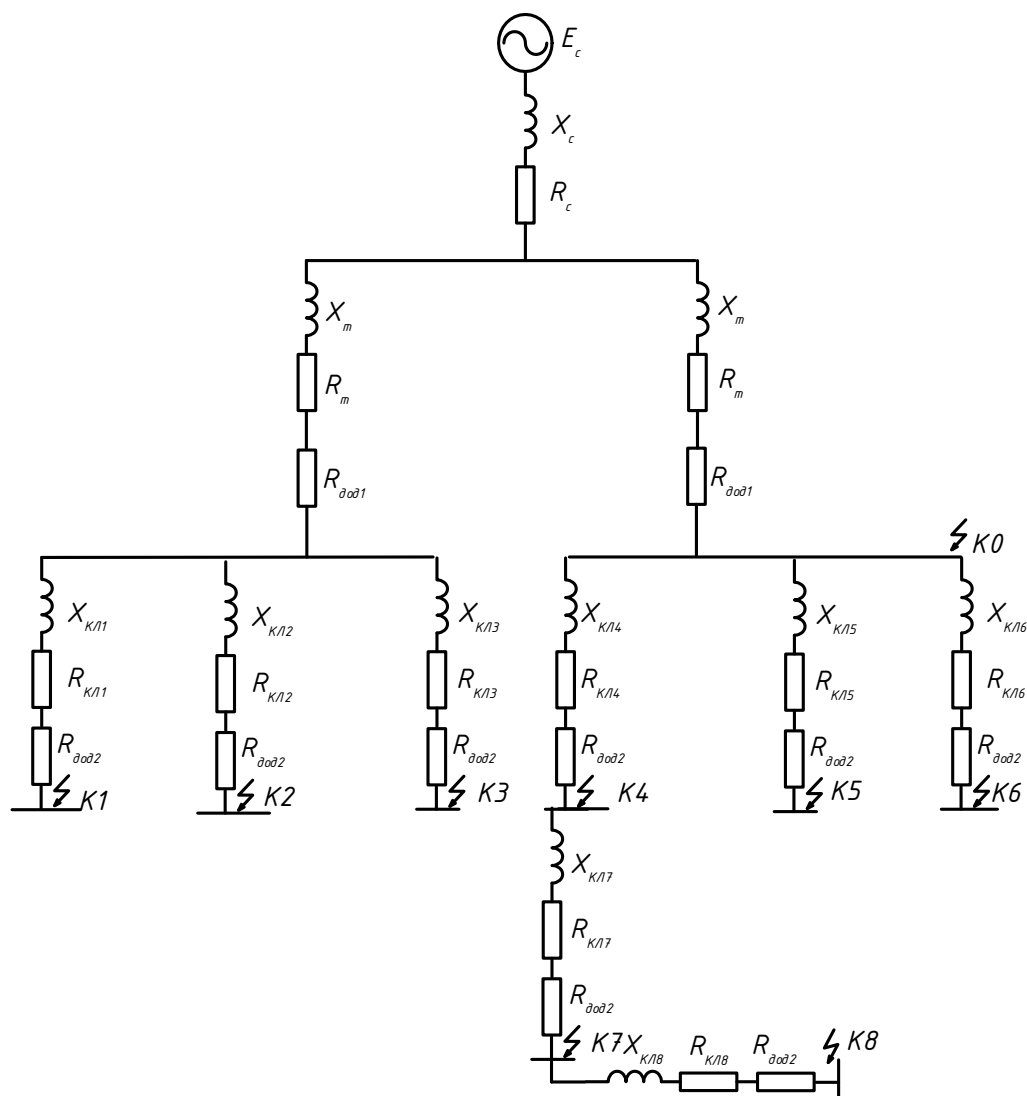


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Розрахуємо струми КЗ на шинах НН ТП (точка К0), результати розрахунків зведемо в таблицю 2.20.

Таблиця 2.20 – Визначення струмів КЗ в точці К0

| Показник                | Значення |
|-------------------------|----------|
| 2                       | 4        |
| $R_c \text{ Ом}$        | 0,712    |
| $X_c \text{ Ом}$        | 2,043    |
| $\dot{R}_c \text{ МОм}$ | 1,033    |
| $\dot{X}_c \text{ МОм}$ | 2,964    |
| $\dot{R}_T \text{ МОм}$ | 3,064    |

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

ЛНТУ.971025.000 ПЗ

Арк.

25

Продовження таблиці 2.20

| 1                          | 2      |
|----------------------------|--------|
| $\dot{X}_{\text{ТМОм}}$    | 13,968 |
| $\dot{R}_{\text{рез0МОм}}$ | 19,097 |
| $\dot{X}_{\text{рез0МОм}}$ | 16,932 |
| $Z_{\text{рез0МОм}}$       | 25,523 |
| $I_{\text{ККА}}$           | 9,048  |
| $k_{y-}$                   | 1,05   |
| $i_{y\text{КА}}$           | 13,436 |

Результати розрахунків опорів зведемо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

| Назва    | l, км | $r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | R, МОм | $x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | X, МОм |
|----------|-------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| ТП-РП1.1 | 0,12  | 0,8                                | 96     | 0,07                               | 8,4    |
| ТП-РП1.2 | 0,114 | 0,8                                | 91,2   | 0,07                               | 7,98   |
| ТП-РП2   | 0,09  | 0,57                               | 51,3   | 0,06                               | 5,4    |
| ТП-РП3   | 0,126 | 0,57                               | 71,82  | 0,06                               | 7,56   |
| ТП-РП4   | 0,066 | 0,57                               | 37,62  | 0,06                               | 3,96   |
| ТП-РП5   | 0,084 | 0,57                               | 47,88  | 0,06                               | 5,04   |
| РП4-РП6  | 0,126 | 1,25                               | 157,5  | 0,07                               | 8,82   |
| РП6-РП7  | 0,09  | 2                                  | 180    | 0,07                               | 6,3    |

Перевіримо перерізи КЛ-0,4 кВ на термічну стійкість до струмів КЗ за додатком А. Результати розрахунку струмів зведемо в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Розрахунок струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

| КЗ | $R_{\text{дод}}, \text{МОм}$ | $\dot{R}_{\text{рез}}, \text{МОм}$ | $\dot{X}_{\text{рез}}, \text{МОм}$ | $Z_{\text{рез}}, \text{МОм}$ | $I_{\text{К}}, \text{КА}$ | $i_{y}, \text{КА}$ | $F_{\text{min}}, \text{мм}^2$ | S  |
|----|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------------|----|
| 1  | 2                            | 3                                  | 4                                  | 5                            | 6                         | 7                  | 8                             | 9  |
| К1 | 20                           | 120,10                             | 25,33                              | 122,74                       | 1,882                     | 2,661              | 8,0                           | 25 |
| К2 | 20                           | 115,30                             | 24,91                              | 117,96                       | 1,958                     | 2,769              | 8,3                           | 25 |
| К3 | 20                           | 75,40                              | 22,33                              | 78,63                        | 2,937                     | 4,153              | 12,4                          | 35 |
| К5 | 20                           | 95,92                              | 24,49                              | 98,99                        | 2,333                     | 3,299              | 9,9                           | 35 |
| К6 | 20                           | 61,72                              | 20,89                              | 65,16                        | 3,544                     | 5,012              | 15,0                          | 35 |

Продовження таблиці 2.22

|     |    |        |       |        |       |       |      |    |
|-----|----|--------|-------|--------|-------|-------|------|----|
| 1   | 2  | 3      | 4     | 5      | 6     | 7     | 8    | 9  |
| К7  | 20 | 71,98  | 21,97 | 75,26  | 3,069 | 4,340 | 13,0 | 35 |
| К9  | 20 | 219,22 | 29,71 | 221,22 | 1,044 | 1,476 | 4,4  | 16 |
| К10 | 20 | 295,30 | 31,21 | 296,94 | 0,778 | 1,100 | 3,3  | 10 |

### 2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для розрахункового обліку встановлюємо лічильники LZQJ-XC (ЕМН). Для технічного обліку, встановлюємо амперметри NMA-72 (Новатек-Електро). Для розрахункового та технічного обліку трансформатори струму ТШ-0,66-2 (Мегомметр) 2000/5 та ТШ-0,66 (Мегомметр) 500/5

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.23. та 2.24

Таблиця 2.23 – Перевірка трансформаторів струму для розрахункового обліку

| Показник                          | Для     |
|-----------------------------------|---------|
| $U_{уст}, \text{кВ}$              | 0,4     |
| $I_{норм}, \text{А}$              | 769,92  |
| $I_{max}, \text{А}$               | 1539,84 |
| $i_y, \text{кА}$                  | 13,436  |
| $I_{n0}, \text{кА}$               | 9,048   |
| $B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 20,47   |
| $z_2, \text{Ом}$                  | 0,255   |

Таблиця 2.24 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

| Показник                          | Значення |
|-----------------------------------|----------|
| $U_{уст}, \text{кВ}$              | 0,4      |
| $I_{max}, \text{А}$               | 368,94   |
| $i_y, \text{кА}$                  | 3,299    |
| $B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 1,36     |
| $z_2, \text{Ом}$                  | 0,115    |

#### 2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Перевірку вірності вибору здійснюємо за умовами додаток А. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.25

Таблиця 2.25 – Вибір та перевірка автоматичних вимикачів

| Назва вимикача | $I_{\max}$ , А | $I_K$ , А | Тип вимикача | $I_{\text{номрозщ}}$ , А | $I_{\text{грвимк}}$ , кА | $I_{\text{ном}}$ , А |
|----------------|----------------|-----------|--------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1              | 2              | 3         | 4            | 5                        | 6                        | 7                    |
| QF1            | 1539,84        | 9,048     | 3VA27        | 1600                     | 80                       | 769,92               |
| QF2            | 1539,84        | 9,048     | 3VA27        | 1600                     | 80                       | 769,92               |
| QF3            | 1539,84        | 9,048     | 3VA27        | 1600                     | 80                       | 769,92               |
| QF4            | 289,21         | 1,882     | 3VA13 3      | 300                      | 50                       | 144,60               |
| QF5            | 289,21         | 1,882     | 3VA13 3      | 300                      | 50                       | 144,60               |
| QF6            | 264,18         | 1,958     | 3VA13 3      | 300                      | 50                       | 132,09               |
| QF7            | 264,18         | 1,958     | 3VA13 3      | 300                      | 50                       | 132,09               |
| QF8            | 331,59         | 2,937     | 3VA13        | 350                      | 50                       | 165,80               |
| QF9            | 331,59         | 2,937     | 3VA13        | 350                      | 50                       | 165,80               |
| QF10           | 349,94         | 2,333     | 3VA13        | 350                      | 50                       | 174,97               |
| QF11           | 349,94         | 2,333     | 3VA13        | 350                      | 50                       | 174,97               |
| QF12           | 367,34         | 3,544     | 3VA13        | 400                      | 50                       | 183,67               |
| QF13           | 367,34         | 3,544     | 3VA13        | 400                      | 50                       | 183,67               |
| QF14           | 368,94         | 3,069     | 3VA13        | 400                      | 50                       | 184,47               |
| QF15           | 368,94         | 3,069     | 3VA13        | 400                      | 50                       | 184,47               |
| QF16           | 241,27         | 1,044     | 3VA12 2      | 250                      | 50                       | 120,64               |
| QF17           | 241,27         | 1,044     | 3VA12 2      | 250                      | 50                       | 120,64               |
| QF18           | 134,75         | 0,778     | 3VA11        | 160                      | 35                       | 67,37                |
| QF19           | 134,75         | 0,778     | 3VA11        | 160                      | 35                       | 67,37                |

### 2.12.5. Вибір рубильників

Результати вибору та перевірки PE19-41-31120 (TNSy (Techno Systems)) зведемо в таблицю 2.26

Таблиця 2.26 – Вибір та перевірка рубильників

| Показник                          | Значення |
|-----------------------------------|----------|
| $U_{уст}, \text{кВ}$              | 0,4      |
| $I_{норм}, \text{А}$              | 769,92   |
| $I_{max}, \text{А}$               | 1539,84  |
| $i_y, \text{кА}$                  | 13,436   |
| $I_{п0}, \text{кА}$               | 9,048    |
| $B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ | 20,47    |

### 2.13. Проєктування освітлювальної мережі

Вибір освітлювального обладнання та проєктування освітлювальної мережі проведемо наступним методом додатку А. В таблицю 2.27 запишемо результати:

Таблиця 2.27 - Вибір освітлювального обладнання

| Параметри              | Значення |
|------------------------|----------|
|                        |          |
| a, м                   | 24       |
| b, м                   | 36       |
| s, м <sup>2</sup>      | 864      |
| H <sub>p</sub> м.      | 4        |
| h <sub>c</sub> м.      | 1        |
| L <sub>pм.</sub>       | 4,5      |
| H <sub>pм.</sub>       | 4        |
| n <sub>св</sub> , шт   | 6        |
| n <sub>p</sub> , рядів | 8        |
| l <sub>a</sub> , м     | 0,75     |
| l <sub>b</sub> , м     | 2,25     |
| i                      | 4,80     |
| N <sub>св</sub> , шт   | 48       |
| Φ <sub>розр</sub> , Лм | 10482    |
| Φ <sub>ламп</sub> , Лм | 9488     |

Продовження таблиці 2.27

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1                      | 2                         |
| $\Delta\Phi \%$        | 10,48                     |
| $P_{0кВт}$             | 3,6                       |
| $P_{р,0кВт}$           | 3,42                      |
| $Q_{р,0квар}$          | 1,12409964                |
| $l, м$                 | 23                        |
| $q$                    | 0,05                      |
| $I_{ро}, А$            | 2,41                      |
| $I_p, А$               | 6,11                      |
| $\Delta u$             | 0,44                      |
| Світильники            | ДСП56У2Ех-75-142 УХЛЗ.1   |
| щит                    | Р                         |
| АВ                     | $I_{ном} = 16 \text{ А};$ |
| Ввідний АВ             | $I_{ном} = 63 \text{ А}.$ |
| Кабель до світильників | 3х2,5                     |
| Кабель до щита         | 3х10                      |

### РОЗДІЛ 3

## МОДЕЛЮВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Встановлення сонячної електростанції інтегрованого типу є стратегічним кроком для компенсації денного електроспоживання сучасного заводу мікроелектроніки, встановлена потужність якого становить 1160 кВт. Система суворо налаштована на пріоритетне живлення локальних струмоприймачів підприємства, що дозволяє суттєво мінімізувати закупівлю дорогої електроенергії з централізованої мережі. Враховуючи технологічний графік роботи заводу, його денне базове навантаження становить близько 600-800 кВт. Щоб уникнути простою генеруючих потужностей та законодавчо обмежити віддачу надлишків у мережу, номінальну потужність СЕС було розраховано на рівні 400 кВт. Ця конфігурація є «золотою серединою», оскільки вона здатна покрити левову частку фонового денного споживання, не створюючи при цьому некерованих профіцитів енергії у вихідні дні або під час технологічних пауз.

Склад обладнання станції був повністю переглянутий на користь високопродуктивних рішень преміум-класу. Генерація постійного струму забезпечується інноваційними фотоелектричними модулями від виробника Jinko Solar, а саме монокристалічними панелями серії Tiger Neo N-type з одиничною потужністю 575 Вт. Загальна кількість встановлених модулів становить 700 штук, що вимагає близько 1800 квадратних метрів корисної площі на дахах виробничих корпусів та формує сумарну потужність по постійному струму (DC) на рівні 402,5 кВт. Перетворення згенерованої енергії здійснюється за допомогою трьох потужних промислових інверторів німецького виробництва SMA Sunny Tripower CORE2, кожен з яких має номінальну потужність 110 кВт. Для забезпечення жорсткого контролю перетікань потужності та реалізації функції нульового експорту (Zero Export) в систему інтегровано керуючий контролер SMA Data Manager M. Крім того, для згладжування різких піків навантаження та підтримки живлення критичних вузлів автоматики передбачено промислову систему накопичення енергії (BESS)

|           |               |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ                                                                                                               |                |      |         |
| Змн.      | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                                                  |                |      |         |
| Розробив  | Пешко Д.В.    |          |        |      | Проектування електропостачання<br>заводу з виготовлення електроніки<br>встановленою потужністю 1160 кВт.<br>Пояснювальна записка | Літ.           | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | Падалко А.М.  |          |        |      |                                                                                                                                  | Д              | 30   | 2       |
| Реценз.   |               |          |        |      |                                                                                                                                  | ФАБЕ, гр ЕЕ-41 |      |         |
| Н.контр   | Вашелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |

на базі високовольтних літєвих модулів Pylontech Powercube-M1 із загальною корисною ємністю 50 кВт·год.

За такої оптимізованої конфігурації практично вся згенерована екологічно чиста енергія споживається безпосередньо всередині виробничого комплексу. Загальна очікувана річна генерація електростанції становить 442 750 кВт·год. З цього обсягу показник прямого власного споживання (Direct Consumption) сягає 400 000 кВт·год, що становить близько 90 відсотків від усього виробітку. На підтримання циклів заряду акумуляторної батареї витрачається орієнтовно 18 000 кВт·год, тоді як технологічні втрати в кабельних трасах та вимушене обмеження генерації інверторами у моменти мінімального навантаження сумарно складають 24 750 кВт·год. Річне електроспоживання заводу зі встановленою потужністю 1160 кВт зазвичай становить близько 2 500 000 кВт·год, що робить вплив власної генерації надзвичайно відчутним з економічної точки зору. Ключовими перевагами такого інженерного рішення є максимальна швидкість окупності інвестицій за рахунок заміщення високих промислових тарифів, відсутність складної бюрократії завдяки автономному формату роботи без експорту, зниження теплового зносу цехових трансформаторів у пікові денні години, а також вагомий внесок в екологію завдяки скороченню річних викидів вуглекислого газу на 208 тонн.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку

| Параметр                             | Значення                      |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Розрахункова потреба заводу на рік   | ~2 500 000 кВт·год            |
| Покриття за рахунок власної СЕС      | 418 000 кВт·год               |
| Закупівля з зовнішньої електромережі | 2 082 000 кВт·год             |
| Економія витрат на електроенергію    | ~16,7% від загального рахунку |

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 32   |

## РОЗДІЛ 4

### СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР)

Проектування сучасної сонячної електростанції для потреб заводу мікроелектроніки є складним інженерним завданням, яке вимагає високої точності розрахунків. Для забезпечення максимальної ефективності та надійності системи, розробка енергосистеми базувалася на динамічному моделюванні в спеціалізованому програмному середовищі PV\*SOL Premium. Використання цього комплексу САПР дозволило відійти від спрощених середньостатистичних обчислень на користь глибокого аналізу взаємодії СЕС із внутрішньою мережею підприємства в режимі реального часу.

Ключовим етапом проектування стало створення детального «цифрового двійника» об'єкта за допомогою інструментів 3D-моделювання. Це дозволило відтворити точну геометрію виробничих корпусів заводу з урахуванням усіх архітектурних елементів: димоходів, Zenitних ліхтарів та систем промислової вентиляції. Такий підхід дав змогу провести прецизійний аналіз затінення для 700 фотоелектричних модулів Jinko Solar Tiger Neo. Програма автоматично розрахувала вплив тіней від кожної перешкоди на кожну окрему панель протягом усього року, що дозволило оптимізувати схему підключення модулів до інверторів SMA Sunny Tripower CORE2 для мінімізації втрат від невідповідності параметрів (mismatch losses).

Однією з найважливіших функцій САПР у цьому проєкті стала можливість динамічної синхронізації графіків генерації та споживання. Враховуючи встановлену потужність заводу (1160 кВт) та його денний профіль навантаження (600–800 кВт), у програмі було змодельовано роботу алгоритму Zero Export. Через контролер SMA Data Manager M система в реальному часі коригує потужність трьох інверторів, щоб гарантувати відсутність перетікань енергії в зовнішню мережу. Похвилинне моделювання підтвердило, що обрана потужність СЕС у 400 кВт є оптимальною: вона

|           |               |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ                                                                                                               |                |      |         |
| Змн.      | Лист          | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                                                  |                |      |         |
| Розробив  | Пешко Л.В.    |          |        |      | Проектування електропостачання<br>заводу з виготовлення електроніки<br>встановленою потужністю 1160 кВт.<br>Пояснювальна записка | Літ.           | Арк. | Аркушів |
| Перевірів | Падалко А.М.  |          |        |      |                                                                                                                                  | Д              | 34   | 2       |
| Реценз.   |               |          |        |      |                                                                                                                                  | ФАБЕ, гр ЕЕ-41 |      |         |
| Н.контр   | Вашелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |
| Затвердив | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                                                  |                |      |         |

покриває левову частку споживання в робочі дні та не створює критичних надлишків під час технологічних пауз або у вихідні.

Використання САПР також дозволило врахувати фізичні чинники, які зазвичай ігноруються при ручних розрахунках: температурні коефіцієнти модулів при нагріванні на сонці, падіння напруги в кабельних трасах змінного та постійного струму, а також ефективність перетворення інверторів при різному рівні завантаження. Загальні розраховані втрати в системі склали 24 750 кВт·год на рік, що є дуже низьким показником для станції такого масштабу.

Завдяки верифікації проєкту в PV\*SOL, було отримано точні прогностичні показники: річне власне споживання на рівні 400 000 кВт·год (90% від виробітку) та загальну економію витрат на електроенергію в розмірі 16,7%. Таким чином, застосування сучасних засобів автоматизованого проєктування дозволило створити не просто теоретичну схему, а повністю життєздатну техніко-економічну модель, яка гарантує швидку окупність інвестицій та екологічний ефект у вигляді скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 208 тонн щороку.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Проведемо розрахунки заземлюючого пристрою цеху, Для цього проведемо наступні розрахунки за додатком А.13

Таблиця 5.1- Розрахунковий коефіцієнт опору ґрунту:

| Позначення   | од.<br>вим. | Значення |
|--------------|-------------|----------|
| $r_1$        | -           | 72,8     |
| $r_2$        | -           | 110      |
| $k_1$        | -           | 1,22     |
| $L$          | м           | 6        |
| $H$          | м           | 0,39     |
| $t_{\Pi}$    | м           | 0,4      |
| $r$          | Ом*м        | 22,3     |
| $b$          | мм          | 16       |
| $t$          | м           | 1,97     |
| $r_{\phi}$   | Ом          | 4,5      |
| $R_H$        | Ом          | 10       |
| $h_{\phi}$   | -           | 0,62     |
| $n_{np}$     | шт          | 3,65 =4  |
| $h$          | м           | 4,8      |
| $l_{\Gamma}$ | мм          | 14,40    |
| $b$          | мм          | 30       |
| $k_2$        | -           | 2,4      |
| $h_{\Gamma}$ | -           | 0,72     |
| $r_{\Sigma}$ | Ом          | 26,14    |
| $R$          | Ом          | 2,12     |
| $n$          | шт          | 3,45     |

Приймаємо до установки 4 вертикальних заземлюючі довжиною 6 м

|           |      |               |        |                |                                                                                                                                      |  |      |      |         |  |
|-----------|------|---------------|--------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------|------|---------|--|
|           |      |               |        |                | ЛНТУ.971025.000 ПЗ                                                                                                                   |  |      |      |         |  |
| Змн.      | Лист | № докум.      | Підпис | Дата           |                                                                                                                                      |  |      |      |         |  |
| Розробив  |      | Пешко Д.В.    |        |                | Проектування електропостачання<br>заводу з виготовлення електроніки<br>встановленою потужністю 1160 кВт.<br><br>Пояснювальна записка |  | Лім. | Арк. | Аркушів |  |
| Перевішив |      | Падалко А.М.  |        | Д              |                                                                                                                                      |  | 36   | 1    |         |  |
| Реценз.   |      |               |        | ФАБЕ, зр ЕЕ-41 |                                                                                                                                      |  |      |      |         |  |
| Н.контр   |      | Вашеляк Ю.І.  |        |                |                                                                                                                                      |  |      |      |         |  |
| Затвердив |      | Волинець В.І. |        |                |                                                                                                                                      |  |      |      |         |  |

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У результаті комплексного виконання даного дипломного проекту було успішно розроблено концептуально обґрунтовану, надійну та енергоефективну систему електропостачання сучасного заводу з виготовлення електроніки із загальною встановленою потужністю струмоприймачів 1160 кВт. На основі детального аналізу технологічних процесів, зокрема високоточного поверхневого монтажу, виробництва друкованих плат та вирощування напівпровідникових кристалів, було підтверджено належність переважної більшості обладнання до першої та другої категорій надійності. Це зумовило проектування схеми внутрішнього електропостачання із застосуванням двотрансформаторних підстанцій та секціонованих систем шин з пристроями автоматичного включення резерву, що гарантує безперебійне живлення критично важливих ліній і мінімізує ризики виникнення технологічного браку через перебої з напругою. Усі електротехнічні розрахунки, виконані з високою точністю, дозволили оптимально вибрати потужності силових трансформаторів з урахуванням перспективи розвитку підприємства та економічної доцільності їх завантаження. Розрахунки струмів короткого замикання стали надійною базою для правильного вибору та координації сучасного комутаційного обладнання і мікропроцесорних пристроїв захисту, які здатні забезпечити миттєву локалізацію пошкоджених ділянок мережі без дестабілізуючого впливу на суміжні виробничі процеси. Вибір перерізів кабельних ліній та магістральних шинопроводів був здійснений з урахуванням економічної густини струму, що сприятиме значному зниженню експлуатаційних витрат підприємства на втрати електроенергії. Спроектована система електропостачання повністю відповідає всім чинним нормативним документам, гарантує високий рівень електробезпеки персоналу і створює міцний енергетичний фундамент для загальної техніко-економічної ефективності роботи заводу на довгострокову перспективу.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 36   |

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. Електропостачання промислових підприємств : посіб. до курсового та дипломного проектування. Київ, 2013. 424 с.
2. Ковальчук Н. В., Фесіна Ю. Г., Заблоцька І. Л. Кваліфікаційна робота : метод. вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.
3. Грицюк І. В., Грицюк Ю. В. Оформлення графічної частини : метод. вказівки до оформлення курсових і дипломних проєктів (робіт) для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Луцьк : ЛНТУ, 2026. 92 с.
4. ДСТУ ISO 128-22:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. [Чинний від 2005-01-01]. Київ : Технічний центр НАН України, 2005.
5. Коваленко О. І., Коваленко Л. Р., Мунтян В. О., Радько І. П. Основи електропостачання сільського господарства : навч. посіб. Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2011. 462 с.
6. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний від 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с.
7. Правила улаштування електроустановок / М-во енергетики та вугільної промисловості України. Київ, 2017. 617 с.
8. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ М-ва палива та енергетики України від 25.07.2006 р. № 258. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06> (дата звернення: 01.05.2026).
9. Електротехнічна продукція підприємств України. URL: <http://energotransbud.com.ua> (дата звернення: 24.05.2026).
10. Рябенко І. С., Шевчук С. П., Мейта О. В. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництв : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 633 с.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 37   |

11. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проєктування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2007. 280 с.

12. Панченко С. В., Акімов О. І., Бабаєв М. М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 295 с.

|      |      |          |        |      |                    |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛНТУ.971025.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                    | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |