

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико-технічний інститут, електротехнічний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра електричні та електронні апарати

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до магістерської роботи
магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему

**Підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху з
переробки олії сільськогосподарського підприємства**

Виконав: студент(ка) II курсу, групи E-411м
Спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Електричні та електронні апарати

Керівник

Рецензент

Масюткін Д.С
(прізвище та ініціали)

Андрієнко П.Д.
(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет: Фізико – технічний, електротехнічний

Кафедра: Електричні та електронні апарати

Ступінь вищої освіти: Магістр

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
 (код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Електричні та електронні апарати
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Андрієнко П.Д.
 « _____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Масюткіна Дениса Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху з переробки олії сількогосподарського підприємства.

керівник проекту (роботи) Андрієнко Петро Дмитрович, д.т.н., професор.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » _____ 2022 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 28 листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): план розташування електрообладнання, параметри системи електропостачання фабрики, джерело живлення підприємства

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз технологічного процесу проєктованого об'єкта. 2 Розрахунок електричних навантажень. 3 Вибір кількості і потужності трансформаторів КТП. 4 Розрахунок електричних апаратів та кабелів напругою вище 1 кВ. 5 Вибір схеми й конструктивного виконання цехової мережі. 6 Вибір уставок захисних апаратів і провідників цехової мережі. 7 Розрахунок струмів КЗ. 8 Порівняльна характеристики освітленості приміщень цеху з переробки олії. 9 Вибір уставок захисних апаратів і провідників освітлювальної мережі. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Лист 1 Генплан цеху, розміщення вузлів навантаження і трас кабельних ліній. Лист 2 Схема принципова електрична. Лист 3. План розташування освітлення і трас кабельних ліній освітлення Лист 4 ЩО. Щиток робочого освітлення Лист 5 Техніко-економічне порівняння КТП. Лист 6 Аналіз освітленості при ЛЛ лампах та LED лампах.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

7. Дата видачі завдання « » _____ 2022 року.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	
1	Аналітична частина	03.10.2022	
2	Проектно-конструкторський розділ	17.10.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування магістерської роботи	24.10.2022	
4	Розрахунково-дослідницький розділ	01.11.2022	
5	Оформлення розрахунково-пояснювальної Записки магістерської роботи	07.11.2022	
6	Узгодження проекту з керівником	14.11.2022	
7	Нормоконтроль та затвердження завідувачем кафедри	21.11.2022	
8	Перевірка керівником пояснювальної записки Магістерської роботи на антиплагіат	28.11.2022	
9	Рецензування магістерської роботи	01.12.2022	
10	Захист магістерської роботи	12.12.2022	
11	Здача магістерської роботи до репозитарію	15.12.2022	

Студент(ка)

(підпис)

Д.С. Масюткін

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

П.Д. Андрієнко

(прізвище та ініціали)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

КТП – комплектна трансформаторна підстанція;

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

РП – розподільчий пристрій;

ПРА – пускорегулююча апаратура;

ЕП – електроприймач;

КЗ – коротке замикання;

КП – компенсуючий пристрій;

АВ –автоматичний вимикач;

СП – силовий пункт;

ЛЛ – люмінесцентна лампа;

LED – світлодіодний світильник.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи на тему: "Підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства" містить 94 ст., 26 табл., 51 мал., 12 використаних джерел.

Метою дипломного проектування є – заключний етап навчання студентів у вищому навчальному закладі. Виконання дипломного проекту сприяє закріпленню та розширенню теоретичних знань за спеціальністю при вирішенні конкретних технічних, наукових, економічних та виробничих завдань, розвиває навички ведення самостійної творчої роботи та професійні якості, формує у майбутніх спеціалістів розуміння сучасних проблем електроенергетики та методи їх розв'язання.

В даній роботі розроблені наступні питання: проблематика процесу проектування кабельних мереж; розрахунок силового й освітлювального навантажень; визначення кількості й потужності трансформаторів; КТП з урахуванням КП на стороні 0,4 кВ на підставі ТЕР; вибір електричних апаратів і перетину КЛ у мережі $U > 1000$ В; розрахунок цехової мережі; дослідження залежності освітлення до площі приміщень при використанні люмінесцентних ламп та LED ламп.

Апробація роботи: Результати виконаної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародному конкурсу студентських наукових робіт, Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» м. Кременчуг 2021 та II Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» (Мелітополь, 01-25 лютого 2022 р.)

НОРМОВАНА ОСВІТЛЕНІСТЬ, СВІТОВИЙ ПОТОК, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ, КРИВА СИЛИ СВІТЛА, КАПІТАЛЬНІ ВКЛАДЕННЯ, КОМПЛЕКТНА ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦЯ, КОМПЕНСУЮЧІ ПРИСТРОЇ, КАБЕЛЬНІ МЕРЕЖІ.

ЗМІСТ

Реферат.....	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1 Аналітична частина.....	10
1.1 Порівняльна характеристика джерел світла.....	10
1.2 Характеристика люмінесцентних ламп.....	10
1.3 Характеристика світлодіодних ламп.....	11
2 Проектно-конструкторський розділ.....	13
2.1 Загальні відомості про підприємство.....	13
2.2 Розрахунок електричних навантажень.....	16
2.2.1 Розрахунок освітлювального навантаження.....	16
2.2.2 Розрахунок силового навантаження.....	17
2.3 Вибір кількості і потужності трансформаторів КТП з урахуванням компенсації реактивної потужності.....	23
2.3.1 Розрахунок електричних апаратів та кабелів напругою вище 1 кВ.....	27
2.3.2 Техніко-економічне порівняння варіантів.....	31
2.4 Розрахунок цехової мережі.....	36
2.4.1 Вибір схеми й конструктивного виконання цехової мережі.....	36
2.4.2 Вибір уставок захисних апаратів і провідників цехової мережі.....	39
2.5 Розрахунок струмів КЗ у мережі напругою менше 1000 В.....	43
3 Розрахунково-дослідницький розділ.....	55
3.1 Методика розрахунку рівномірного освітлення промислових та виробничих приміщень цеха з переробки олії.....	55
3.2 Розрахунок за допомогою програми DIALux evo.....	66

3.2.1 Порівняльна характеристики освітленості приміщень цеху з переробки олії.....	70
3.3 Вибір уставок захисних апаратів і провідників освітлювальної мережі.....	88
3.4 Підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства.....	91
Висновок.....	93
Перелік посилань.....	94

ВСТУП

Актуальність теми. Однією з головних проблем у промисловій енергетиці є енергозбереження. Сюди можна зарахувати, наприклад, підвищення ККД енергоустановок, зменшення втрат електричної енергії.

Важливим резервом економії електроенергії у промисловості на сьогоднішній день є застосування енергозберігаючих технологій (удосконалення існуючих та розробка нових).

Економія електроенергії означає, перш за все, зменшення втрат електроенергії у всіх ланках системи електропостачання та в самих електроприймачах. Основними шляхами зниження втрат електроенергії у промисловості є такі:

- раціональна побудова систем електропостачання при її реконструкції та проектуванні, що включає застосування раціональної напруги, числа та потужності силових трансформаторів, загальної кількості трансформацій, місця розміщення підстанцій, схеми електропостачання, компенсації реактивної потужності та ін;

- зниження втрат електроенергії в діючих системах електропостачання, що включає управління режимами електроспоживання, регулювання напруги, обмеження холостого ходу електроприймачів, модернізацію існуючого та застосування нового, більш економічного та надійнішого технологічного та електричного обладнання, застосування економічно доцільного режиму роботи силових трансформаторів, заміну асинхронних двигунів на синхронні, де це можливо, автоматичне керування освітленням протягом доби; підвищення якості електричної енергії;

- Нормування електроспоживання, розробка науково підтверджених норм питомих витрат електроенергії на одиницю продукції; нормування електроспоживання передбачає наявність на підприємствах надійних систем обліку та контролю витрати електроенергії;

- Організаційно-технічні заходи, що розробляються безпосередньо на кожному підприємстві з урахуванням специфіки його роботи.

Цілі та завдання дослідження. Основною метою роботи є розробка та впровадження заходів щодо підвищення надійності роботи електроенергетичного обладнання шляхом модернізації системи електропостачання.

Мета, що поставлена в роботі, потребує вирішення наступних завдань:

- Аналіз інженерно-технічних характеристик підприємства;
- Розрахунок електричних навантажень підприємства;
- вибір числа та потужності трансформаторів;
- вибір та перевірка високовольтних апаратів;
- вибір низьковольтного обладнання, що включає: вибір типу силових розподільчих щитів, вибір кабелів, що живлять силові розподільні щити, вибір автоматів захисту на введеннях в силові розподільні щити, вибір кабелів, що живлять окремі електроприймачі та вибір автоматів, що захищають окремі електроприймачі;
- Вибір схеми зовнішнього електропостачання.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Порівняльна характеристика джерел світла.

Вибираючи лампи для того чи іншого світильника, слід брати до уваги низку важливих характеристик. Адже від вибору відповідного варіанта безпосередньо залежить, яким буде освітлення. Так, одним із найважливіших показників є світловий потік. Він вимірюється у люменах і вказується у каталогах продукції. Варто відзначити, що різні типи ламп мають зовсім різну світлову віддачу, а саме ця характеристика визначає ефективність трансформації електроенергії у світлову, а отже, і економічний ефект від використання того чи іншого варіанта.

Одними з важливих параметрів є кольоропередача і колірна температура.

1.2 Характеристика люмінесцентних ламп.

Люмінесцентна лампа – газорозрядне джерело світла низького тиску. Його світловий потік визначається світінням люмінофора під впливом ультрафіолетового випромінювання, що виникає внаслідок електричного розряду. На думку фахівців, у співвідношенні "ціна та якість" люмінесцентні лампи є найбільш ефективними та затребуваними саме у сфері комерційної нерухомості.

Зсередини стінка колби покрита сумішшю люмінесцентних порошків, яка називається люмінофор. Лампи з трисмуговим люмінофором більш економічні, оскільки світлова віддача у них становить до 104 Лм/Вт, але мають гіршу передачу кольору ($R_a=80$), а лампи з п'ятисмуговим люмінофором мають відмінну передачу кольорів ($R_a=90-98$) при меншій світловій віддачі (88Лм/Вт). Існує два способи підпалу люмінесцентних ламп - електромагнітним та електронним баластом. Тип баласту впливає на запалення ламп, а також на мерехтіння в роботі та термін служби електродів, що підпалюють. При запалюванні люмінесцентних ламп з електромагнітним баластом відбувається до 30% втрат електроенергії. Основною відмінністю люмінесцентного

світильника з електронним баластом від такого ж світильника з електромагнітним баластом, крім енергозбереження, ваги та об'єму, є частота мерехтіння: Лампи з електронним баластом працюють з високою частотою мерехтіння близько 42 000 Гц в секунду, тоді як лампи з електромагнітним частотою 100 Гц на секунду, що з тривалому використанні викликає втому очей.

Переваги люмінесцентних ламп:

- в порівнянні з лампами розжарювання забезпечує такий же світловий потік, але споживають у 4-5 разів менше енергії;
- мають низьку температуру колби;
- підвищений термін служби;

Недоліки люмінесцентних ламп:

- знижує світловий потік за підвищених температур;
- вміст ртуті (хоча й у дуже малих кількостях, 40-60 мг). Ця доза нешкідлива, проте постійна схильність до згубного впливу може завдати шкоди здоров'ю;
- люмінесцентні лампи не пристосовані до роботи за температури повітря нижче 15-20 °С.

1.3 Характеристика світлодіодних ламп.

На думку більшості фахівців, майбутнє освітлення – за лампами та світильниками на світлодіодах. На даний момент вони ще не так затребувані на ринку, як люмінесцентні лампи або лампи розжарювання, і в основному застосовуються в архітектурному, ландшафтному та декоративному освітленні. Дані джерела світла мають досить велику світловіддачу, що вже наближається до значення світловіддачі газорозрядних ламп, великий термін служби, компактні розміри та досить велику яскравість. Всі ці властивості відкривають нові можливості застосування світлодіодів як для загального, так і для прожекторного освітлення. Завдяки відсутності тіла розжарення світлодіоди

відрізняються високим ККД та великим терміном служби (80 000 – 100 000 годин).

Переваги світлодіодів:

- низьке енергоспоживання – не більше 10% від споживання при використанні ламп розжарювання;
- тривалий термін служби – до 50 000 годин;
- високий ресурс міцності - ударна та вібраційна стійкість;
- чистота та різноманітність кольорів, спрямованість випромінювання;
- регульована інтенсивність;
- низька робоча напруга;
- екологічна та протипожежна безпека. Вони не містять у своєму складі ртуті та майже не нагріваються.

Тепер видно чітку картину перспективи світлодіодів та їх явні переваги перед іншими джерелами світла. Виробництво світлодіодів останніми роками випереджають усі найоптимістичніші прогнози на 20-30%. Більшість експертів сходяться на думці, що через 7-10 років світлодіоди захоплять усі основні позиції на ринку світла.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальні відомості про підприємство.

Об'єктом енергетичного аудиту є цех рафінації та дезодорації олії.

Основним видами продукції є рослинна олія. Підприємство переробляє в середньому 100 т/добу. Схема виробництва класична для виробництва

- Перший етап зі складною назвою «водна гідратація» являє собою змішування сирової олії з водою для видалення речовин, що містять фосфор.
- Другий етап має не менш складну назву «кислотна гідратація та лужна нейтралізація». Метою даного етапу є видалення з олії фосфоровмісних речовин, які не відокремилися при «водній гідратації», та вільних жирних кислот.

- Третій етап - відбілювання - процес, в ході якого видаляються з нерафінованої олії речовини, що надають кольору.

- Четвертий етап – вінтеризація (або виморожування) олії, простіше кажучи – видалення воскоподібних речовин. По суті, це виведення осаду з олії, яку, до речі, часто можна побачити у продукції на стихійних ринках.

- П'ятий заключний етап очищення – дезодорація. Метою процесу є видалення з олії одоруючих речовин, які надають смаку і запаху, а також деяких інших компонентів, які знаходяться в олії в незначній кількості, такі як вільні жирні кислоти та продукти первинного та вторинного окиснення.

Споживання електроенергії здійснюється від сторонніх організацій. До складу цеху входять електрощитова, операторська, цех рафінації та цех дезодорації.

Джерело живлення – РП, розташоване у 90 м від цеху, напруга 10 кВ.

Струм короткого замикання на шинах РП дорівнюють: $I''=11,2$ кА; $I_{\infty}=13,4$ кА.

Завантаження змін 1:0,8:0,2. Це означає, що у першу зміну працює все обладнання цеху, в другу – 80% та в третю – 20% всього обладнання та персоналу. Час використання максимального навантаження $T_m = 4500$ год/рік.[1]

На плані зазначені розміри цеху і докладне планування устаткування.

Таблиця 2.1. Встановлена потужність електроприймачів.

№ по плану цеху	Найменування обладнання	Номінальна потужність, Рном, кВт	Номінальний струм, Іном, А
Н5а	Насос	7,5	17,53
Н7а	Насос	11,0	20,63
Н9а	Насос	11,0	20,63
Н4о	Насос	5,5	10,45
Н8д	Насос	7,5	17,53
Н14д	Насос	5,5	10,45
Н8в	Насос	7,5	17,53
Н5д	Насос	7,5	17,53
Н32д	Насос	5,5	10,45
Н53д	Насос	5,5	10,45
Н18д	Насос	18,5	34,28
Н26в	Насос	1,5	2,71
Н4в	Насос	4,0	7,6
Н2о	Насос	4,0	7,6
Н17в	Насос	9,2	17,47
Н13н	Насос	0,55	0,99
Н27н	Насос	1,5	2,71
Н25н	Насос	3,0	5,7
Н21.1н	Насос	0,55	0,99
Н21.2н	Насос	0,55	0,99
Н42н	Насос	4,0	7,6
Н28н	Насос	0,55	0,99
Н16.1н	Насос	4,0	7,6
Н16.2н	Насос	4,0	7,6

продовження таблиці 2.1.

Н22н	Насос	4,0	7,6
Н3н	Насос	7,5	17,53
Е5в	Змішувач	1,1	2,26
Е6в	Змішувач	1,1	2,26
Е7в	Змішувач	1,1	2,26
ПГ12д	Пароперегрівач	15	27,13
Е14о	Ємність з мішалкою	1,1	2,26
ХМ15в	Холодильна машина	90	159,01
Е1о	Змішувач	1,5	2,71
Е12н	Змішувач	2,2	4,52
Е24н	Змішувач	3,0	5,7
Е7д	Змішувач	15,0	27,13
Е19в	Змішувач	7,5	17,53

Характеристика приміщення за ПУЕ – нормальне середовище.

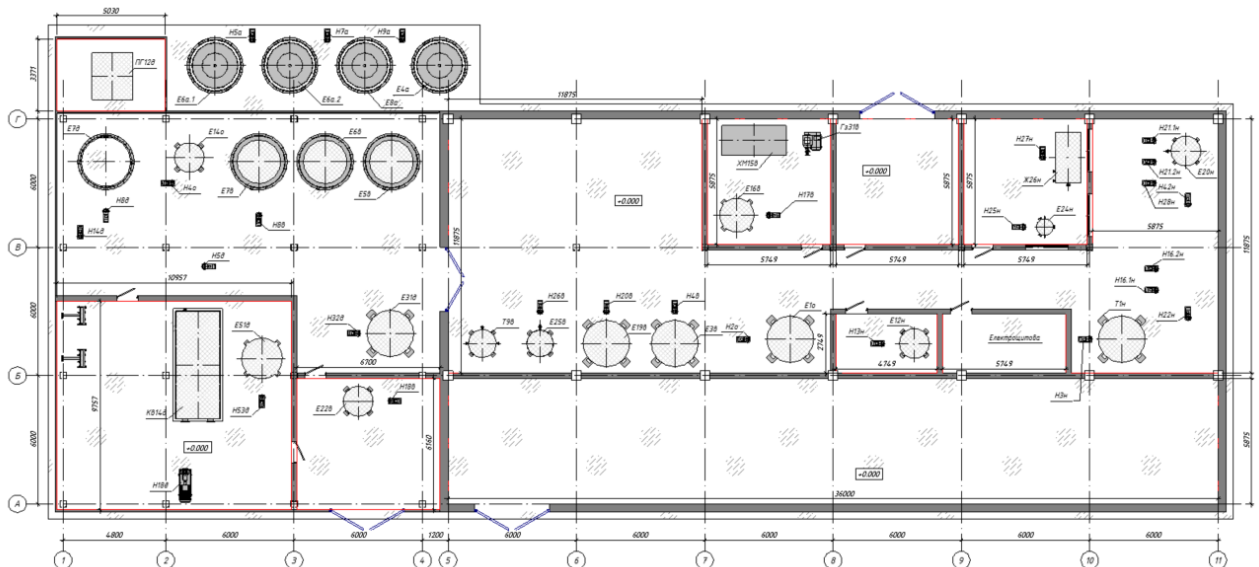


Рисунок 2.1 – План основних розмірів та розташування обладнання.

У цеху встановлено таке обладнання : насоси, змішувачі, мешалки, вібратори, дозатор, газодувка, пароперегрівач, холодильна машина, сепаратори.

За технологічними процесами та складом споживачів електричної енергії цех рафінації та дезодорації олії відноситься до II категорії - це обладнання, перериви в електропостачанні яких призводить до масової недовипущеної продукції, масових простоїв робітників.

2.2 Розрахунок електричних навантажень.

Одним з головних етапів проектування системи електропостачання - це визначення електричних навантажень. Необхідність визначення розрахункових електричних навантажень промислових підприємств обумовлена неповним завантаження деяких ЕП, неодночасність їх роботи, імовірна випадковість вмикання і вимикання ЕП в залежності від особливостей технологічний процесів та організаційно-технічні заходи щодо забезпечення належних умов праці робітників і службовців даного виробництва. Правильно визначення розрахункових електричних навантажень і забезпечення необхідної міри безперервного живлення має досить велике народногосподарське значення

Від цього розрахунку залежать вихідні дані для вибору всіх елементів СЕП промислового підприємства та грошові витрати на установку, монтаж і роботу обраного електрообладнання. Завищення розрахованого навантажень призводить до подорожчання будівництва, перевитрат матеріалів і невиправдане збільшення потужності трансформатори та іншого електрообладнання. Заниження призведе до зниження пропускної здатності електричної мережі, до непотрібних втрат потужності, перегрів струмоведучих частин і трансформаторів, а тому скорочення терміну їх служби.

2.2.1 Розрахунок освітлювального навантаження.

Розрахунок навантаження освітлювальної мережі проводиться методом питомої потужності. Метод питомої потужності застосовується попереднього визначення потужності встановленої освітлювальної установки чи орієнтовної

оцінки правильності виконаного розрахунку. Він ґрунтується на середніх значеннях потужності, необхідної для створення необхідної освітленості при середніх значеннях коефіцієнта використання освітлювальної установки.

Питома потужність освітлення $P_{уд} = 4,17$ Вт/м² для нормованої освітленості $E_{нор} = 150$ Лк.

$$P_{ус} = P_{уд} \cdot S = 4,17 \cdot 960,8 = 4,006 \text{ Вт} \quad (2.2.1)$$

де $P_{уд}$ - питома потужність освітлення, Вт/м²;

S – загальна площа всіх приміщень, м².

2.2.2 Розрахунок силового навантаження.

Таблиця 2.2.1 - Вихідні дані для розрахунку електричних навантажень методом упорядкованих діаграм

№	№ на плані	Найменування електроприймача	Р _{вст} , кВт	К _в	cosφ	tgφ	Варіант	
							1	2
1	Н5а	Насос	7,5	0,75	0,84	0,65	1	2
2	Н7а	Насос	11	0,75	0,81	0,72	1	2
3	Н9а	Насос	11	0,75	0,81	0,72	1	2
4	Н4о	Насос	5,5	0,75	0,81	0,72	1	2
5	Н8д	Насос	7,5	0,75	0,84	0,65	1	3
6	Н14д	Насос	5,5	0,75	0,81	0,72	1	2
7	Н8в	Насос	7,5	0,75	0,84	0,65	1	2
8	Н5д	Насос	7,5	0,75	0,84	0,65	1	2
9	Н32д	Насос	5,5	0,75	0,81	0,72	1	2
10	Н53д	Насос	5,5	0,75	0,81	0,72	1	2
11	Н18д	Насос	18,5	0,75	0,82	0,70	1	2
12	Н26в	Насос	1,5	0,75	0,78	0,80	1	2

Продовження таблиці 2.2.1

13	Н4в	Насос	4	0,75	0,8	0,75	1	3
14	Н2о	Насос	4	0,75	0,8	0,75	1	3
15	Н17в	Насос	9,2	0,75	0,8	0,75	1	3
16	Н13н	Насос	0,55	0,75	0,73	0,94	1	3
17	Н27н	Насос	1,5	0,75	0,78	0,80	1	3
18	Н25н	Насос	3	0,75	0,8	0,75	1	3
19	Н21.1н	Насос	0,55	0,75	0,73	0,94	1	3
20	Н21.2н	Насос	0,55	0,75	0,73	0,94	1	3
21	Н42н	Насос	4	0,75	0,8	0,75	1	3
22	Н28н	Насос	0,55	0,75	0,73	0,94	1	3
23	Н16.1н	Насос	4	0,75	0,8	0,75	1	3
24	Н16.2н	Насос	4	0,75	0,8	0,75	1	3
25	Н22н	Насос	4	0,75	0,8	0,75	1	3
26	Н3н	Насос	7,5	0,75	0,84	0,65	1	3
27	Е5в	Змішувач	1,1	0,65	0,74	0,91	1	3
28	Е6в	Змішувач	1,1	0,65	0,74	0,91	1	3
29	Е7в	Змішувач	1,1	0,65	0,74	0,91	1	3
30	ПГ12д	Пароперегрівач	15	0,75	0,84	0,65	1	3
31	Е14о	Ємність з мішалкою	1,1	0,65	0,74	0,91	1	1
32	ХМ15в	Холодильна машина	90	0,9	0,86	0,59	1	1
33	Е1о	Змішувач	1,5	0,65	0,78	0,80	1	3

Продовження таблиці 2.2.1

34	E12e	Змішувач	2,2	0,65	0,74	0,91	1	3
35	E24e	Змішувач	3	0,65	0,8	0,75	1	3
36	E7д	Змішувач	15	0,65	0,84	0,65	1	1
37	E16в	Змішувач	7,5	0,65	0,84	0,65	1	3

Розрахунок електричних навантажень проводиться методом упорядкованих діаграм за допомогою ЕОМ. Для цього зводимо всі електроприймачі в таблицю 3, використовуючи для кожного електроприймача довідкові данні. Проводимо розрахунок для двох варіантів :

1 варіант – визначення розрахункового навантаження КТП,

2 варіант – визначення розрахункового навантаження вузлів для прийнятої системи.

Таблиця 2.2.2 – Результати розрахунку електричних навантажень методом упорядкованих діаграм за допомогою ЕОМ.

Варіант	Вузол	Р _{уст} , кВт	Р _с , кВт	Q _с , кВАр	I _p , А	Р _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА
1	1	280	205	158	421	224,2	170,87	260,1
2	1	106,1	77,8	60,8	183,17	104,27	60,51	120,57
	2	86,5	73,125	64,87	124,37	64,88	46,92	81,86
	3	87,4	63,8	51	119,49	63,8	45,99	78,65

Для того, щоб перевірити правильність розрахунків на ЕОМ, ми будемо розраховувати в ручну електричні навантаження методом упорядкованих діаграм для 1 варіанту.

Середнє навантаження за максимально завантаженою зміну :

$$P_{\text{CM}} = \sum_{i=1}^n k_{\text{B},i} \cdot P_{\text{НОМ},i}, \text{ кВт}, \quad (2.2.1)$$

$$Q_{\text{CM}} = \sum_{i=1}^n k_{\text{B},i} \cdot P_{\text{НОМ},i} \cdot \text{tg}\phi, \text{ кВАр}. \quad (2.2.2)$$

Дані для розрахунку $k_{\text{B},i}$, $P_{\text{НОМ},i}$, $\text{tg}\phi$ наведені в таблиці 3.1

Визначимо сумарну встановлену активну потужність:

$$P_{\text{CM}} = \sum P_{\text{НОМ},i}. \quad (2.2.3)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{CM}} &= (7,5 \cdot 0,75) \cdot 5 + (7,5 \cdot 0,65) + (11 \cdot 0,75) \cdot 2 + (5,5 \cdot 0,75) \cdot 4 + \\ &(18,5 \cdot 0,75) + (1,5 \cdot 0,75) \cdot 2 + (1,5 \cdot 0,65) + (4 \cdot 0,75) \cdot 6 + (9,2 \cdot 0,75) + \\ &(0,55 \cdot 0,75) \cdot 4 + (1,1 \cdot 0,65) \cdot 4 + (15 \cdot 0,75) + (90 \cdot 0,9) + (2,2 \cdot 0,65) + \\ &(15 \cdot 0,65) = 28,125 + 4,875 + 24,75 + 20,625 + 13,875 + 2,25 + 0,975 + 18 + \\ &6,9 + 1,65 + 2,86 + 11,25 + 81 + 1,43 + 9,75 = 205,9 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Визначимо середню реактивну потужність:

$$Q_{\text{CM}} = P_{\text{вст}} \cdot k_{\text{B}} \cdot \text{tg}\phi, \quad (2.2.4)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{CM}} &= 18,281 + 3,168 + 17,82 + 14,85 + 9,712 + 1,8 + 0,78 + 13,5 \\ &+ 5,175 + 1,551 + 2,6 + 7,312 + 47,79 + 1,3 + 6,337 \\ &= 153 \text{ кВАр} \end{aligned}$$

Визначаємо сумарну повну потужність:

$$S_{cm} = \sqrt{P_{cm}^2 + Q_{cm}^2} \quad (2.2.5)$$

$$S_{cm} = \sqrt{205,9^2 + 153^2} = 256,5 \text{ кВА}$$

Так як ми об'єднуємо в одну групу приймачі подібні за режимом роботи, але значно різні по потужності, щоб уникнути великої похибки при формулювання схеми вводимо поняття ефективного числа електроприймачів, яке обчислюється за формулою

$$n_{эф} = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum (P_H)^2} \quad (2.2.6)$$

$$n_{эф} = \frac{(45+22+22+18,5+4,5+24+9,2+2,2+4,4+30+90+2,2)^2}{45^2+22^2+22^2+18,5^2+4,5^2+24^2+9,2^2+2,2^2+4,4^2+30^2+90^2+2,2^2} = 8$$

Коефіцієнт використання знаходимо по наступній формулі

$$k_B = \frac{\sum P_H}{\sum (P_H)^2} \quad (2.2.7)$$

$$k_B = \frac{205,9}{301} = 0,68.$$

Визначемо по упорядоченим діаграмам коефіцієнт максимуму, як функцію от ефективного числа електроприймачів та середнього для групи коефіцієнта використання. Згідно з [2] $k_M = 1,48$.

Визначаємо розрахункову активну потужність навантаження

$$P_p = k_M \cdot P_{CM} \quad (2.2.8)$$

$$P_p = 205,9 \cdot 1,48 = 223 \text{ кВт}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність навантаження

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{CM} \quad (2.2.9)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 153 = 168,3 \text{ кВАр}$$

Визначаємо загальну розрахункову повну потужність навантаження

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.2.10)$$

$$S_p = \sqrt{223^2 + 168,3^2} = 279,3 \text{ кВА}$$

Визначаємо розрахунковий струм

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} \quad (2.2.11)$$

$$I_p = \frac{279,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 424,3 \text{ А}$$

За допомогою таблиці 3.4 порівняємо результати розрахунку ЕОМ і ручного.

Таблиця 2.2.3 – Порівняння даних розрахунку ЕОМ та ручного.

Розрахунок	Р _{уст} , кВт	Р _с , кВт	Q _с , кВАр	I _p , А	Р _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА
ЕОМ	280	205	158	421	219	170,87	260,1
Ручний	279	205,9	153	424,3	223	178,1	256,5

Із таблиці 4 ми бачимо, що розбіжності відповідей між способами розрахунку не суттєві, тому будемо використовувати комп'ютерний розрахунок у розрахунках.

Розрахункове навантаження цеху з навантаженням освітлення:

$$P_{\text{роз}} = P_p + P_{\text{р.осв.ц}} \quad (2.2.12)$$

$$Q_{\text{роз}} = Q_p + Q_{\text{р.осв.ц}} \quad (2.2.13)$$

$$P_{\text{роз}} = 219 + 4,006 = 223,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{роз}} = 170,87 + 1,58 = 172,45 \text{ кВАр}$$

Загальна розрахункова повна потужність цеху з урахуванням потужності освітлення

$$S_{\text{рцеху}} = \sqrt{P_{\text{рцеху}}^2 + Q_{\text{рцеху}}^2} \quad (2.2.14)$$

$$S_{\text{цеху}} = \sqrt{223,8^2 + 173,84^2} = 283,3 \text{ кВА}$$

Визначаємо розрахунковий струм цеху

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} \quad (2.2.15)$$

$$I_p = \frac{283,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 430,4 \text{ А}$$

2.3 Вибір кількості і потужності трансформаторів КТП з урахуванням компенсації реактивної потужності.

За технологічним процесом та складом споживачів електричної енергії тепловий цех належить до 2-ї категорії надійності електропостачання, перерва в електропостачанні якого призведе до масового недопоставки продукції, масового простою робітників та механізми. Кількість трансформаторів,

встановлених на КТП, залежить від категорії надійності електроживлення. Відповідно до [2] споживачів 2-ї категорії надійності електропостачання, можна використовувати рівний трансформатор КТР, або два трансформатори КТП. Потужність трансформаторів підбирається з урахуванням встановлення компенсаційних пристроїв на стороні НН.

Ми окреслили два варіанти підстанції для проведення техніко-економічного обґрунтування варіантів. Варіант 1 - один трансформатор КТП, варіант 2 - два трансформатори КТП.

Розрахункова потужність трансформатора визначається активною потужністю, оскільки недостатня реактивна потужність може бути компенсована джерелами реактивної потужності.

$$S_{\text{розр}}^{\text{тр}} = \frac{P_{\text{р цеху}}}{n \cdot k_3}, \quad (2.2.16)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження трансформатора, згідно [2] $k_3 = 0,9$ для одно трансформаторної КТП, $k_3 = 0,7$ для двох трансформаторної КТП; n – кількість встановлюваних трансформаторів.

$$S_{\text{розр в1}}^{\text{тр}} = \frac{223,8}{1 \cdot 0,9} = 248,6 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{розр в2}}^{\text{тр}} = \frac{223,8}{2 \cdot 0,7} = 159,8 \text{кВА}.$$

З [3] обираємо найближчі більші стандартні значення потужності трансформаторів для обох варіантів.

Для варіанта 1 найближчим значенням потужності є 250 кВА, відповідно, можна встановити комплектну трансформаторну підстанцію КТП-1х250/10/0,4 з масляним трансформатором типу ТМ 250/10. Обраний трансформатор має такі параметри : $S_{\text{ном т}} = 250 \text{кВА}$, $U_{\text{вн}} = 10 \text{кВ}$,

$$U_{\text{нн}} = 0,4 \text{кВ}, U_{\text{к}} = 4,5 \%, I_{\text{хх}} = 2,3 \%, \Delta P_{\text{к}} = 3,7 \text{кВт}, \Delta P_{\text{х}} = 0,74 \text{кВт}.$$

Для 2 варіанта найближчим стандартним значенням є 160 кВА, тоді можна встановити комплектну трансформаторну підстанцію КТП-2х160/10/0,4 з масляними трансформаторами типу ТМ 160/10. Обраний трансформатор має

такі параметри : $S_{\text{НОМ Т}} = 250 \text{кВА}$, $U_{\text{ВН}} = 10 \text{кВ}$, $U_{\text{НН}} = 0,4 \text{кВ}$, $U_{\text{К}} = 4,5 \%$, $I_{\text{XX}} = 2,4 \%$, $\Delta P_{\text{к}} = 2,65 \text{кВт}$, $\Delta P_{\text{х}} = 0,51 \text{кВт}$.

Втрати реактивної потужності в трансформаторі

$$\Delta Q_{\text{Т}} = n \cdot \left(\frac{I_{\text{XX}} \cdot S_{\text{НОМ Т}}}{100} + \kappa_3^2 \cdot \frac{U_{\text{К}} \cdot S_{\text{НОМ Т}}}{100} \right), \quad (2.2.17)$$

$$\Delta Q_{\text{Т В1}} = 1 \cdot \left(\frac{2,3 \cdot 250}{100} + 0,9^2 \cdot \frac{4,5 \cdot 250}{100} \right) = 14,86 \text{кВАр},$$

$$\Delta Q_{\text{Т В2}} = 2 \cdot \left(\frac{2,4 \cdot 160}{100} + 0,7^2 \cdot \frac{4,5 \cdot 160}{100} \right) = 19,33 \text{кВАр}.$$

Пропускна здатність трансформатора за реактивною потужністю

$$Q_{\text{Т}} = \sqrt{(\kappa_3 \cdot n \cdot S_{\text{НОМ Т}})^2 - P_{\text{р цеху}}^2}, \quad (2.2.18)$$

$$Q_{\text{Т В1}} = \sqrt{(0,9 \cdot 1 \cdot 250)^2 - 223,8^2} = 23,2 \text{кВАр},$$

$$Q_{\text{Т В2}} = \sqrt{(0,7 \cdot 2 \cdot 160)^2 - 223,8^2} = 9,46 \text{кВАр}.$$

Розрахункова потужність компенсуючих пристроїв на стороні НН

$$Q_{\text{НКУ}} = Q_{\text{р цеху}} + \Delta Q_{\text{Т}} - Q_{\text{Т}}, \quad (2.2.19)$$

$$Q_{\text{НКУ В1}} = 172,45 + 14,86 - 32,84 = 154,47 \text{кВАр},$$

$$Q_{\text{НКУ В2}} = 172,45 + 19,33 - 25 = 166,78 \text{кВАр}.$$

З [1] обираємо одну конденсаторну батарею для першого варіанту.

Для варіанту 1 обираємо одну конденсаторну батарею УКРП-0.4-160-20УЗ.

З [1] обираємо дві конденсаторні батареї для другого варіанту.

Для варіанту 2 обираємо дві конденсаторні батареї УКРП-0.4-90-10УЗ.

Розрахункова потужність із урахуванням установки компенсуючих пристроїв

$$S_p = \sqrt{P_{\text{цеху}}^2 + (Q_{\text{цеху}} + \Delta Q_T - n_{\text{нКУ}} \cdot Q_{\text{нКУ}})^2}, \quad (2.2.20)$$

де $n_{\text{нКУ}}$ – кількість обраних конденсаторних батарей;

$Q_{\text{нКУ}}$ – потужність обраних конденсаторних батарей, кВАр.

$$S_{p_{\text{в1}}} = \sqrt{(223,8)^2 + (172,45 + 14,86 - 1 \cdot 160)^2} = 225,6 \text{ кВА},$$

$$S_{p_{\text{в2}}} = \sqrt{(223,8)^2 + (172,45 + 19,33 - 2 \cdot 90)^2} = 224,1 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора з урахуванням скомпенсованої потужності в нормальному режимі

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{НОМ Т}}}, \quad (2.2.21)$$

$$K_{3_{\text{в1}}} = \frac{225,6}{1 \cdot 250} = 0,9,$$

$$K_{3_{\text{в2}}} = \frac{224,1}{2 \cdot 160} = 0,7.$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора з урахуванням скомпенсованої потужності в після аварійному режимі

$$K_3 = \frac{S_p}{S_{\text{НОМ Т}}}, \quad (2.2.22)$$

$$K_{3_{\text{в2}}} = \frac{224,1}{160} = 1,4$$

Коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі для варіанту 2 знаходиться в межах допустимого діапазону, що означає, що якщо один з трансформаторів вийде з ладу, для подальшої роботи цеху протягом часу, необхідного для ремонту, потужність буде надходити від іншого трансформатора.

У першій версії ми встановлюємо одну трансформаторну підстанцію КТП-1х250 / 10 / 0.4. Перевага цього варіанту полягає в тому, що одна трансформаторна підстанція дешевша, ніж дві трансформаторні підстанції, але після аварійного режиму, після вимкнення трансформатора, весь цех втрачає свою потужність.

У другому варіанті ми встановлюємо дві трансформаторні підстанції КТП-2х160 / 10 / 0,4, що дорожче за однострансформаторну підстанцію, але в аварійному режимі, коли один із силових трансформаторів відключений, живлення електричних приймачів виконується за допомогою другого трансформатора.

2.3.1 Розрахунок електричних апаратів та кабелів напругою вище 1 кВ. Що стосується паливно-енергетичних ресурсів, ми попередньо відбираємо перерізи кабельних ліній та комірок для 10 кВ. Ми підбираємо кабельні лінії відповідно до допустимого струму та економічної щільності струму та визначаємо втрати потужності в кабельних лініях в обох варіантах.

Номінальний струм на стороні ВН

$$I_p = \frac{S_p}{n_{\text{кл}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}, \quad (2.2.23)$$

де S_p – розрахункова потужність КТП, кВА;

$n_{\text{кл}}$ – кількість кабельних ліній.

$$I_{p \text{ el}} = \frac{225,6}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 13 \text{ A},$$

$$I_{p\ \epsilon 2} = \frac{224,1}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 6,46 \text{ A.}$$

Максимальний розрахунковий струм на стороні ВН

$$I_{p\ max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН}}, \quad (2.2.24)$$

$$I_{p\ max\ \epsilon 1} = I_{p\ \epsilon 1} = 13 \text{ A,}$$

$$I_{p\ max\ \epsilon 2} = \frac{224,1}{\sqrt{3} \cdot 10} = 12,9 \text{ A.}$$

Попередньо обираємо переріз КЛ за економічною густиною струму

$$S_{\epsilon} = \frac{I_p}{J_{\epsilon}}, \quad (2.2.25)$$

де J_{ϵ} – економічна густина струму, А/мм².

$$S_{\epsilon\ \text{в}1} = \frac{13}{1,4} = 9,28 \text{ мм}^2,$$

$$S_{\epsilon\ \text{в}2} = \frac{12,9}{1,4} = 9,21 \text{ мм}^2,$$

За мінімально допустимою КЛ вибираємо 3x35 ААШв.

ААШв – це:

А – жили з алюмінію, бумага пропитана трансформаторним маслом;

А – броня/оболочка з алюмінію;

Шв - зовнішній ізолятор - пресований захисний полівінілхлоридний шланг.

Перевіримо раніше обраний переріз КЛ за умовою мінімального перерізу

$$F_{\text{к мин}} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{\text{п}}}}{C}, \quad (2.2.26)$$

де t_{Π} – приведений час КЗ, згідно [1] для радіальної схеми живлення $t_{\Pi} = 0,78$, с;

C – коефіцієнт для КЛ ААШВ при прокладці у траншеї при напрузі 10кВ, $C = 78$, с.

$$F_{\text{к мин}} = \frac{13,4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{0,78}}{78} = 151,7 \text{ мм}^2.$$

Обираємо КЛ марки ААШВ 3х150. Кабель прокладено у траншеї.

Сумарні витрати потужності в КЛ

$$\Delta P_{\text{кл}} = n_{\text{кл}} \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (2.2.27)$$

$$\Delta P_{\text{кл в1}} = 1 \cdot 3 \cdot (13)^2 \cdot 0,206 \cdot 0,09 \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{\text{кл в2}} = 2 \cdot 3 \cdot (6,46)^2 \cdot 0,206 \cdot 0,09 \cdot 10^{-3} = 0,006 \text{ кВт}.$$

Для РП-10 кВ вибираємо осередку КРП типу КРУ-10 У з вимикачем ВР1-10-20/630 УЗ

Умови вибору й перевірки осередку КРП

Перевірка по номінальній напрузі

$$U_{\text{ном}} \geq U_c, \quad (2.2.28)$$

$$10 \text{ кВ} \geq 10 \text{ кВ}.$$

Перевірка за номінальним током

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{р.мах}}, \quad (2.2.29)$$

$$I_p = 13 \text{ А},$$

$$630 \text{ A} \geq 13 \text{ A} .$$

Перевірка за дійсним значенням струму динамічної стійкості

$$I_{\text{отк}} \geq I'' , \quad (2.2.30)$$

$$20 \text{ кА} \geq 10.6 \text{ кА} .$$

Перевірка за амплітудним значенням струму динамічної стійкості

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}} , \quad (2.2.31)$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I'' , \quad (2.2.32)$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 10.6 = 26.983 \text{ кА} ,$$

$$52 \text{ кА} \geq 26.983 \text{ кА} .$$

Перевірка на термічну стійкість

$$I_t^2 \cdot t \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{\text{фкз}} , \quad (2.2.33)$$

$$I_t^2 \cdot t = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$I_{\infty}^2 \cdot t_{\text{фкз}} = 8,4^2 \cdot 2 = 141,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq 141,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} .$$

Комірка з обраним вимикачем задовольняє всім умовам вибору

Для обраної комірки КРП вибираємо трансформатор струму за умовою

$$1,2 \cdot I_{\text{ном та}} \geq I_{\text{р.мах}} , \quad (2.2.34)$$

де $I_{\text{ном та}}$ – номінальний струм трансформатора струму, А.

$$1,2 \cdot I_{\text{ном та}} = 1,2 \cdot 30 = 36 \text{ А} ,$$

$$36 \text{ А} \geq 13 \text{ А} .$$

Для обраної комірки приймаємо трансформатор струму ТЛК-10-30/5 УЗ

2.3.2 Техніко-економічне порівняння варіантів.

Для вибору оптимального варіанту трансформаторної підстанції необхідно виконати техніко-економічне порівняння двох варіантів, показаних на рисунку 2.3.1. Технічне та економічне порівняння варіантів дозволяє визначити оптимальний варіант трансформаторної підстанції. Критерієм цього є мінімальні щорічні зведених витрати.

Визначення зведених витрат

$$Z = E_{\text{н}} \cdot K + U + Y , \quad (2.3.1)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат, згідно [2]

$$E_{\text{н}} = 0,12;$$

K – разові капітальні витрати, тис. грн;

U – експлуатаційні витрати, тис. грн;

Y – збиток від перерви електропостачання, тис. грн.

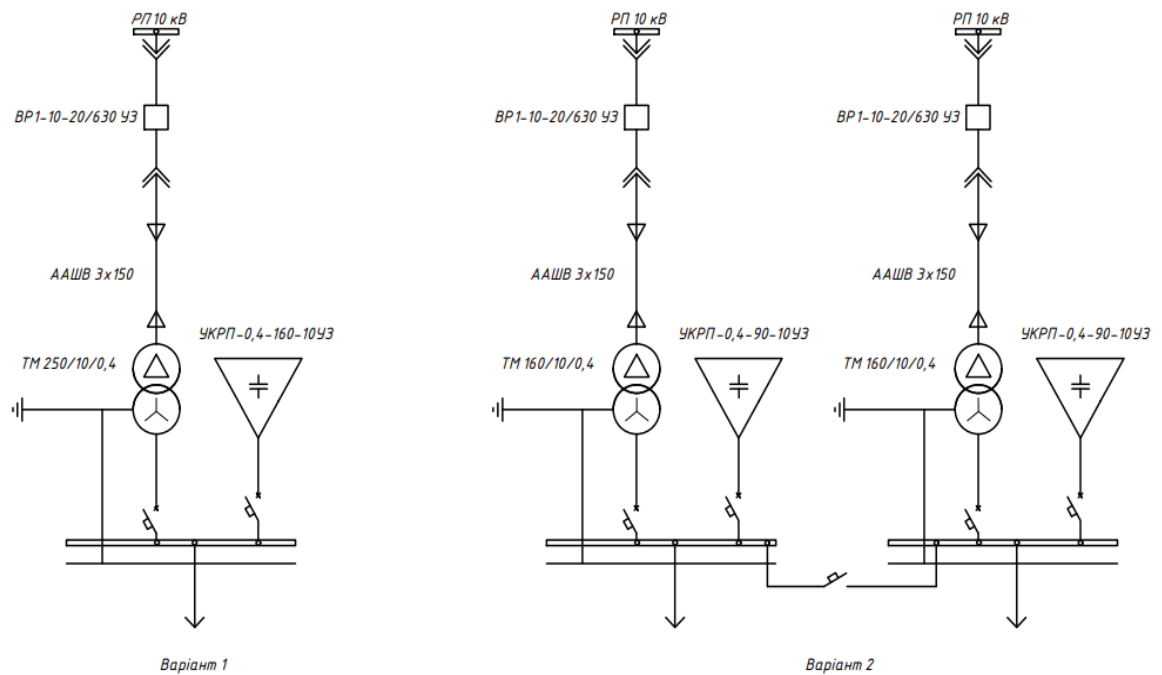


Рисунок 2.3.1 – Схеми варіантів техніко-економічного порівняння.

Разові капітальні витрати

$$K = K_{\text{КТП}} + K_{\text{КУ}} + K_{\text{КЛ}} + K_{\text{КОМ}}, \quad (2.3.2)$$

де $K_{\text{КТП}}$ – разові капітальні вкладення в КТП, тис. грн;

$K_{\text{КУ}}$ – разові капітальні вкладення в компенсаційні установки, тис. грн;

$K_{\text{КЛ}}$ – разові капітальні вкладення в кабельну лінію, тис. грн;

$K_{\text{КОМ}}$ – разові капітальні вкладення в комірку, тис. грн.

Данні капітальних витрат по кожному варіанту зводимо в таблицю

Таблиця 2.3.1 – Капіталовкладення варіантів.

Затрати	Варіант 1 тис.грн	Варіант 2 тис.грн
Комірка	90	270
Кабель ААШВ	35,3	70,6
КТП 10/0,4	90,1	152,5
КУ	36,9	53,2
Загальні	252,3	546,3

Експлуатаційні витрати

$$U = E_o + E_a + B_{\text{пот}}, \quad (2.3.3)$$

де E_o , E_a – експлуатаційні витрати на обслуговування та амортизацію, тис. грн;

$B_{\text{пот}}$ – вартість витрат електроенергії, грн/рік.

Експлуатаційні витрати на обслуговування та амортизацію

$$E_o + E_a = \frac{K_a + K_o}{100\%} \cdot K_i, \quad (2.3.4)$$

де K_a , K_o – нормовані коефіцієнти на амортизацію та обслуговування, згідно [1] (для РП $K_a = 6,4\%$, $K_o = 3\%$, для КЛ $K_a = 5,3\%$, $K_o = 2\%$), %;

K_i – капіталовкладення, тис.грн.

$$E_{o\text{ в1}} + E_{a\text{ в1}} = \frac{6,4 + 3}{100} \cdot (90 + 90,1 + 36,9) + \frac{5,3 + 2}{100} \cdot (35,3) = 22,9 \text{ тис. грн},$$

$$\begin{aligned} E_{o\text{ в2}} + E_{a\text{ в2}} &= \frac{6,4 + 3}{100} \cdot (270 + 152,5 + 53,2) + \frac{5,3 + 2}{100} \cdot (2 \cdot 35,3) \\ &= 49,896 \text{ тис. грн}. \end{aligned}$$

Вартість витрат електроенергії

$$B_{\text{пот}} = C_w \cdot \Delta W, \quad (2.3.5)$$

де C_w – вартість електроенергії 3,5 грн/кВт;

ΔW – витрати активної електроенергії у КЛ, КТП, МВт год за рік.

Витрати активної електроенергії у КЛ

$$\Delta W_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{кл}} \cdot \tau_{\text{мах}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.3.6)$$

де $\tau_{\text{мах}}$ – число годин максимальних витрат, год.

Число годин максимальних витрат

$$\tau_{\max} = \left(0,124 + \frac{T_{\max}}{10000}\right)^2 \cdot 8760, \quad (2.3.7)$$

де T_{\max} – кількість годин використання максимуму ,год.

$$\tau_{\max} = \left(0,124 + \frac{4500}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 2886,2 \text{ год,}$$

$$\Delta W_{\text{кл в1}} = 0,04 \cdot 2886,2 \cdot 10^{-3} = 0,1154 \text{ МВт год за рік,}$$

$$\Delta W_{\text{кл в2}} = 0,02 \cdot 2886,2 \cdot 10^{-3} = 0,0288 \text{ МВт год за рік.}$$

Витрати у трансформаторі

$$\Delta W_T = n \cdot (\Delta P_x \cdot 8760 + \kappa_3^2 \cdot \Delta P_k \cdot \tau_{\max}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.3.8)$$

$$\Delta W_{T \text{ в1}} = 1 \cdot (0,74 \cdot 8760 + 0,9^2 \cdot 3,7 \cdot 2886,2) \cdot 10^{-3} = 15,132 \text{ МВт год за рік,}$$

$$\Delta W_{T \text{ в2}} = 2 \cdot (0,51 \cdot 8760 + 0,7^2 \cdot 2,65 \cdot 2886,2) \cdot 10^{-3} = 16,43 \text{ МВт год за рік,}$$

$$B_{\text{пот в1}} = 3,5 \cdot (0,1154 + 15,132) = 53,365 \text{ тис. грн,}$$

$$B_{\text{пот в2}} = 3,5 \cdot (0,0288 + 16,43) = 57,605 \text{ тис. грн,}$$

$$U_{\text{в1}} = 22,9 + 53,365 = 76,265 \text{ тис. грн,}$$

$$U_{\text{в2}} = 49,896 + 57,605 = 107,501 \text{ тис. грн.}$$

Збиток від перерви електропостачання обох варіантів варіанту

$$Y = Y_0 \cdot P_{\text{р цеху}} \cdot T_{\max} \cdot q_{\Sigma}, \quad (2.3.9)$$

де Y_0 – питомий збиток перерви електропостачання,

q_{Σ} – сумарна ймовірність втрати живлення на шинах РУ 0,4 кВ.

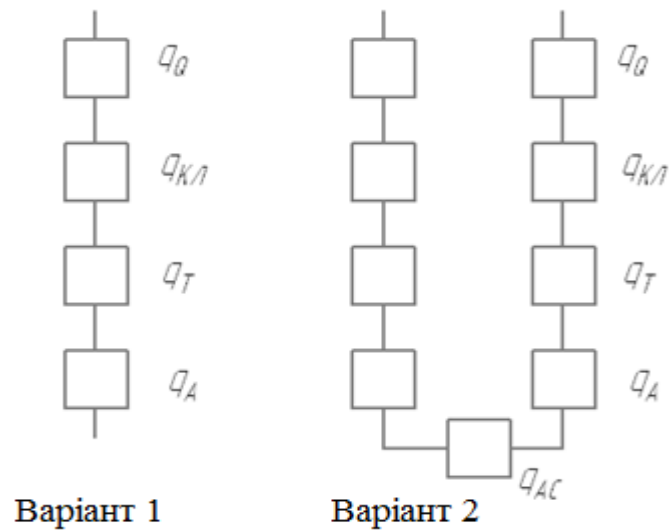


Рисунок 2.3.2 – Схеми заміщення для визначення ймовірності перерви електропостачання.

$$q_{\Sigma \text{ в1}} = q_{\text{кру}} + q_{\text{кл}} + q_{\text{т}} + q_{\text{авт.вим}} , \quad (2.3.10)$$

$$q_{\Sigma \text{ в1}} = (0,6 + 0,78 \cdot 0,09 + 7 + 0,3) \cdot 10^{-5} = 7,97 \cdot 10^{-5} ,$$

$$Y_{\text{в1}} = (18 \cdot 222,59 \cdot 4500 \cdot 7,97 \cdot 10^{-5}) \cdot 10^{-3} = 1,436 \text{ тис. грн.}$$

$$Z_{\text{в1}} = 0,12 \cdot 252,3 + 63,915 + 1,436 = 95,627 \text{ тис. грн}$$

$$Z_{\text{в2}} = 0,12 \cdot 546,3 + 94,17 = 159,726 \text{ тис. грн}$$

Порівняння обраних варіантів

$$\Delta Z = \frac{Z_{\text{мак}} - Z_{\text{мін}}}{Z_{\text{мак}}} \cdot 100 , \quad (2.3.11)$$

$$\Delta Z = \frac{159,726 - 95,627}{159,726} \cdot 100 = 40,13 \%.$$

Наведені техніко-економічні розрахунки показали, що відносно зведених витрат перший варіант схеми є більш економічним, тому остаточно приймаю варіант 1 з КТП 1хТМ250/10.

2.4 Розрахунок цехової мережі.

2.4.1 Вибір схеми й конструктивного виконання цехової мережі

Для цехової мережі була обрана змішана радіальна схема із застосуванням шинопроводів та точок живлення типу ШР 11, обладнаних запобіжниками, підключеними радіально через кабель АВВГ до КТП РП-0,4 кВ.

Розташування трансформаторної підстанції в цеху в центрі електричних навантажень неможливо, тому трансформаторна підстанція виконана з приєднаним типом з боку зовнішнього джерела живлення. КТП включає силовий трансформатор ТМ-250 \ 10 ШНВ вхідний шафа і два шафи від ходових ліній ШНЛ, обладнані вимикачами ВА.

Розподільна мережа 0,4 кВ виконана дротом АПВ з прокладкою в пластикові труби в підлозі.

Струм вводу

$$I_{p \text{ вводу}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}}, \quad (2.4.1)$$

$$I_{p \text{ вводу}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 360,843 \text{ А.}$$

Струм НКУ

$$I_{p \text{ нку}} = \frac{Q_{\text{нку}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}}, \quad (2.4.2)$$

$$I_{p \text{ нку}} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 230,94 \text{ А.}$$

Струм освітлення

$$I_{p \text{ осв}} = \frac{S_{\text{осв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}}, \quad (2.4.3)$$

$$I_{p \text{ осв}} = \frac{5,64}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 8,14 \text{ А.}$$

Користуючись даними розрахунку навантаження методом упорядкованих діаграм і даними струму вводу і НКУ вибираємо розподільчі шафи КТП, а також вибираємо шинопроводи і силові пункти.

Таблиця 2.4.1 – Вибір розподільчих шаф КТП.

№ приєднання	Назва вузла	Розр. струм, I_p , А	Тип шафи	Тип АЗ	Струм АЗ, $I_{\text{ном.}}$, А
1	Ввод	360,84	ШНВ-1УЗ	ВА52-37	400
2	НКУ	230,94		ВА52-37	250
3	ШР 1	183,17	ШНЛ-1М	ВА52-37	250
4	ШР 2	124,37		ВА52-37	160
5	ШР 3	119,49		ВА52-37	160
6	ЩО 1	21,82		ВА52-25	25

Для вибору СП та шинопроводів використовуємо наступні умови вибору

$$I_{\text{ном ШРА}} \geq I_p, \quad (2.4.4)$$

де $I_{\text{ном ШРА}}$ – номінальний струм шинопроводу, А;

I_p – розрахунковий струм навантаження, А.

$$I_{\text{ном СП}} \geq I_p, \quad (2.4.5)$$

де $I_{\text{ном СП}}$ – номінальний струм СП, А.

$$I_{\text{ном ЯРП}} \geq I_p, \quad (2.4.6)$$

де $I_{\text{ном ЯРП}}$ – номінальний струм ЯРП, А.

Вибір шинопроводів, СП наведений у таблиці 2.4.2

Таблиця 2.4.2 – Вибір шинопроводів.

№ параметра вузла навантаження	$I_p, \text{ А}$	$I_{\text{ном}}, \text{ А}$	Тип параметра вузла навантаження	Кількість приєднань і номінальний струм
ШР 1	187,17	250	ШРА4-250	–
ШР 2	124,37	250	ШРА4-250	–
ШР 3	119,49	250	ШРА4-250	8x60 А

Для вибраних шинопроводів необхідно визначити втрату напруги

$$\Delta U_{\text{ШРА}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot 100}{U_{\text{ном}}} \cdot (r_{\text{п}} \cdot \cos\varphi + x_{\text{п}} \cdot \sin\varphi), \quad (2.4.7)$$

де I_p – розрахунковий струм навантаження, А;

l – довжина ШРА, км;

$r_{\text{п}}, x_{\text{п}}$ – питомі активні та індуктивні опори ШРА, Ом/км;

$$\Delta U_{\text{ШРА 1}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 187,17 \cdot 0,071 \cdot 100}{380} \cdot (0,15 \cdot 0,75 + 0,17 \cdot 0,66) = 1,36\%$$

$$\Delta U_{\text{ШРА}2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 124,37 \cdot 0,071 \cdot 100}{380} \cdot (0,15 \cdot 0,75 + 0,17 \cdot 0,66) = 0,9\%$$

$$\Delta U_{\text{ШРА}3} = \frac{\sqrt{3} \cdot 119,49 \cdot 0,071 \cdot 100}{380} \cdot (0,15 \cdot 0,75 + 0,17 \cdot 0,66) = 0,87\%$$

Втрата напруги в обраних шинопроводах не перевищує допустимої втрати напруги у 5%, згідно цього шинопроводи були правильно вибрані.

2.4.2 Вибір уставок захисних апаратів і провідників цехової мережі

Живильна мережа - це ділянка цехової мережі від РП-0,4 кВ до СП, шинопроводів і ЯРП. Вибираємо захисні апарати для живильної мережі використовуючи данні розрахунку навантаження методом упорядкованих діаграм і користуючись наступними умовами вибору

$$U_{\text{ном А}} \geq U_{\text{м}}, \quad (2.4.8)$$

де $U_{\text{ном А}}$ – номінальна напруга автоматичного вимикача, В;

$U_{\text{м}}$ – напруга мережі, В.

$$I_{\text{ном А}} \geq I_{\text{р}}, \quad (2.4.9)$$

де $I_{\text{ном А}}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, А;

$$I_{\text{ном тр}} \geq I_{\text{р}}, \quad (2.4.10)$$

де $I_{\text{ном тр}}$ – номінальний струм теплового розчіплювача автоматичного вимикача, А.

$$I_{\text{ном ем.р}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}}, \quad (2.4.11)$$

де $I_{\text{ном ел.маг.р}}$ – номінальний струм електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача, А;

$I_{\text{пик}}$ – піковий струм навантаження, А.

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{р}} + I_{\text{ном макс}} \cdot (k_{\text{п}} - 1), \quad (2.4.12)$$

де $I_{\text{ном макс}}$ – номінальний розрахунковий струм найпотужнішого електроприймача, А;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт пуску.

Струм електромагнітного розчеплювача для НКУ

$$I_{\text{ном ем.р}} \geq 1,3 \cdot I_{\text{р нку}}, \quad (2.4.13)$$

Струм електромагнітного розчеплювача для ЩО

$$I_{\text{ном ем.р}} \geq 1,3 \cdot I_{\text{р осв}}, \quad (2.4.14)$$

Переріз кабельної лінії вибирається за умовами допустимого нагріву і узгоджується з тепловим розчіплювачем автоматичного вимикача

$$I_{\text{доп}}' \geq I_{\text{р}}, \quad (2.4.15)$$

$$I_{\text{доп}}' = 0,92 \cdot I_{\text{доп}}, \quad (2.4.16)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий струм кабельної лінії, А.

$$I_{\text{доп}}' \geq I_{\text{ном тр}}, \quad (2.4.17)$$

Вибір уставок АВ і перерізи КЛ наведені у таблиці 2.4.3

Таблиця 2.4.3 – Вибір уставок АВ і перерізів КЛ для живильної мережі.

Поз.	$I_p,$ А	$I_{п\dot{и}к},$ А	Переріз КЛ АВВГ	$I_{доп},$ А	Автомат			
					Тип	$I_{ном А},$ А	$I_{ном гр},$ А	$I_{ном ем.р},$ А
Ввод	360,8	–	–	–	ВА52- 37	400	400	4000
НКУ	230,9	300,1	АВВГ (3x120+1x70)	317	ВА52- 37	400	250	2500
ШР 1	187,1	243,2	АВВГ (3x95+1x50)	204	ВА52- 37	400	200	2000
ШР 2	124,3	161,5	АВВГ (3x70+1x35)	167	ВА51- 35	250	160	1600
ШР 3	119,5	155,3	АВВГ (3x70+1x35)	167	ВА51- 35	250	160	1600
ЩО 1	21,8	28,34	АВВГ (3x16+1x10)	77	ВА51- 31	100	31,5	315

Для розподільчої мережі через силові пункти вибираємо провід АПВ і автоматичні вимикачі, а для розподільчої мережі через шинопроводи вибираємо провід АВВГ і запобіжники типу ПН.

Апарати захисту і провідники вибираються за наступними умовами

Номінальний струм плавкої вставки вибирається за умовою

$$I_{ном\ пл.вст} \geq \frac{I_{п\dot{и}к}}{2,5}, \quad (2.4.18)$$

Перетин проведення АВВГ вибирається за умовою

$$I_{доп} \geq I_p, \quad (2.4.19)$$

де I_p – розрахунковий струм електроприймача, А.

$$I_p = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \quad (2.4.20)$$

Обраний переріз АВВГ узгоджується з апаратом захисту

$$I_{\text{доп}} \geq 0,33 \cdot I_{\text{НОМ ПЛ.ВСТ}}, \quad (2.4.21)$$

Вибір уставок АВ і перерізи проводу для розподільчої мережі через ШР наведені у таблиці 2.4.4

Таблиця 2.4.4 – Вибір уставок запобіжників і перерізів проводу для розподільчої мережі від ШР.

№ згідно плану цеха	$P_{\text{НОМ}},$ кВт	$I_p,$ А	$I_{\text{пик}},$ А	Переріз проводу АВВГ	$I_{\text{доп}},$ А	Запобіжник	
						Тип	$I_{\text{НОМ ПЛ.ВСТ}},$ А
Н5а, Н8а, Н8в, Н5д, Н3н, Е19в	7,5	17,53	87,65	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	40
Н4о, Н14д, Н32д, Н53д	5,5	10,45	52,25	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	25
Н7а, Н9а	11	20,63	103,15	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	50
Н18д	18,5	34,28	171,4	АВВГ 4х10	54	ПН2- 100	80
ХМ15в	90	159	795	АВВГ 4х70	165	ПН2- 100	200
ПГ12д, Е7д	15	27,13	135,65	АВВГ 4х4	34	ПН2- 100	63
Н17в	9,2	17,47	87,35	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	40
Н4в, Н2о, Н42н, Н16.1н, Н16.2н, Н22н	4	7,6	30,4	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	16
Н25н, Е24н	3	5,7	28,5	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	16

Продовження таблиці 2.4.4.

№ згідно плану цеха	$P_{\text{ном.}}$, кВт	$I_{\text{р.}}$, А	$I_{\text{пік}}$, А	Переріз провoda АВВГ	$I_{\text{доп.}}$, А	Запобіжник	
						Тип	$I_{\text{ном пл.вст.}}$, А
Е12н	2,2	4,52	22,6	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	10
Н26в, Н27н, Е1о	1,5	2,71	13,55	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	10
Е5в, Е6в, Е7в, Е14о	1,1	2,26	11,3	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	10
Н13н, Н21.1н, Н21.2н, Н28н	0,55	0,99	4,95	АВВГ 4х2,5	26	ПН2- 100	10

2.5 Розрахунок струмів КЗ у мережі напругою менше 1000 В.

Розрахунок струмів КЗ виконуємо для найбільш віддаленого ЕП підключеного до ШР1.

Розрахунок виконується методом іменованих одиниць. Розрахункова схема й схема заміщення наведені на рисунку 4.

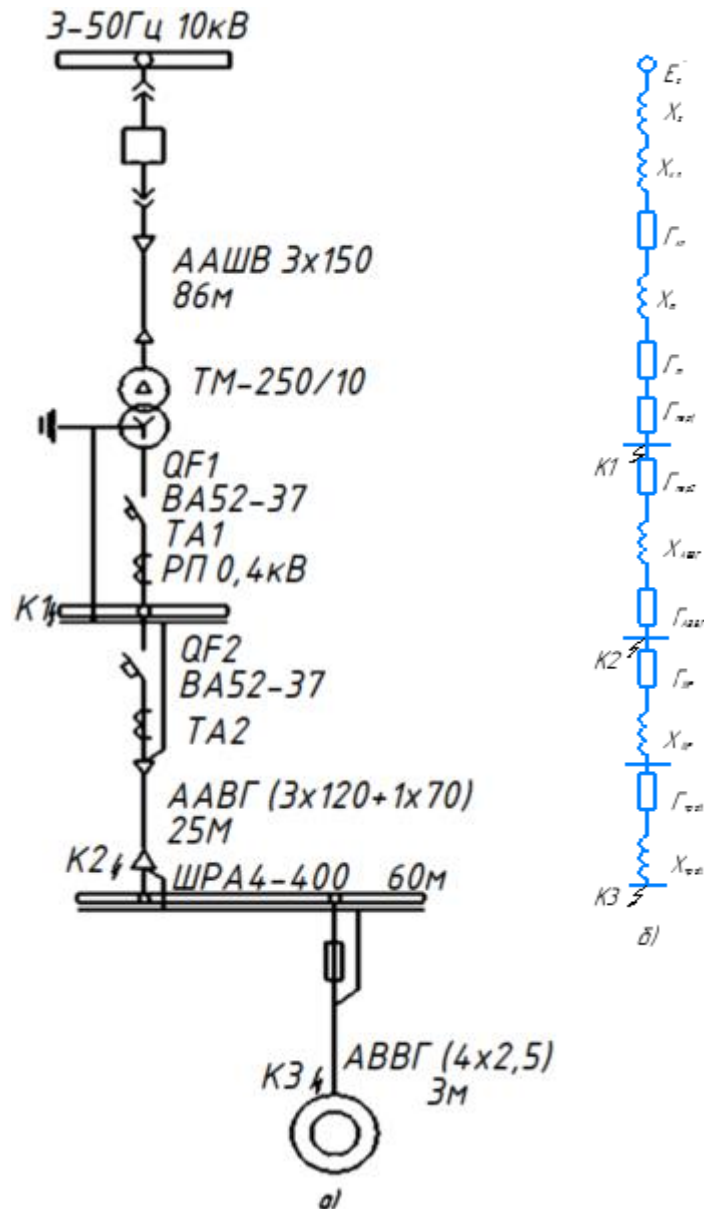


Рисунок 2.5.1– Схема для розрахунку токів КЗ

а) розрахункова

б) заміщення

Розрахуємо індуктивні та активні опори прямої послідовності елементів схеми.

Визначимо опір системи

$$x_c = \frac{U_{\text{нн}}^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{вн}} \cdot I''}, \quad (2.5.1)$$

де $U_{\text{вн}}$ – номінальна напруга на високій стороні, кВ;

U_{HH} – номінальна напруга на низькій стороні, кВ;

I'' – надперехідний струм КЗ, кА.

$$x_c = \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 11,2} = 0,825 \text{ мОм.}$$

Визначимо активний і реактивний опори для кабельної лінії

$$r_{\text{кл}} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{\text{HH}}}{U_{\text{BH}}} \right)^2, \quad (2.5.2)$$

$$x_{\text{кл}} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_{\text{HH}}}{U_{\text{BH}}} \right)^2, \quad (2.5.3)$$

де r_0, x_0 – питомі активний та реактивний опори, Ом/км;

l – довжина кабельної лінії, м.

$$r_{\text{кл}} = 0,21 \cdot 90 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,03 \text{ мОм,}$$

$$x_{\text{кл}} = 0,059 \cdot 90 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,008 \text{ мОм.}$$

Визначимо активний опір трансформатора

$$r_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{\text{HH}}^2}{S_T^2}, \quad (2.5.4)$$

$$r_T = \frac{3,7 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{250^2} = 9,47 \text{ мОм.}$$

Визначимо повний опір трансформатора

$$z_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{U_{HH}^2}{S_T}, \quad (2.5.5)$$

$$z_T = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 28,8 \text{ мОм}$$

Визначимо реактивний опір трансформатора

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2}, \quad (2.5.6)$$

$$x_T = \sqrt{28,8^2 - 9,47^2} = 27,19 \text{ мОм}.$$

Визначимо опір кабелю АВВГ (3x120+1x70)

$$r_{\text{АВВГ } \phi} = \frac{r_0}{n} \cdot l, \quad (2.5.7)$$

$$r_{\text{АВВГ } \phi} = \frac{0,27 \cdot 25}{1} = 6,75 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{АВВГ } \phi} = \frac{x_0}{n} \cdot l, \quad (2.5.8)$$

$$x_{\text{АВВГ } \phi} = \frac{0,06 \cdot 25}{1} = 1,5 \text{ мОм}.$$

$$r_{\text{АВВГ } 0} = \frac{r_0}{n} \cdot l, \quad (2.5.9)$$

$$r_{\text{АВВГ } 0} = \frac{0,46 \cdot 25}{1} = 11,5 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{АВВГ } 0} = \frac{x_0}{n} \cdot l, \quad (2.5.10)$$

$$x_{\text{АВВГ } 0} = \frac{0,0612 \cdot 25}{1} = 1,53 \text{ мОм.}$$

Опір петлі 0-ї фази кабелю 3хАВВГ (3х120+1х70)

$$r_{\text{АВВГ } \phi-0} = r_{\text{АВВГ } \phi} + r_{\text{АВВГ } 0}, \quad (2.5.11)$$

$$r_{\text{АВВГ } \phi-0} = 6,75 + 11,5 = 18,25 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{АВВГ } \phi-0} = x_{\text{АВВГ } \phi} + x_{\text{АВВГ } 0}, \quad (2.5.12)$$

$$x_{\text{АВВГ } \phi-0} = 1,5 + 1,53 = 3,3 \text{ мОм.}$$

Визначимо опір шинопроводу ШРА4-400

$$r_{\text{ШР}} = r_0 \cdot l, \quad (2.5.13)$$

$$r_{\text{ШР } \phi} = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ мОм,}$$

$$r_{\text{ШР } 0} = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{ШР}} = x_0 \cdot l, \quad (2.5.14)$$

$$x_{\text{ШР } \phi} = 0,17 \cdot 60 = 10,2 \text{ мОм,}$$

$$x_{\text{ШР } 0} = 0,17 \cdot 60 = 10,2 \text{ мОм.}$$

Опір петлі 0-ї фази шинопроводу ШРА4-400

$$r_{\text{ШР } \phi-0} = r_{\text{ШР } \phi} + r_{\text{ШР } 0}, \quad (2.5.15)$$

$$r_{\text{ШР } \phi-0} = 9 + 9 = 18 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{ШР } \phi-0} = x_{\text{ШР } \phi} + x_{\text{ШР } 0}, \quad (2.5.16)$$

$$x_{\text{ШР } \phi-0} = 10,2 + 10,2 = 20,4 \text{ мОм.}$$

Визначимо опір проводу АВВГ (4х2,5)

$$r_{\text{пров } \phi} = r_0 \cdot l, \quad (2.5.17)$$

$$r_{\text{пров } \phi} = 12,5 \cdot 3 = 37,5 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{пров } \phi} = x_0 \cdot l, \quad (2.5.18)$$

$$x_{\text{пров } \phi} = 0,116 \cdot 3 = 0,348 \text{ мОм.}$$

$$r_{\text{пров } 0} = r_0 \cdot l, \quad (2.5.19)$$

$$r_{\text{пров } 0} = 12,5 \cdot 3 = 37,5 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{пров } 0} = x_0 \cdot l, \quad (2.5.20)$$

$$x_{\text{пров } 0} = 0,116 \cdot 3 = 0,348 \text{ мОм.}$$

Опір петлі 0-ї фази проводу АПВ (4x2,5)

$$r_{\text{пров } \phi-0} = r_{\text{пров } \phi} + r_{\text{пров } 0} , \quad (2.5.21)$$

$$r_{\text{пров } \phi-0} = 37,5 + 37,5 = 75 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{пров } \phi-0} = x_{\text{пров } \phi} + x_{\text{пров } 0} , \quad (2.5.22)$$

$$x_{\text{пров } \phi-0} = 0,348 + 0,348 = 0,696 \text{ мОм.}$$

Перехідний опір контактів

$$r_{\text{пер}1} = 15 \text{ мОм,}$$

$$r_{\text{пер}2} = 5 \text{ мОм,}$$

$$r_{\text{пер}3} = 5 \text{ мОм.}$$

Результуючий опір для точки К1

$$r_{\text{рез } \kappa 1} = r_{\text{кл}} + r_{\text{T}} + r_{\text{пер}1} , \quad (2.5.23)$$

$$r_{\text{рез } \kappa 1} = 0,03 + 9,47 + 15 = 24,5 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{рез } \kappa 1} = x_{\text{кл}} + x_{\text{T}} + x_{\text{с}} , \quad (2.5.24)$$

$$x_{\text{рез } \kappa 1} = 0,008 + 27,19 + 0,825 = 28,023 \text{ мОм.}$$

$$z_{\text{рез к1}} = \sqrt{r_{\text{рез к1}}^2 + x_{\text{рез к1}}^2} , \quad (2.5.25)$$

$$z_{\text{рез к1}} = \sqrt{24,5^2 + 28,023^2} = 37,222 \text{ мОм.}$$

Значення струму трифазного КЗ для точки К1

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{рез к1}}} , \quad (2.5.26)$$

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 37,222 \cdot 10^{-3}} = 5,894 \text{ кА.}$$

Визначимо ударний струм для точки К1

$$i_{y \text{ к1}} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{\text{к1}}^{(3)} , \quad (2.5.27)$$

$$i_{y \text{ к1}} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 5,894 = 9,168 \text{ кА.}$$

Розрахунок струму однофазного КЗ для точки К1

$$r_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} = \frac{r_{\text{т}}}{3} + 2 \cdot r_{\text{пер1}} , \quad (2.5.28)$$

$$r_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} = \frac{9,47}{3} + 2 \cdot 15 = 33,156 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} = \frac{x_{\text{т}}}{3} , \quad (2.5.29)$$

$$x_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} = \frac{27,19}{3} = 9,063 \text{ мОм.}$$

$$z_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} = \sqrt{r_{\text{пф-0}}^{\text{к1}^2} + x_{\text{пф-0}}^{\text{к1}^2}}, \quad (2.5.30)$$

$$z_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} = \sqrt{33,156^2 + 9,063^2} = 34,372 \text{ мОм.}$$

Значення струму однофазного КЗ для точки К1

$$I_{\text{к1}}^{(1)} = \frac{U_{\text{н}}}{z_{\text{пф-0}}^{\text{к1}}}, \quad (2.5.31)$$

$$I_{\text{к1}}^{(1)} = \frac{220}{34,372 \cdot 10^{-3}} = 6,4 \text{ кА.}$$

Перевіримо обраний автомат QF1 (ВА52-37) за наступними умовами

$$I_{\text{отк}} \geq I_{\text{к1}}^{(3)}, \quad (2.5.32)$$

$$10 \text{ кА} \geq 5,894 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{у}}, \quad (2.5.33)$$

$$23 \text{ кА} \geq 9,168 \text{ кА.}$$

Знайдемо значення струму трифазного КЗ для точки К2

$$r_{\text{рез к2}} = r_{\text{рез к1}} + r_{\text{АВВГ ф}} + r_{\text{пер2}}, \quad (2.5.34)$$

$$r_{\text{рез к2}} = 24,5 + 6,75 + 5 = 36,25 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{рез к2}} = x_{\text{рез к1}} + x_{\text{АВВГ ф}}, \quad (2.5.35)$$

$$x_{\text{рез к2}} = 28,023 + 1,5 = 29,523 \text{ мОм.}$$

$$z_{\text{рез к2}} = \sqrt{r_{\text{рез к2}}^2 + x_{\text{рез к2}}^2}, \quad (2.5.36)$$

$$z_{\text{рез к2}} = \sqrt{36,25^2 + 29,523^2} = 46,751 \text{ мОм.}$$

Значення струму трифазного КЗ для точки К2

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{рез к2}}}, \quad (2.5.37)$$

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 46,751 \cdot 10^{-3}} = 4,692 \text{ кА.}$$

Визначимо ударний струм для точки К2

$$i_{\text{у к2}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{у}} \cdot I_{\text{к2}}^{(3)}, \quad (2.5.38)$$

$$i_{\text{у к2}} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 4,692 = 7,299 \text{ кА.}$$

Розрахунок струму однофазного КЗ для точки К2

$$r_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} = r_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} + 2 \cdot r_{\text{пер2}} + r_{\text{АВВГ ф-0}}, \quad (2.5.39)$$

$$r_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} = 33,156 + 2 \cdot 5 + 18,25 = 61,406 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} = x_{\text{пф-0}}^{\text{к1}} + x_{\text{АВВГ ф-0}} , \quad (2.5.40)$$

$$x_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} = 9,063 + 3,3 = 12,363 \text{ мОм.}$$

$$z_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} = \sqrt{r_{\text{пф-0}}^{\text{к2}^2} + x_{\text{пф-0}}^{\text{к2}^2}} , \quad (2.5.41)$$

$$z_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} = \sqrt{61,406^2 + 12,363^2} = 73,769 \text{ мОм.}$$

Значення струму однофазного КЗ для точки К2

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{U_{\text{н}}}{z_{\text{пф-0}}^{\text{к2}}} , \quad (2.5.42)$$

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{220}{73,769 \cdot 10^{-3}} = 2,982 \text{ кА.}$$

Перевіримо обраний автомат QF2 (ВА52-37) за наступними умовами

$$I_{\text{отк}} \geq I_{\text{к2}}^{(3)} , \quad (2.5.43)$$

$$10 \text{ кА} \geq 4,692 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{у}} , \quad (2.5.44)$$

$$23 \text{ кА} \geq 7,299 \text{ кА}$$

Розрахунок струму однофазного КЗ для точки К3

$$r_{\text{пф-0}}^{\text{к3}} = r_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} + r_{\text{пров ф-0}} + r_{\text{ШР ф-0}} , \quad (2.5.46)$$

$$r_{\text{пф-0}}^{\text{к3}} = 61,406 + 75 + 18 = 154,406 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{пф-0}}^{\text{к3}} = x_{\text{пф-0}}^{\text{к2}} + x_{\text{пров ф-0}} + x_{\text{ШР ф-0}}, \quad (2.5.47)$$

$$x_{\text{пф-0}}^{\text{к3}} = 12,363 + 0,696 + 20,4 = 33,459 \text{ мОм.}$$

$$z_{\text{пф-0}}^{\text{к3}} = \sqrt{r_{\text{пф-0}}^{\text{к3}^2} + x_{\text{пф-0}}^{\text{к3}^2}}, \quad (2.5.48)$$

$$z_{\text{пф-0}}^{\text{к3}} = \sqrt{154,406^2 + 33,459^2} = 157,989 \text{ мОм.}$$

Значення струму однофазного КЗ для точки КЗ

$$I_{\text{к3}}^{(1)} = \frac{U_{\text{н}}}{z_{\text{пф-0}}^{\text{к3}}}, \quad (2.5.49)$$

$$I_{\text{к3}}^{(1)} = \frac{220}{157,989 \cdot 10^{-3}} = 1,392 \text{ кА.}$$

Перевіримо обраний запобіжник FU1 (ПН2-100) за наступною умовою

$$\frac{I_{\text{к3}}^{(1)}}{I_{\text{НОМ ПЛ.ВСТ}}} \geq 3, \quad (2.5.50)$$

$$\frac{1392}{25} \geq 3,$$

$$55,7 \geq 3.$$

3. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Оскільки тема дипломної роботи – "Підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства", тому доцільно переглянути систему освітлення виробничих приміщень. Згідно проекту у виробничих приміщеннях використовуються люмінесцентні лампи. Ці лампи мають ряд недоліків:

- низька світлова віддача — до 50 лм/Вт;
- низький термін служби – 1000 годин;
- можливість пульсації світлового потоку;
- ртутна складова, що вимагає додаткових затрат коштів на утилізацію відпрацьованих джерел світла.

Тому доцільним є переобладнання освітлення приміщень на світлодіодні LED лампи. Перевагами даного виду джерел освітлення є:

- тривалий термін служби;

світлова віддача — 100-140 лм/Вт

- екологічність, що в теперішніх реаліях є дуже важливим аспектом;
- відсутність шкідливих елементів, робить використання ламп безпечним для людини та природи.

Основним недоліком є те, що світлодіодні світильники коштують суттєво більше, проте, як показує практика, термін окупності складає близько 2-3 років.

Нижче розглянемо порівняльний аналіз світильників з люмінесцентними лампами та світлодіодними LED лампами.

3.1 Методика розрахунку рівномірного освітлення промислових та виробничих приміщень цеха з переробки олії.

Метою світлотехнічного розрахунку є оптимальний підбір світлових приладів, які забезпечать якісні та кількісні показники освітленості. Всі

світильники відрізняються один від одного: світлорозподілом, формою кривої сили світла, типорозміром джерела світла, способом установки, класом захисту від ураження електричним струмом, ступенем захисту від пилу і води, кліматичним виконанням і категорією розміщення, ступенем пожежо- і вибухозахисту. За виконання розрізняють світильники:

- відкриті (джерело світла і патрон не відокремлені від зовнішнього середовища);

- закриті (джерело світла і патрон відокремлені від зовнішнього середовища оболонкою без ущільнень);

- вологозахищені (корпус і патрон протистоять дії вологи, а конструкція забезпечує надійну ізоляцію вступних кінців один від одного і від металевих частин світильника).

Виробничі приміщення в порівнянні з промисловими мають низьку природну освітленість, малу висоту стелі по відношенню до довжини і ширини приміщення, наявність агресивних газів, низький коефіцієнт відбиття стелі, підвищену вологість. Тип світильника вибирають з урахуванням характеру світлорозподілу, виконання в залежності від навколишнього середовища, надійності експлуатації і висоти приміщення.

Для сирих, особливо сирих приміщень з хімічно активним середовищем (наприклад, тваринницькі приміщення, мийні, варильні відділення кормоприготувального цеху, цех зневоднення гною і т.п.) виконання світильників повинно бути пиловологонепроникним. Корпусні деталі світильників повинні бути виконані з вологостійких матеріалів, здатних працювати в умовах агресивних середовищ.

Для заповнених приміщень (склади кормів, сіна, соломи тощо) застосовують світильники із ступенем пиловологозахисту IP 54-65, конструкція яких виключає проникнення пилу в порожнину розташування контактів.

Основним завданням виробничого освітлення є підтримка на робочому місці необхідно освітленості, що відповідає характеру зорової роботи.

Проектом передбачено робоче освітлення в приміщення цеху рафінації та дезодорації. Напруга у ламп робочого освітлення ~ 220 В. Світильники вибираємо виходячи із призначення приміщень, умов середовища і потрібної освітленості. Експлікація приміщень для цеху рафінації та дезодорації олії представлено в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Експлікація приміщень цеху рафінації та дезодорації олії.

Умовне позначення приміщення №	Найменування
1	Приміщення 1
2	Приміщення 2
3	Приміщення 3
4	Приміщення 4
5	Приміщення 5
6	Електрощитова
7	Приміщення 6
8	Цех 1
9	Приміщення 7
10	Приміщення 8
11	Приміщення 9
12	Цех 2
13	Парогенераторна

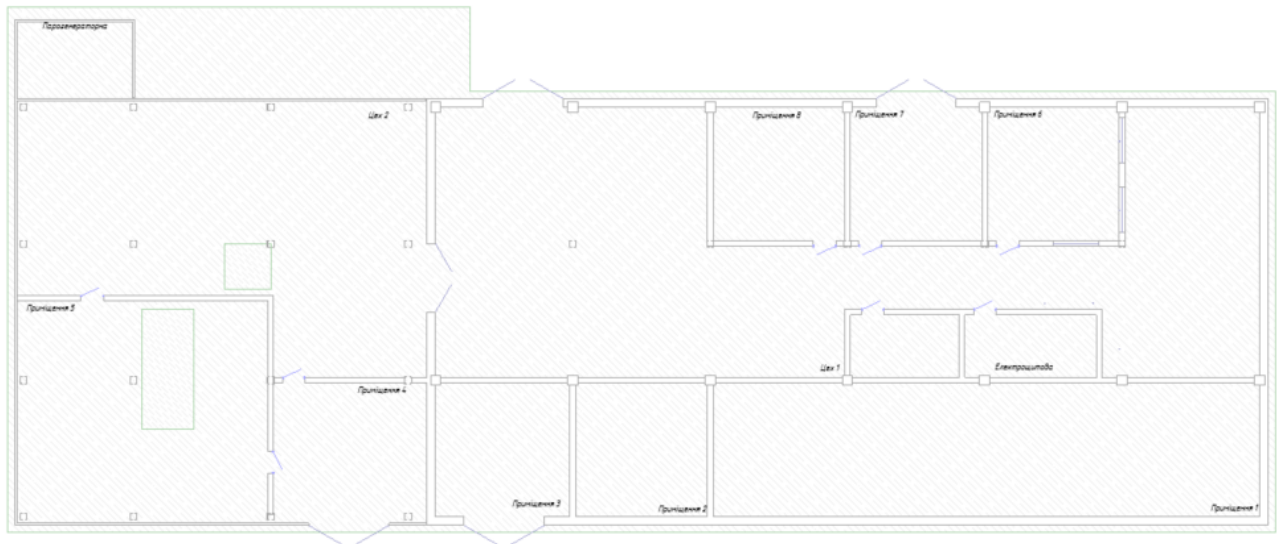


Рисунок 3.1 – Креслення приміщень цеху рафінації та дезодорації олії.

На першому етапі було визначено нормовані показники освітлення для кожного приміщення згідно діючих норм ДБН В.2.5-28:2018 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Нормована середня горизонталь освітленість згідно ДБН В.2.5-28:2018 для приміщень цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства.

Умовне позначення приміщення №	Найменування	Нормована середня горизонталь освітленість згідно ДБН В.2.5-28:2018, лк
1	Приміщення 1	150
2	Приміщення 2	150
3	Приміщення 3	150
4	Приміщення 4	150
5	Приміщення 5	150
6	Електрощита	100
7	Приміщення 6	150
8	Цех 1	150

продовження таблиці 3.2.

9	Приміщення 7	150
10	Приміщення 8	150
11	Приміщення 9	150
12	Цех 2	150
13	Парогенераторна	100

При організації виробничого освітлення необхідно забезпечити рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні. Для підвищення рівномірності природного освітлення великих цехів здійснюється комбіноване освітлення. Виробниче освітлення повинно забезпечувати відсутність в полі зору працюючого різких тіней. Наявність різких тіней спотворює розміри і форми об'єктів розрізнення і тим самим підвищує втомленість, знижує продуктивність праці.

Коливання освітленості на робочому місці, викликані, наприклад, різкою зміною напруги в мережі, обумовлюють переадаптацію очей, приводячи до значного стомлення. Сталість освітленості в часі досягається стабілізацією плаваючого напруги, жорстким кріпленням світильників, застосуванням спеціальних схем включення газорозрядних ламп.

При організації виробничого освітлення слід вибрати необхідний спектральний склад світлового потоку. Ця вимога особливо важливо для забезпечення правильної передачі кольору, а в окремих випадках для посилення колірних контрастів. Оптимальний спектральний склад забезпечує природне освітлення.

Для створення правильної передачі кольору застосовують монохроматичне світло. Для проведення світлотехнічного розрахунку необхідні вхідні дані, які дозволяють вибрати правильні світлові прилади, а саме:

A - довжина приміщення, м; B - глибина (ширина) приміщення, м;

H - висота приміщення, м;

$h_1 = 0,4$ - відстань від стелі до центру лампи, м;

$h_p = 0,8$ - відстань від підлоги до освітлюваної робочої поверхні, м;

E_n - нормована освітленість, лк;

$\rho_p=70$ - коефіцієнт відбиття від стелі, %;

$\rho_p=50$ - коефіцієнт відбиття від стін, %;

$\rho_p=10$ - коефіцієнт відбиття від робочої поверхні, %.

При розрахунку необхідно:

1. Визначити кількість світлових приладів.
2. Вибрати схему розташування світлових приладів.
3. Визначити тип, потужність і світловий потік світильника.

Алгоритм розрахунку:

1. Задати в масштабі план і розріз приміщення (рис. 3.1 і 3.2).
2. На плані і розрізі розмістити світильники. Світлові прилади встановлюються по вузлах квадратних полів, розташованих паралельно стіні (або по вершинах квадратних полів, розташованих діагонально). Відстань між світильниками визначається з умови забезпечення рівномірного розподілу освітленості:

$$l/h = 1,6 \quad (3.1)$$

де h - відстань від світильника до робочої освітлювальної поверхні;

Відстань від крайніх світильників до стіни розраховується за формулою:

$$b = (0,3 \dots 0,5)l \quad (3.2)$$

При цьому $b = 0,5$ приймається при наявності біля стіни проходів

3. Обчислити світловий потік світильника:

$$\Phi = 100 \frac{E_n S Z K}{N \eta}, \quad (3.3)$$

де E_n - нормована освітленість робочої поверхні, згідно нормативних вимог; $E_n=150\text{Лк}$

S - площа освітлюваної поверхні;

Z - коефіцієнт мінімальної освітленості (для світлодіодних світильників $Z=1,15$);

K - коефіцієнт запасу (для промислових приміщень $K=0,8$);

N - кількість світильників згідно схеми приміщення (рис. 3.3);

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

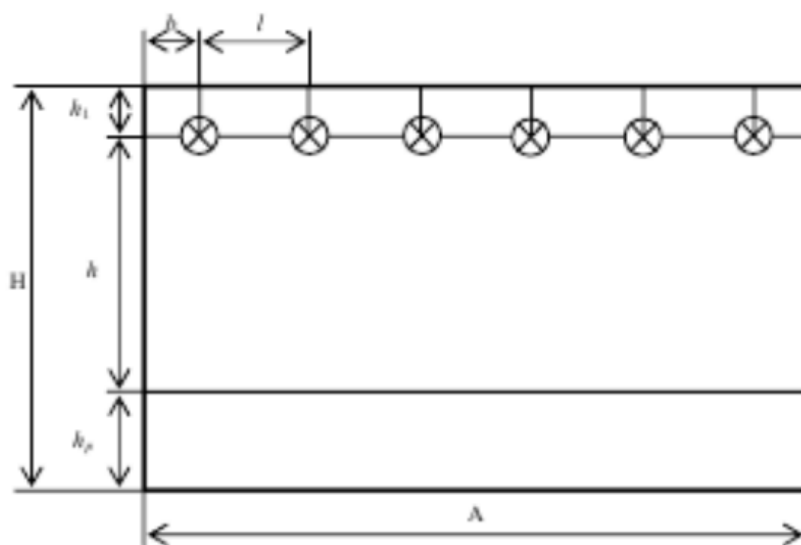


Рисунок 3.2 – Схема розміщення світильників

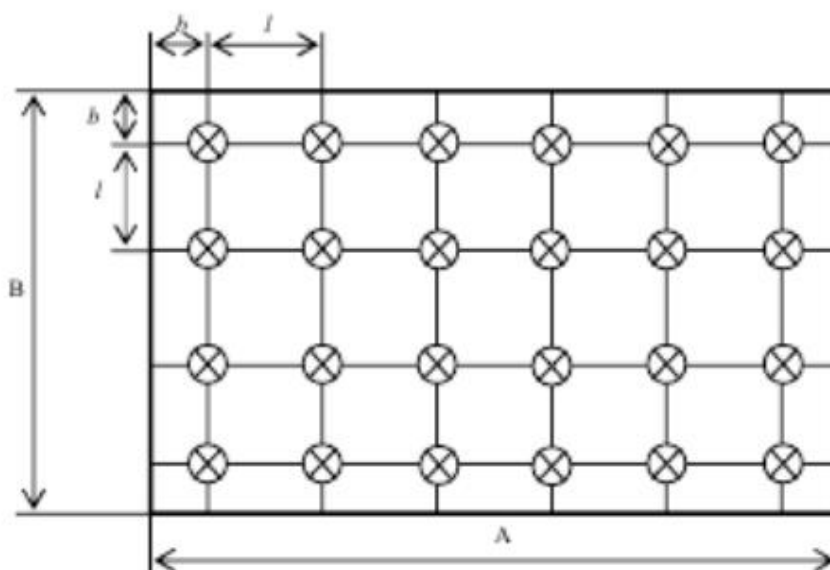


Рисунок 3.3 – Розміщення світильників

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку η потрібно розрахувати індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{AB}{(A+B)h} \quad (3.4)$$

При цьому коефіцієнта використання світлового потоку η визначається із табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Залежність між коефіцієнтом використання світлового потоку η та індексом приміщення i

i	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5
η	24	34	42	46	49	51	53	56	60
i	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	5,0
η	63	65,5	68	70	72	73,5	76	788	81

4. Використовуючи розрахований світловий потік, вибирають тип світлового приладу, та потужність. Відхилення світлового потоку має бути в діапазонні -10...+20%. У разі невідповідності відхилення зазначеного інтервалу розрахунок повторюють, змінюючи відстань між світильниками, висоту підвісу світильника і тд.

Розрахунок потужності освітлювальної установки проводиться за формулою:

$$P = P_{\text{сп}} \cdot N, \quad (3.5)$$

де $P_{\text{сп}}$ - світловий потік світлового приладу. Дана методика дозволяє правильно побудувати схему розташування світильників та визначити їх потужність і необхідний світловий потік для забезпечення нормованої освітленості.

Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки

На першому етапі було проведено побудову схеми розташування світильників для кожного приміщення. Схема розташування світильників вибиралася із врахування рекомендацій наведених в п. 3.1 та формул (3.1-3.5).

Згідно представленого вище алгоритму проведено розрахунок світлового потоку світильників в приміщенні. Розрахунок проводився згідно формули (3.3). при цьому індекс приміщення визначався згідно формули (3.4).

Отриманні результати наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків кількості світильників для приміщень цеху рафінації та дезодорації олії

Умовне позначення приміщення №	Найменування	Кількість світильників	Розрахункове значення світлового потoku одного світильника, лм
1	Приміщення 1	9	5450
2	Приміщення 2	4	4245
3	Приміщення 3	4	4245
4	Приміщення 4	6	4445
5	Приміщення 5	8	5203
6	Електрощитова	2	4123
7	Приміщення 6	2	4125
8	Цех 1	25	4352
9	Приміщення 7	4	4245

продовження таб. 3.4

10	Приміщення 8	4	4245
11	Приміщення 9	4	4245
12	Цех 2	19	4128
13	Парогенераторна	2	4212

Для всіх приміщень було проведено вибір типів світильників, відповідно до розрахованих світлових потоків та з огляду умов експлуатації.

Для приміщення 1 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-40 зі світильниками ЛСП 02-2x40 загальною потужністю на світильник – 80 Вт та загальник світловим потоком 5600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для приміщення 2 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2x36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для приміщення 3 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2x36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для приміщення 4 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2x36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для приміщення 5 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-40 зі світильниками ЛСП 02-2x40 загальною потужністю на світильник – 80 Вт та загальник світловим потоком 5600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для приміщення 6 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2x36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та

загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для приміщення 7,8,9 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2х36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для цеха 1 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2х36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для цеха 2 було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2х36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для електрощитової було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2х36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Для парогенераторної було обрано люмінесцентні лампи типу ЛБ-36 зі світильниками ЛСП 02-2х36 загальною потужністю на світильник – 72 Вт та загальник світловим потоком 4600 лм. Ступінь пиловологозахисту даного світильника IP20.

Світильники серії ЛСП 02 призначені для загального освітлення виробничих будівель.

Зовнішній вигляд світильника наведено на рис. 3.3.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд світильника серії ЛСП 02.

3.2 Розрахунок за допомогою програми DIALux evo.

DIALux - призначена для простого і ефективного планування світлових схем освітлення інтер'єрів, архітектурних підсвіток будівель, освітлення проїжджих частин і паркових територій. У програмі використовуються бази даних реальних моделей сучасних світильників провідних світових виробників. Програма дозволяє враховувати при розрахунку освітлення колір і текстуру поверхні, а також інтер'єр і геометричні параметри приміщення. В результаті Ви отримуєте повноцінний загальний 3D-вид освітленого приміщення і графічне зображення розподілу світла по заданій поверхні.

1. Робота в програмі «DIALux evo» починається з стартового вікна, як показано на рисунку 3.5.

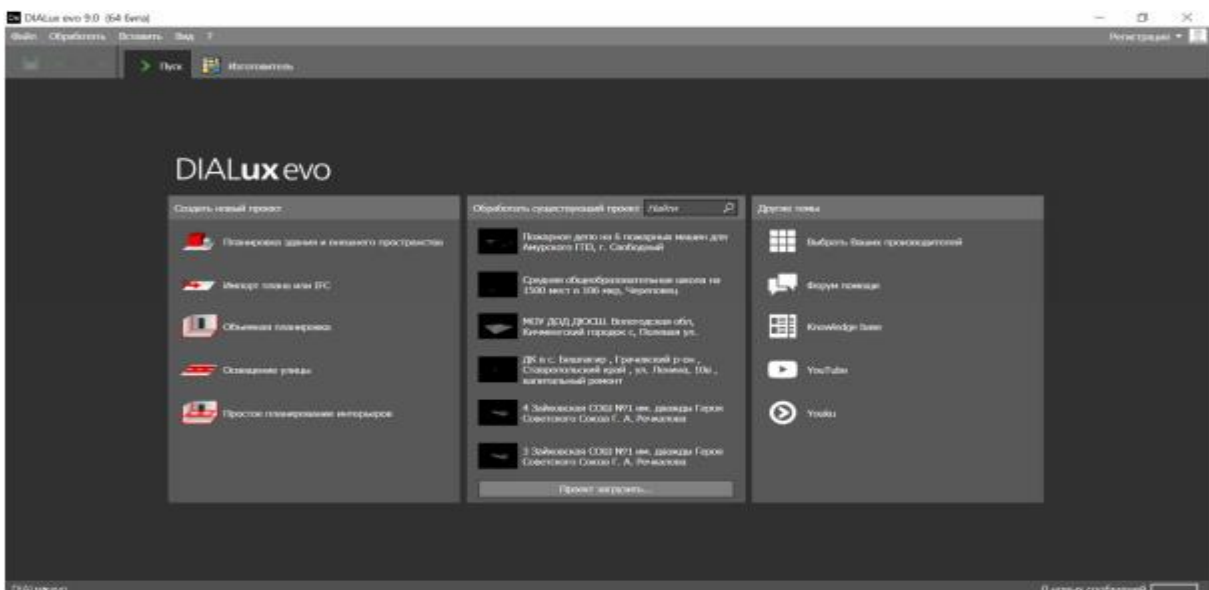


Рисунок 3.5 Стартовое вікно програми DIALux evo.

2. Створити новий проект, можна вибравши пункт «Планировка здания и внешнего пространства», згідно з тим, як зображено на рисунку 3.5.

3. Після цього відкривається основне вікно інтерфейсу програми, докладний опис представлено на рисунку 3.6.

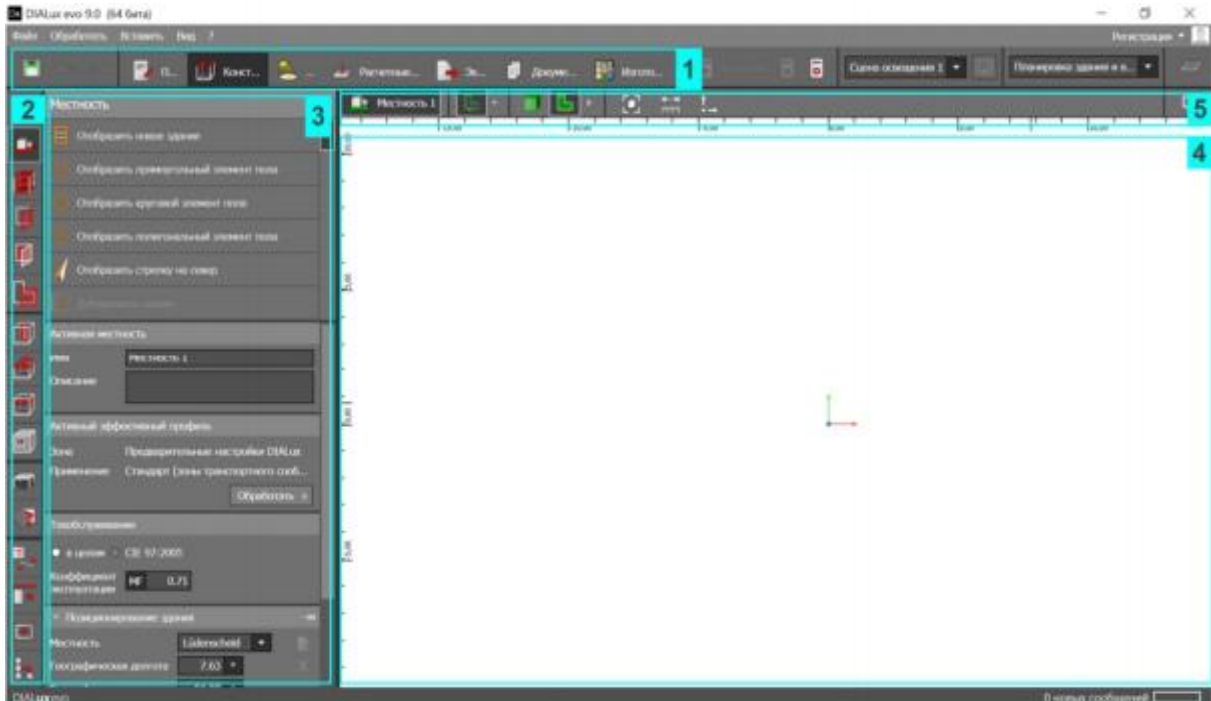


Рисунок 3.6 - Основне вікно, 1 - категорії інструментів, 2 - вкладки інструментів, 3 – параметри обраного інструменту або об'єкта, 4 - область редагування проекту, 5 - вікно налаштувань редагування способів відображення області редагування проекту.

4. Далі потрібно створити об'ємну модель згідно з планом приміщення. Для цього слід перейти у вкладку «местность» - «Отобразить новое здание». Потім слід створити контури цеху по точках (довжина $A=24\text{м}$, ширина $B=6\text{м}$) на загальному плані та перейти до вкладки «Свет» відповідно до рисунку 3.7.

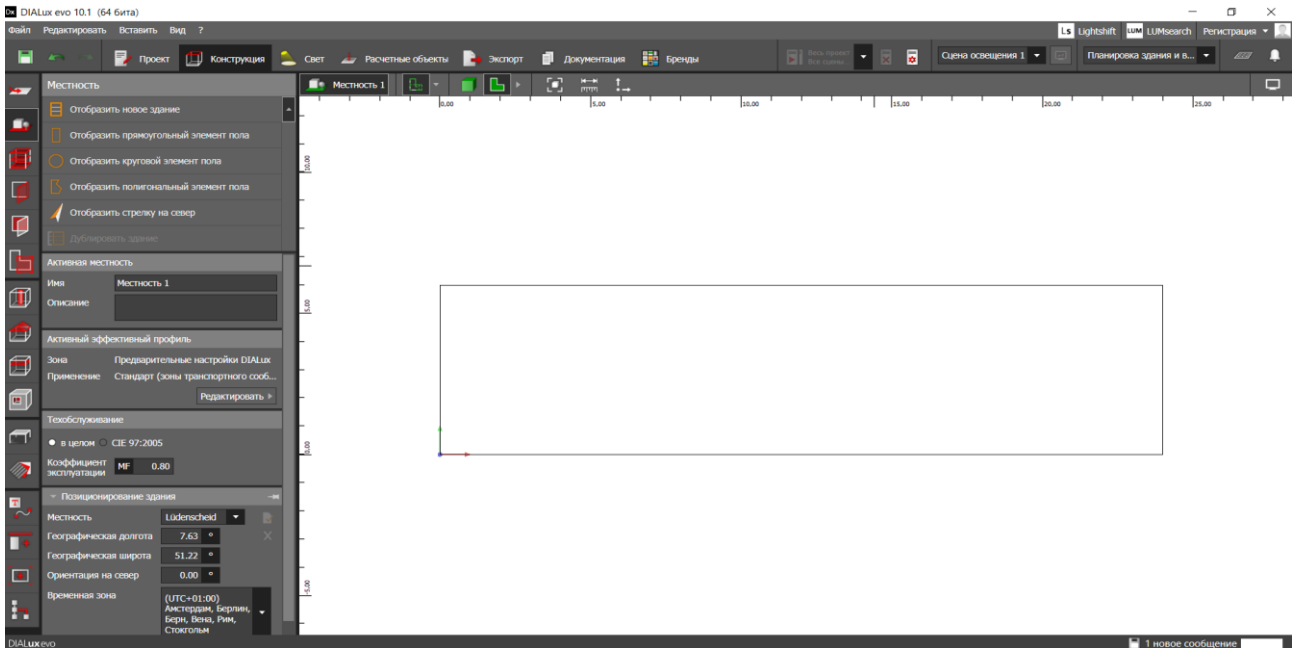


Рисунок 3.7 - Визначення області розрахунку освітленості.

5. Потрібно обрати необхідний тип світильника за відповідними джерелами світла: ЛЛ або LED.(рис 3.8)

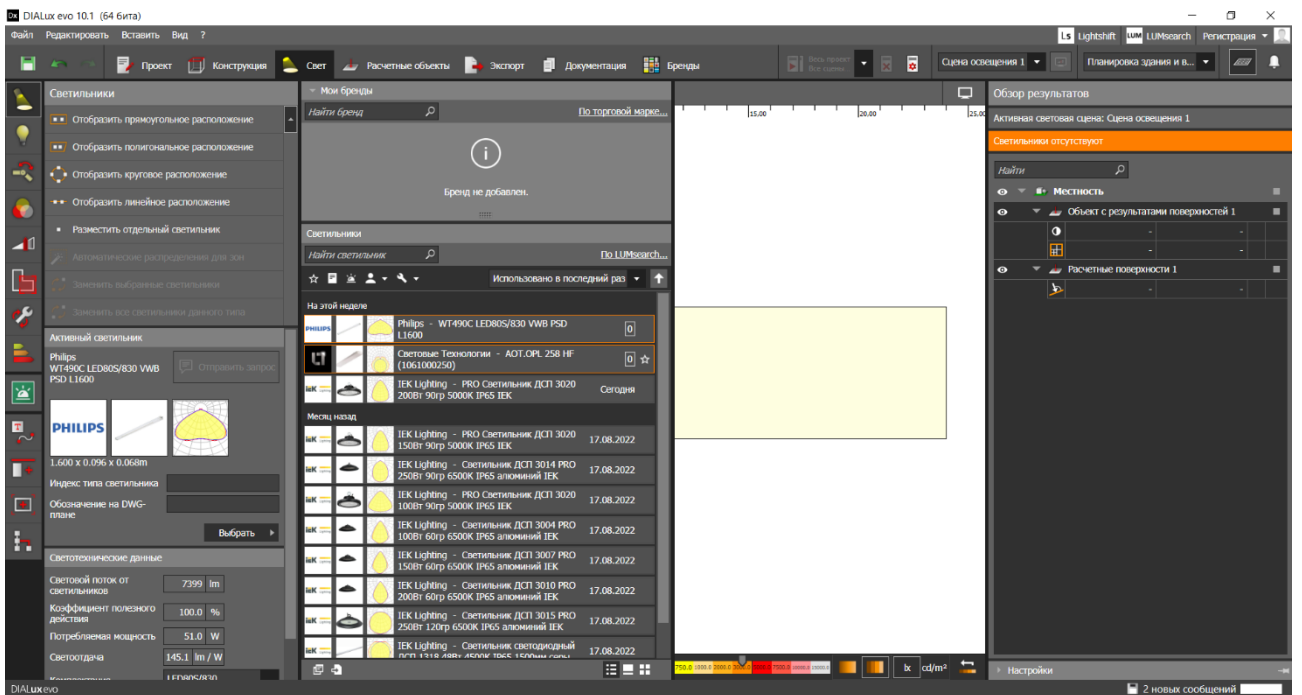


Рисунок 3.8 – Вибір світильників.

6. Після вибору світильника потрібно розставити світильники в цеху. Для цього потрібно обрати вкладку «Отобразить прямоугольное расположение» та розставити точки по периметру цеху, як на рисунку 3.9

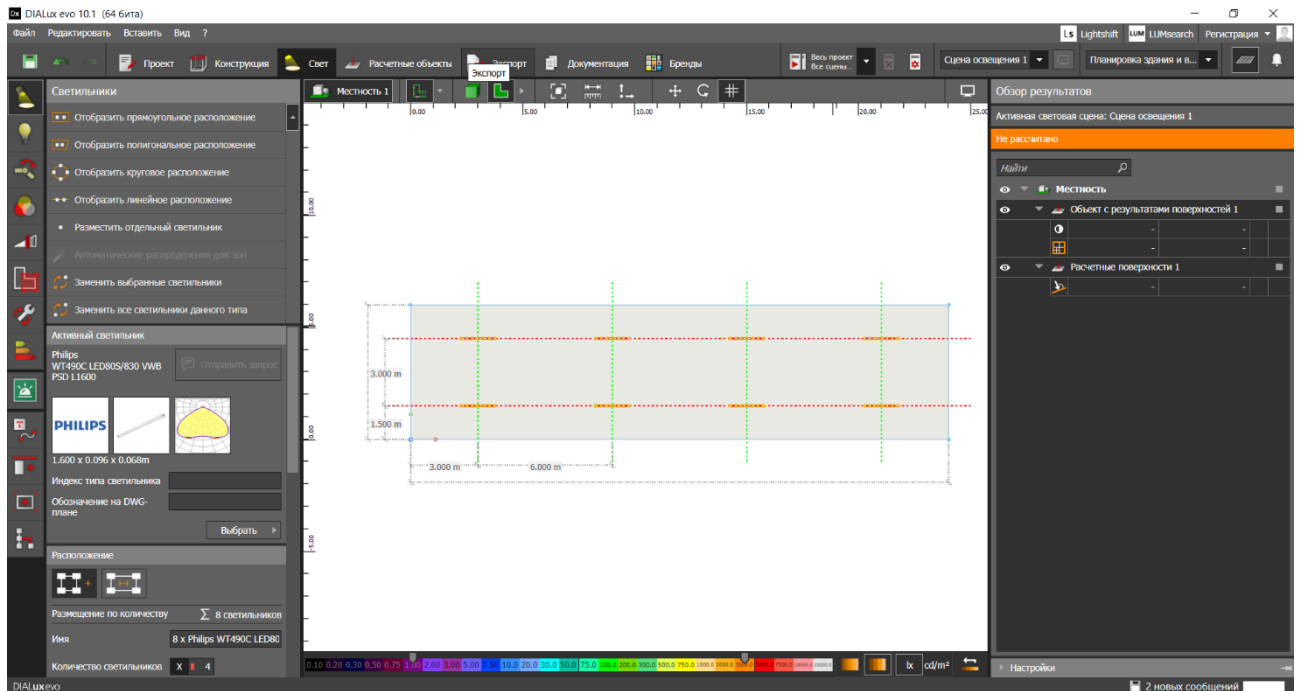



Рисунок 3.9 – Розташування світильників у цеху.

7. Для того, щоб виконати розрахунок, потрібно натиснути кнопку  Після цього ми отримуємо 2D візуалізацію проведеного світлотехнічного розрахунку. (рис3.10)

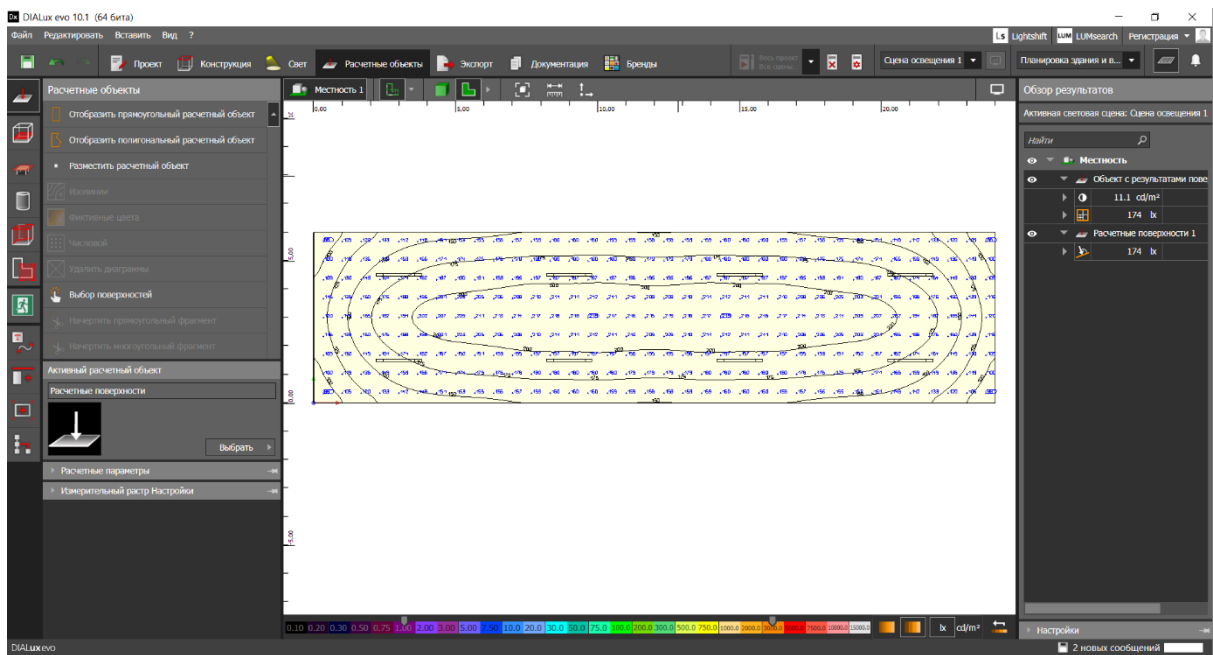


Рисунок 3.10 - 2D візуалізація проведеного світлотехнічного розрахунку при використанні світлодіодних ламп.

3.2.1 Порівняльна характеристики освітлення приміщень цеху з переробки олії.

Переобладнання приміщення 1.

Табл.3.5 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-40	Philips WT475C
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	24	24
Ширина В, м	6	6
Площа, S м.кв	144	144
Висота, м	5	5
Норм. освітленість E, лк	150	150
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	9	6
Розрахунковий потік, лм	5,450	6,125
Тип світильника	ЛСП 02-2x40	Philips WT475C
Тип лампи	ЛБ-40	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	5600	6200
Потужність лампи, P _л , Вт	80	45,5
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	0,72	0,27
Середня освітленість в приміщенні E, лк	140	144

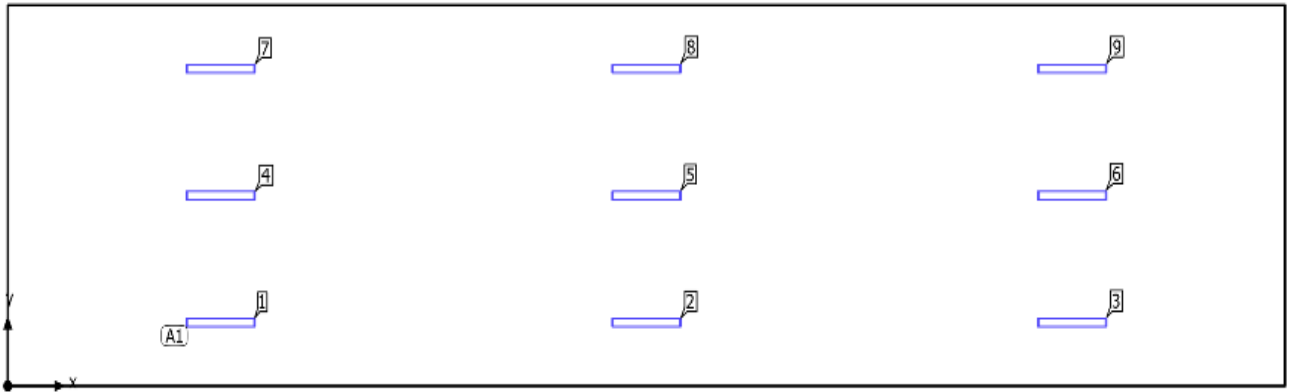


Рисунок 3.11 – План розміщення ЛЛ світильників у приміщенні 1.

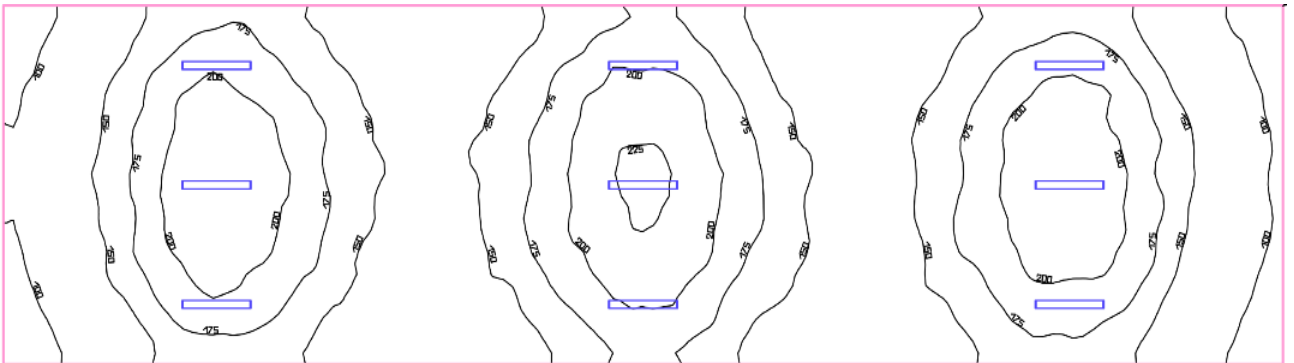


Рисунок 3.12 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп.

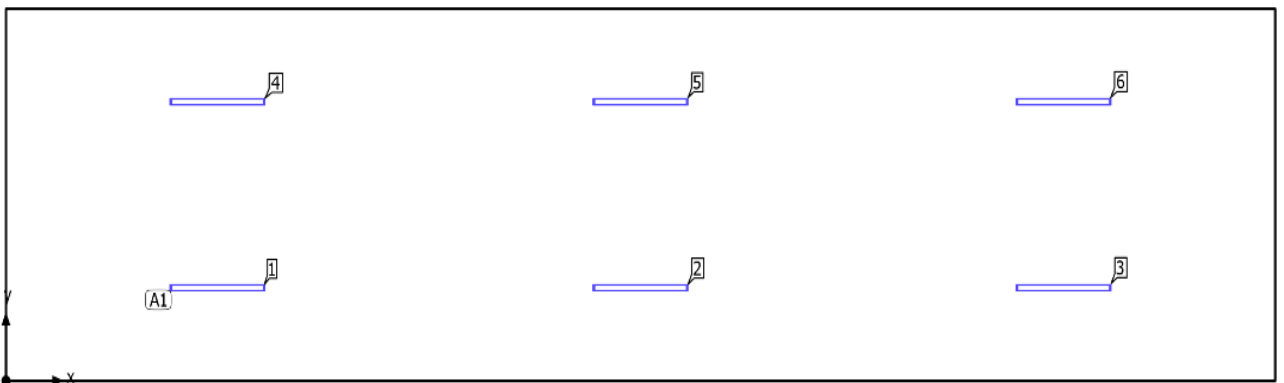


Рисунок 3.13 – План розміщення LED світильників у приміщенні 1.

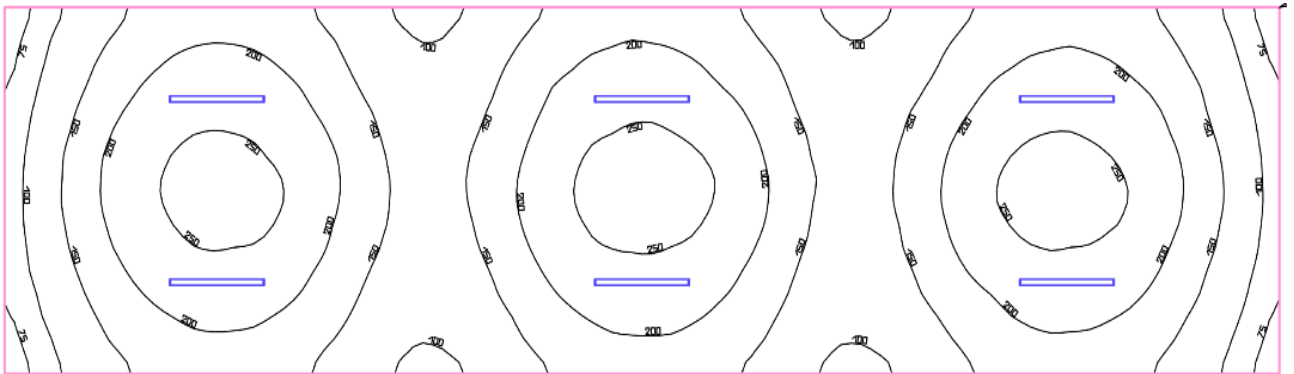


Рисунок 3.14 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп.

Переобладнання приміщень 2,3,7,8,9.

Табл.3.6 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-36	Philips BN126C
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	6	6
Ширина В, м	6	6
Площа, S м.кв	36	36
Висота, м	5	5
Норм. освітленість E, лк	150	150
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	4	4
Розрахунковий потік, лм	4,245	6,128
Тип світильника	ЛСП 02-2x36	Philips BN126C
Тип лампи	ЛБ-36	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	4600	6200
Потужність лампи, Pл, Вт	72	25,5
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	0,288	0,1
Середня освітленість в приміщенні E, лк	149	153

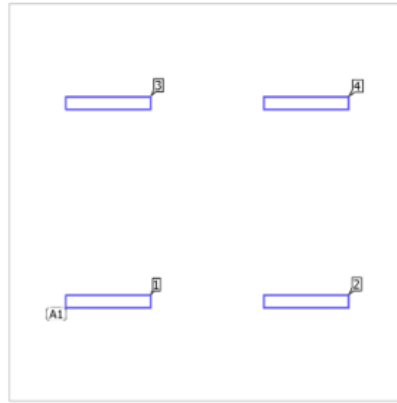


Рисунок 3.15 – План розміщення ЛЛ світильників у приміщеннях 2,3,7,8,9.

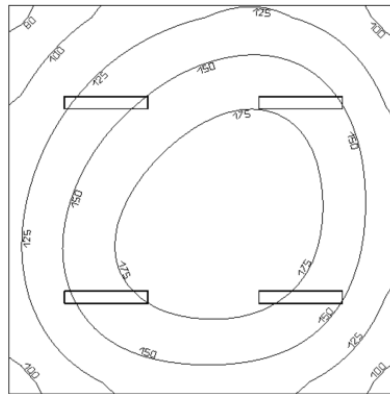


Рисунок 3.16 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у приміщеннях 2,3,7,8,9.

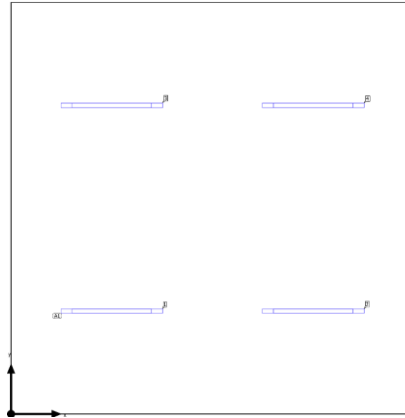


Рисунок 3.17 – План розміщення LED світильників у приміщеннях 2,3,7,8,9.

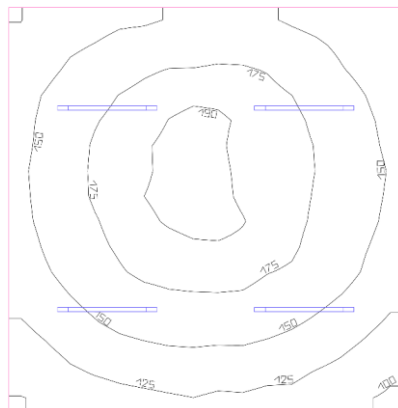


Рисунок 3.18 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у приміщеннях 2,3,7,8,9.

Переобладнання приміщення 4.

Табл.3.7 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-36	Philips SP341P
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	6	6
Ширина В, м	6	6
Площа, S м.кв	36	36
Висота, м	6	6
Норм. освітленість E, лк	150	150
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	6	4
Розрахунковий потік, лм	4,445	6,250
Тип світильника	ЛСП 02-2x36	Philips SP341P
Тип лампи	ЛБ-36	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	4600	6200
Потужність лампи, Pл, Вт	72	20
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	0,43	0,08
Середня освітленість в приміщенні E, лк	149	152

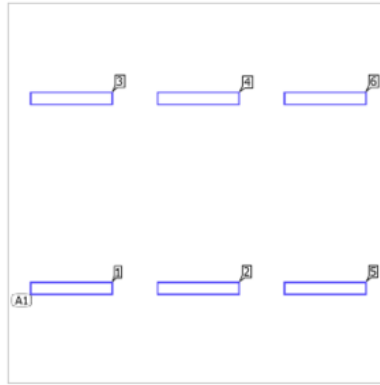


Рисунок 3.19 – План розміщення ЛЛ світильників у приміщенні 4.

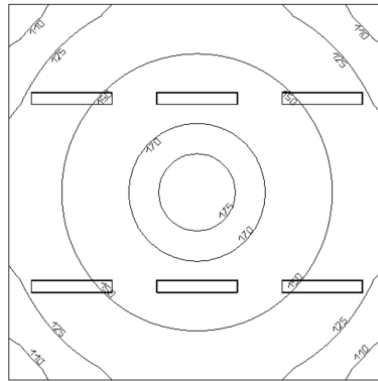


Рисунок 3.20 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у приміщенні 4.



Рисунок 3.21 – План розміщення LED світильників у приміщенні 4.

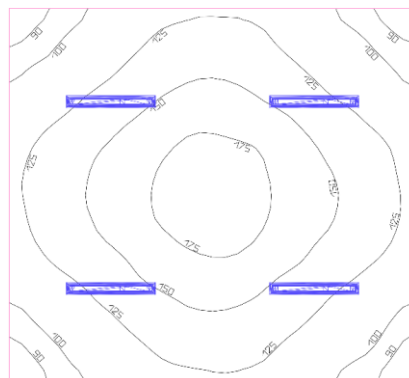


Рисунок 3.22 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у приміщенні 4.

Переобладнання приміщення 5.

Табл.3.8 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-40	Philips BN126C
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	10	10
Ширина В, м	10	10
Площа, S м.кв	100	100
Висота, м	6	6
Норм. освітленість E, лк	150	150
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	8	9
Розрахунковий потік, лм	5,203	6,328
Тип світильника	ЛСП 02-2x40	Philips BN126C
Тип лампи	ЛБ-40	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	5600	6200
Потужність лампи, Pл, Вт	80	25,5
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	0,64	0,29
Середня освітленість в приміщенні E, лк	170	150

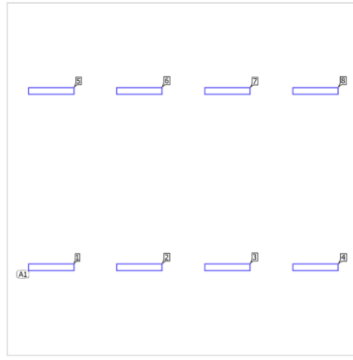


Рисунок 3.23 – План розміщення ЛЛ світильників у приміщенні 5.

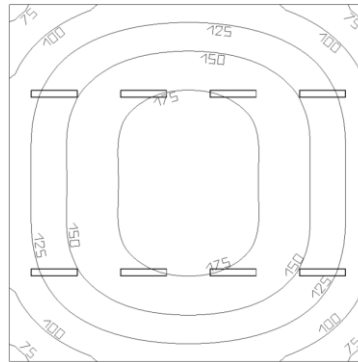


Рисунок 3.24 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у приміщенні 5.

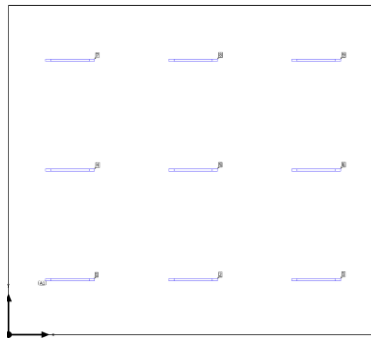


Рисунок 3.25 – План розміщення LED світильників у приміщенні 5.

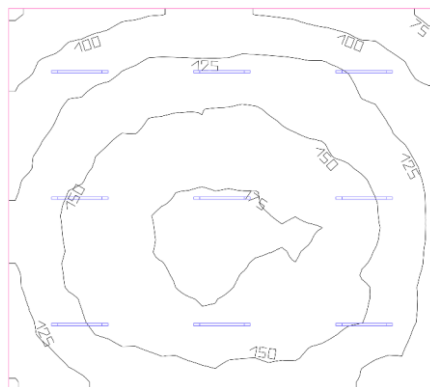


Рисунок 3.26 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у приміщенні 5.

Переобладнання цеху 1.

Табл.3.9 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-36	Philips WT475C
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	17	17
Ширина В, м	12	12
Площа, S м.кв	204	204
Висота, м	6	6
Норм. освітленість E, лк	150	150
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	25	11
Розрахунковий потік, лм	4,352	6,351
Тип світильника	ЛСП 02-2x36	Philips WT475C
Тип лампи	ЛБ-36	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	4600	6200
Потужність лампи, P _л , Вт	72	45,5
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	1,8	0,5
Середня освітленість в приміщенні E, лк	156	156

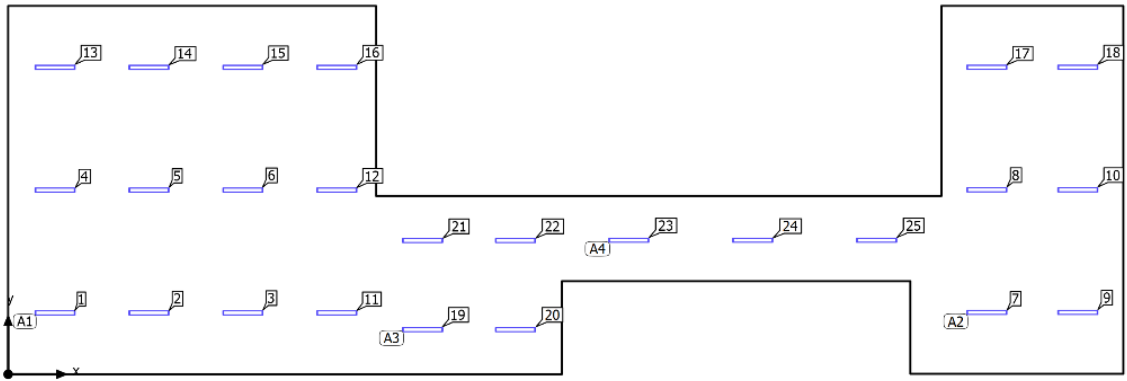


Рисунок 3.27 – План розміщення ЛЛ світильників у цеху 1.

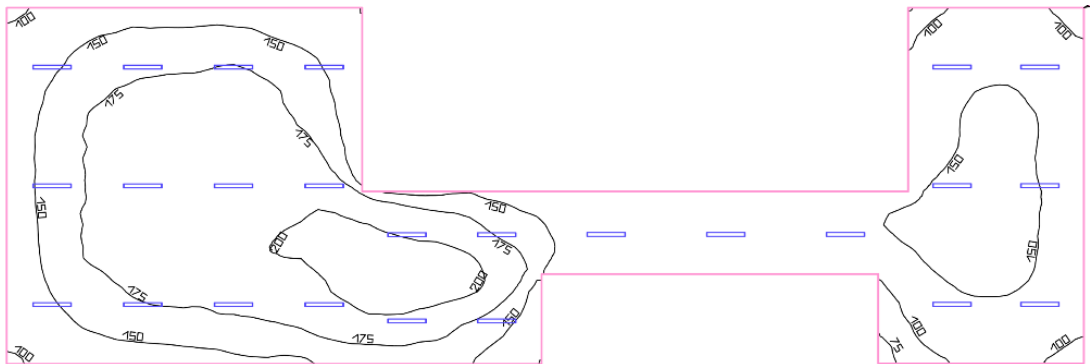


Рисунок 3.28 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у цеху 1.

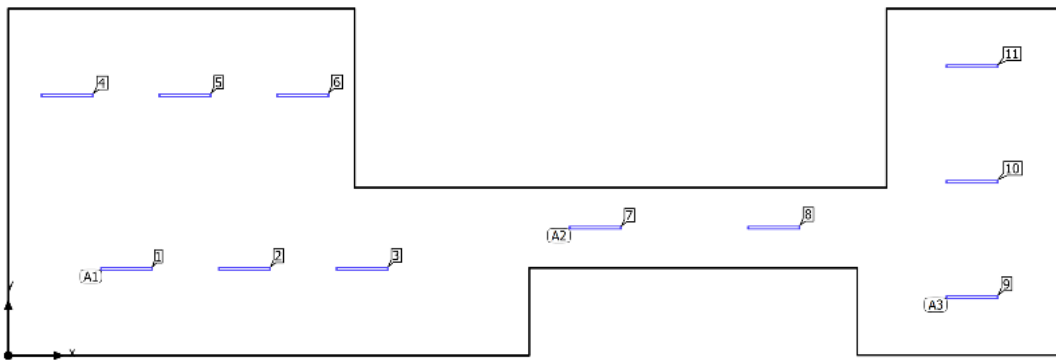


Рисунок 3.29 – План розміщення LED світильників у цеху 1.

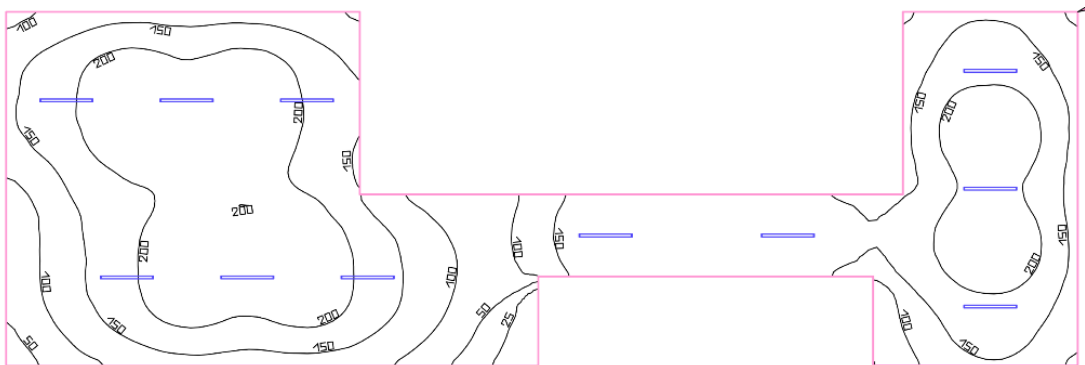


Рисунок 3.30 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у цеху 1.

Переобладнання цеху 2.

Табл.3.10 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-36	Philips WT475C
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	17	17
Ширина В, м	12	12
Площа, S м.кв	204	204
Висота, м	6	6
Норм. освітленість E, лк	150	150
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	19	7
Розрахунковий потік, лм	4,128	6,250
Тип світильника	ЛСП 02-2x36	Philips WT475C
Тип лампи	ЛБ-36	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	4600	6200
Потужність лампи, P _л , Вт	72	45,5
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	1,37	0,31
Середня освітленість в приміщенні E, лк	166	169

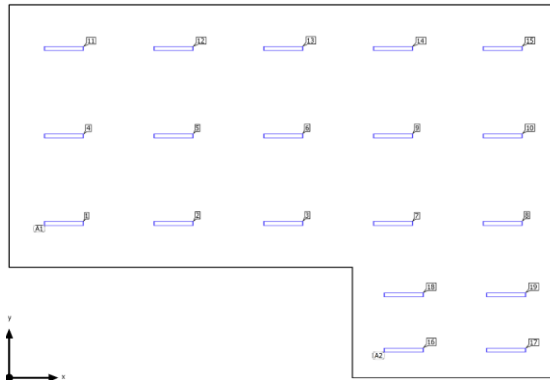


Рисунок 3.31 – План розміщення ЛЛ світильників у цеху 2.

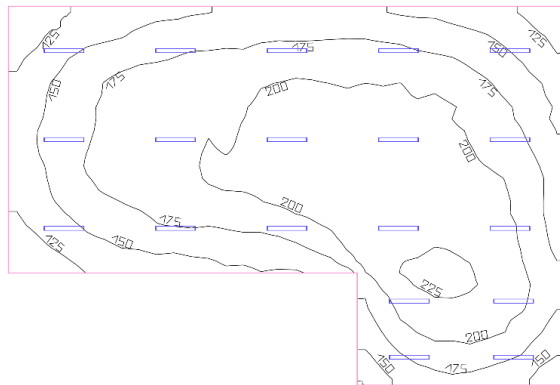


Рисунок 3.32 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у цеху 2.



Рисунок 3.33 – План розміщення LED світильників у цеху 2.

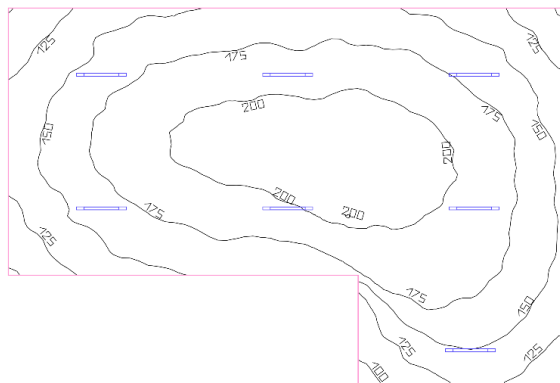


Рисунок 3.34 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у цеху 2.

Переобладнання приміщення 6.

Табл.3.11 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-36	Philips WT490C
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	5	5
Ширина В, м	3	3
Площа, S м.кв	15	15
Висота, м	5	5
Норм. освітленість E, лк	150	150
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	3	1
Розрахунковий потік, лм	4,125	7,250
Тип світильника	ЛСП 02-2x36	Philips WT490C
Тип лампи	ЛБ-36	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	4600	7399
Потужність лампи, P _л , Вт	72	51
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	0,22	0,05
Середня освітленість в приміщенні E, лк	112	113

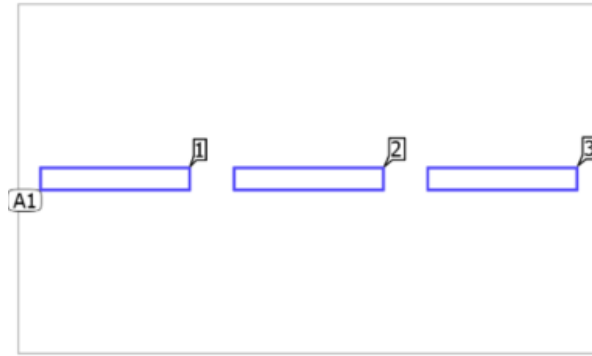


Рисунок 3.35 – План розміщення ЛЛ світильників у приміщенні 6.

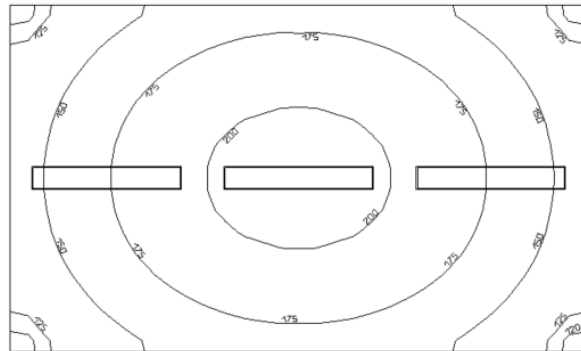


Рисунок 3.36 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у приміщенні 6.

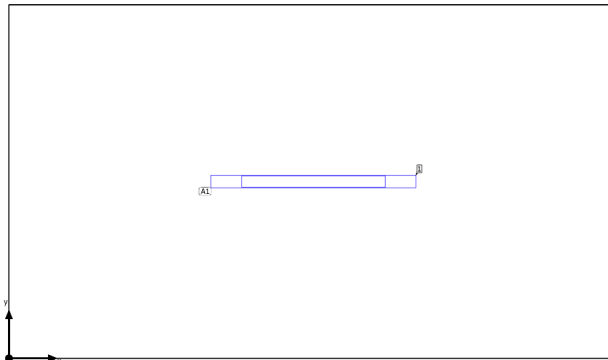


Рисунок 3.37 – План розміщення LED світильників у приміщенні 6.

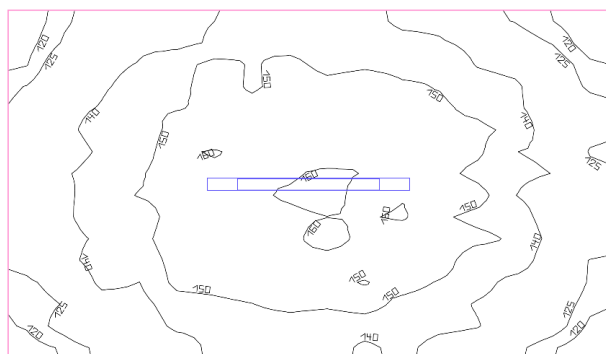


Рисунок 3.38 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у приміщенні 6.

Переобладнання електрощитової.

Табл.3.12 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-36	Philips BN126C
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	6	6
Ширина В, м	3	3
Площа, S м.кв	18	18
Висота, м	5	5
Норм. освітленість E, лк	100	100
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	2	2
Розрахунковий потік, лм	4,123	6,203
Тип світильника	ЛСП 02-2x36	Philips BN126C
Тип лампи	ЛБ-36	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	4600	6200
Потужність лампи, Pл, Вт	72	25,5
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	0,14	0,05
Середня освітленість в приміщенні E, лк	109	114

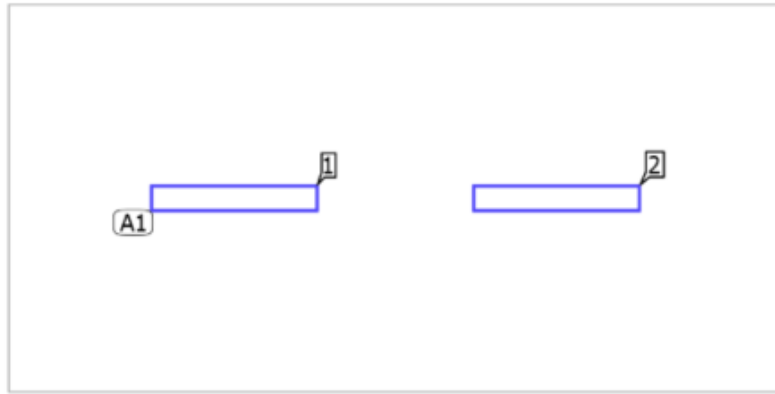


Рисунок 3.39 – План розміщення ЛЛ світильників у електрощитовій.

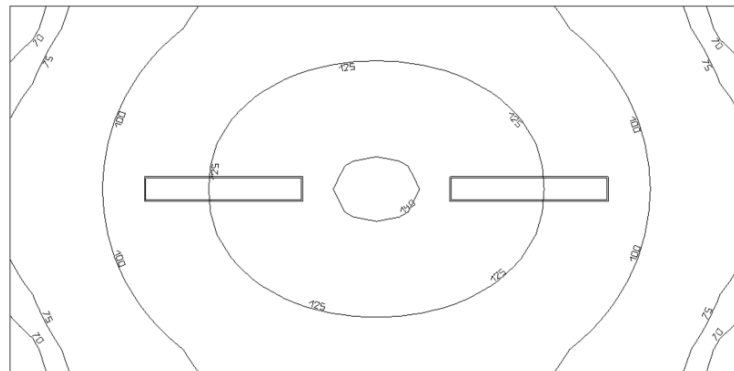


Рисунок 3.40 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у електрощитовій.

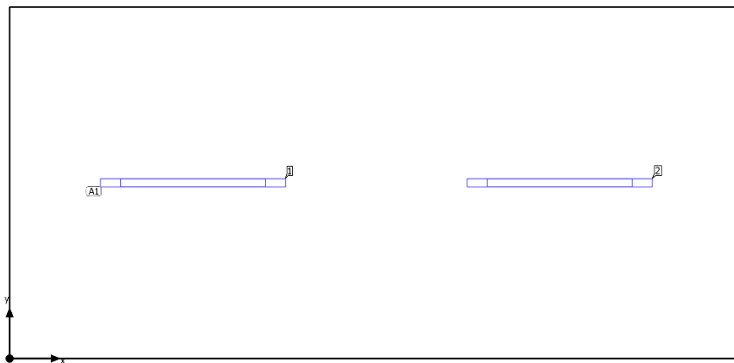


Рисунок 3.41 – План розміщення LED світильників у електрощитовій.

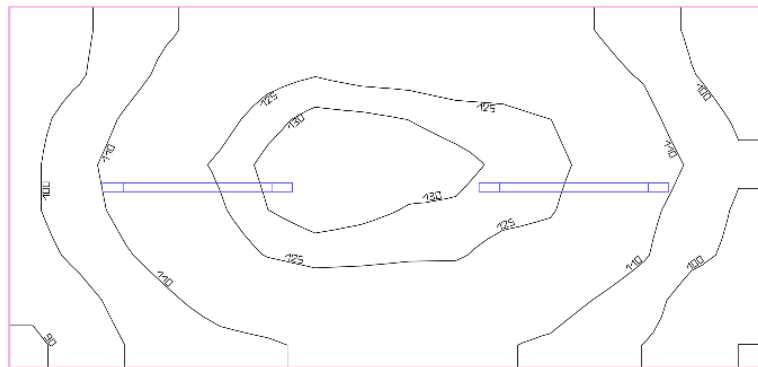


Рисунок 3.42 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у електрощитовій.

Переобладнання парогенераторної.

Табл.3.13 Порівняльний світлотехнічний розрахунок.

Розрахункові харак-ти та формули	ЛБ-36	Philips SP341P
Джерела світла	Газорозрядне	Світлодіодна
Довжина А, м	5	5
Ширина В, м	3,5	3,5
Площа, S м.кв	17,5	17,5
Висота, м	5	5
Норм. освітленість E, лк	100	100
К-ть ламп N, шт ($N_p \cdot N_a$)	2	1
Розрахунковий потік, лм	4,212	2,121
Тип світильника	ЛСП 02-2x36	Philips SP341P
Тип лампи	ЛБ-36	Світлодіодна
Номінальний початковий потік лампи, лм	4600	2599
Потужність лампи, P _л , Вт	72	20
Загальна потужність, кВт ($P = N \cdot P_l$)	0,14	0,02
Середня освітленість в приміщенні E, лк	113	119

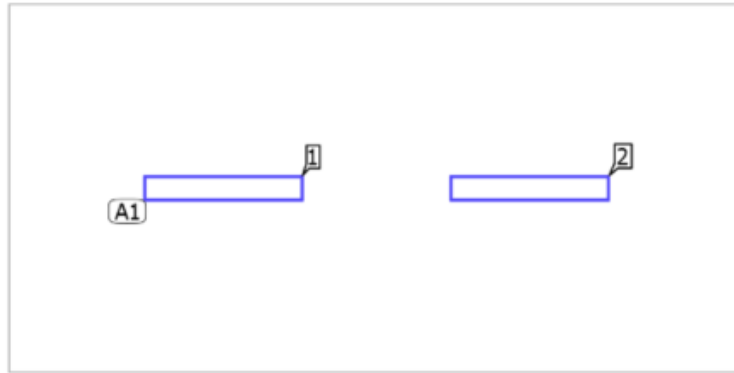


Рисунок 3.43 – План розміщення ЛЛ світильників у парогенераторній.

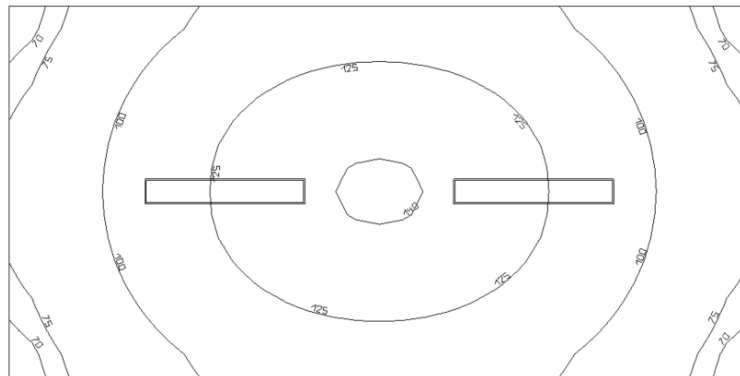


Рисунок 3.44 – Світлотехнічний розрахунок ЛЛ ламп у парогенераторній.

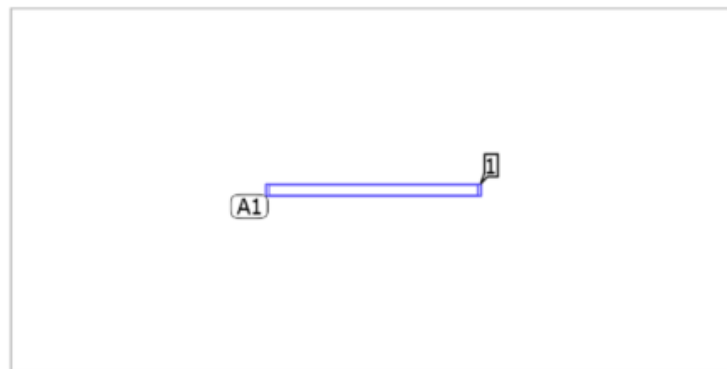


Рисунок 3.45 – План розміщення LED світильників у парогенераторній.

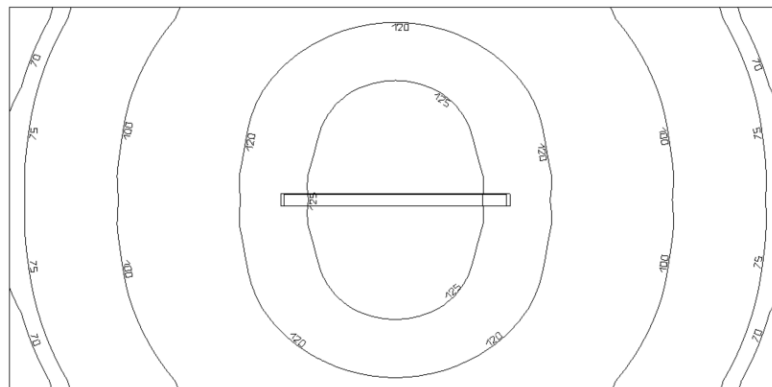


Рисунок 3.46 – Світлотехнічний розрахунок LED ламп у парогенераторній.

Дослідження залежності рівномірності освітлення до площі приміщень при нормованій освітленості між люмінесцентними лампами та LED лампою.

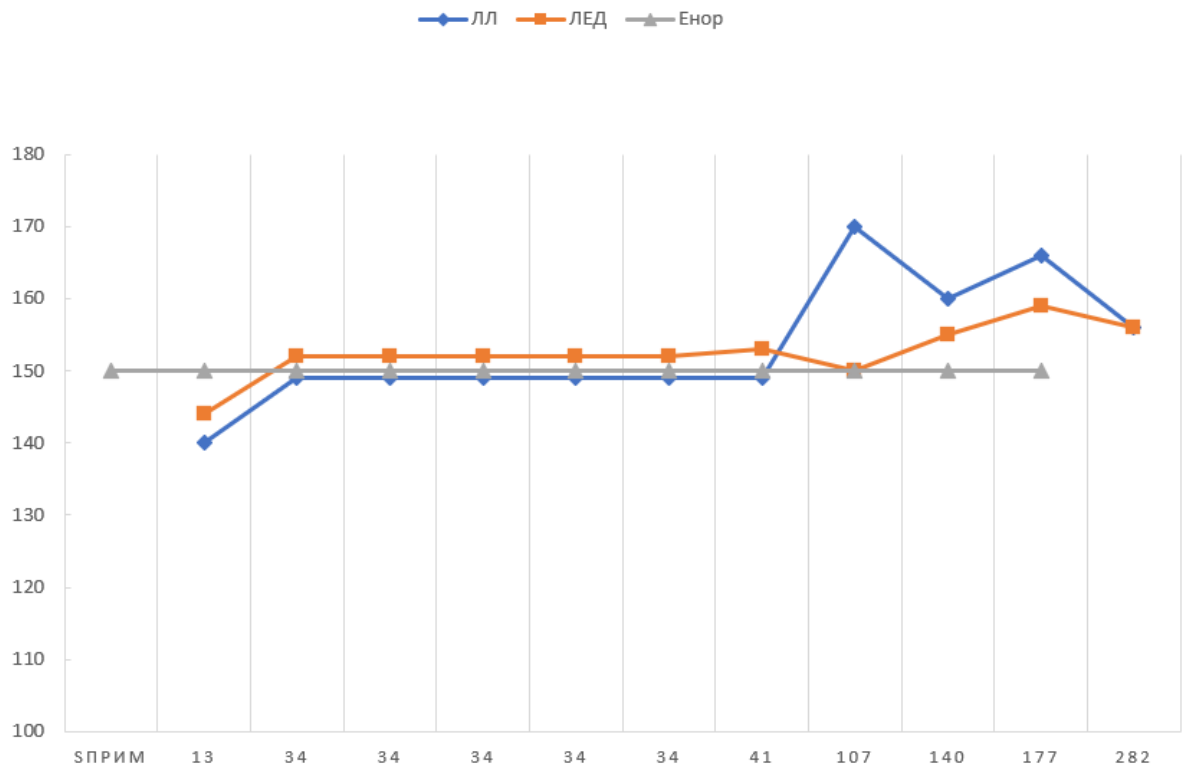


Рисунок 3.47 – Залежність Еср від Sприм при Енорм = 150 лк.

З результату дослідження можна зрозуміти, що за допомогою LED ламп можна досягти максимально приближеного результату до нормованої освітленості. Завдяки цьому при проектуванні освітлення отримуємо рівномірне освітлення в приміщенні цеху, що відображається позитивно на зорі працівників цеху.

3.3 Вибір уставок захисних апаратів і провідників освітлювальної мережі

Для проведення електротехнічного розрахунку розіб'ємо споживачів в приміщеннях цеху на групи

Струми навантаження I_p груп споживачів розрахуємо за формулою:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos\varphi} \quad (3.7)$$

Де P_p – розрахункове навантаження, кВт;

U_{ϕ} – напруга, В;

$\cos\varphi$ - коефіцієнт активної потужності навантаження.

Врахувавши, що напруга мережі становить $U_{\phi} = 220$ В, а коефіцієнти активної потужності для освітлювальних приладів 0,95, отримали значення струмів навантаження для кожної групи споживачів. На основі отриманих струмів вибрано перерізи кабелів на основі даних та тип апаратів захисту. Результати розрахунків наведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Результати розрахунків мережі живлення електроспоживачів приміщень цеху

№ групи	Призначення	Роз. навантаження, кВт	I_p , А	Тип кабелю	Тип апарату захисту
1	Приміщення 1	0,3	1,45	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
2	Приміщення 2	0,1	0,48	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
3	Приміщення 3	0,1	0,48	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
4	Приміщення 4	0,08	0,37	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
5	Приміщення 5	0,23	1,08	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
6	Приміщення 6	0,05	0,24	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
7	Приміщення 7	0,1	0,48	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
8	Приміщення 8	0,1	0,48	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
9	Приміщення 9	0,1	0,48	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
10	Цех 1	0,5	2,37	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
11	Цех 2	0,36	1,69	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
12	Парогенераторна	0,02	0,09	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10
13	Електрощитова	0,05	0,24	ВВГнг 3х1,5	iC60N 1P B10

Автоматичні вимикачі обираємо компанії Schneider Electric.

Розрахунок втрат фазної напруги в кабелі проводиться за формулою:

$$\Delta U(\%) = \frac{2 \cdot (P \cdot R \cdot l + Q \cdot X \cdot l)}{U_{\phi}^2} \quad (3.8)$$

де P - активна потужність, що передається по лінії, Вт;

Q - реактивна потужність, що передається по лінії, ВАр;

R - питомий активний опір кабельної лінії, Ом/м;

X - питомий індуктивний опір кабельної лінії, Ом/м;

L – довжина кабельної лінії, м;

U_{ϕ} - фазна напруга мережі, В.

На основі обраного кабелю отримали значення втрат напруги. Розрахунки наведено в таб. 3.15

Таблиця 3.15 – Результати розрахунків втрат напруги.

№ групи	Призначення	Роз. навантаження, Вт	I_p, A	Тип кабелю	Довжина, м	Втрати, %
1	Приміщення 1	306	1,45	ВВГнг 3х1,5	40,1	0,32
2	Приміщення 2	102	0,48	ВВГнг 3х1,5	36,7	0,15
3	Приміщення 3	102	0,48	ВВГнг 3х1,5	43,8	0,18
4	Приміщення 4	80	0,37	ВВГнг 3х1,5	52,4	0,17
5	Приміщення 5	229,5	1,08	ВВГнг 3х1,5	80,9	0,69
6	Приміщення 6	51	0,24	ВВГнг 3х1,5	14,7	0,03
7	Приміщення 7	102	0,48	ВВГнг 3х1,5	22,5	0,09
8	Приміщення 8	102	0,48	ВВГнг 3х1,5	29,4	0,12
9	Приміщення 9	102	0,48	ВВГнг 3х1,5	36,3	0,15
10	Цех 1	500,5	2,37	ВВГнг 3х1,5	77,4	1,06
11	Цех 2	357	1,69	ВВГнг 3х1,5	76,9	1,06

Продовження таб. 3.15

12	Парогенераторна	20	0,09	ВВГнг 3х1,5	68,1	0,06
13	Електрощитова	51	0,24	ВВГнг 3х1,5	10	0,02

3.4 Підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства.

Система освітлення вибрана на базі сучасних світлодіодних промислових LED світильників. Проведено порівняння споживання потужності люмінесцентними (ЛЛ) та енергоефективними LED лампами та показано, що споживання потужності знизилася з 5,748 кВт можливих до 2,106 кВт, що є майже втричі.

Освітлювальне навантаження цеху при використанні ЛЛ та LED ламп.

$$P_{\text{ЛЛ}}^{\text{осв}} = 5,748 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,95; S_{\text{ЛЛ}} = 6,05 \text{ кВА}$$

$$P_{\text{LED}}^{\text{осв}} = 2,106 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,95; S_{\text{LED}} = 2,216 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{тр}} = 250 \text{ кВА}$$

При використанні люмінесцентних ламп $P_{\text{осв}} = 5,748 \text{ кВт}$, а при використанні LED ламп $P_{\text{осв}} = 2,106 \text{ кВт}$

$$\Delta P_{\text{осв}} = \frac{5,748 - 2,106}{5,748} 100\% = 63\%$$

При переобладнанні цеху потужність освітлення зменшується на 63%.

Освітлювальне навантаження цеху відносно потужності трансформатора при використанні ЛЛ:

$$\frac{S_{\text{ЛЛ}}}{S_{\text{тр}}} \cdot 100\% = \frac{6,05}{250} \cdot 100\% = 2,42\%$$

Освітлювальне навантаження цеху відносно потужності трансформатора при використанні LED ламп:

$$\frac{S_{LED}}{S_{тр}} \cdot 100\% = \frac{2,216}{250} \cdot 100\% = 0,88\%$$

Таким чином при переобладнанні приміщень цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства досягається зменшення освітлювального навантаження з 2,42% (ЛЛ лампи) на 0,88% (LED лампи).

ВИСНОВОК

У магістерській роботі на тему: "Підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства" було виконано:

1. Світлотехнічний розрахунок і обрані світильники робочого освітлення. Розрахункове навантаження освітлення визначене методом коефіцієнта використання. Розрахунок силового навантаження проводився методом упорядкованих діаграм на ЕОМ та ручним способом, розрахунки зійшлися.
2. На підставі ТЕП варіантів обрана КТП 1х250кВА із трансформаторами ТМЗ 250/10/0,4 і установками НКУ типу 1×УКРП-0,4-160-20УЗ. Для мережі 10 кВ обрані комірка типу КРУ-10 У з вимикачем ВР1-10-20/630УЗ та КЛ 10 кВ ААШв 3х150 із прокладкою у траншеї . КТП обрана прибудованого типу.
3. Розроблено схему цехової мережі, в якості вузлів навантаження було обрано шинопроводи типу ШРА. ШРА обрані уставки живляться від КЛ марки АВВГ з прокладкою по стінам на конструкціях. ЕП живляться за допомогою проводів АВВГ з прокладкою в кабельних лотках. В якості АЗ було обрано автомати ВА, які встановлені в РП -0,4кВ КТП та запобіжники ПН-2 в ШРА.
4. Проведений розрахунок освітлювального навантаження приміщень цеху з використанням програми DIALux evo. Показано освітленість робочої поверхні приміщень цеху з переробки олії.
5. Проаналізовано та досліджено заходи з електрозбереження, що необхідні для побудови енергоефективної системи електропостачання цеху з переробки олії сільськогосподарського підприємства. Впровадження енергоефективних LED ламп в порівнянні з люмінесцентними дозволило зменшити потужність освітлення приблизно на 63 %, що складає приблизно 1% від потужності трансформатора КТП.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
2. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с. (Державні будівельні норми України)
3. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. – М.: Высшая школа, 1982
4. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/ ред. Барыбин Ю.Г. – 1991.
5. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. – 280 с.
6. Кабышев А.В Электроснабжение объектов. Ч. 1. Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования: учебное пособие/А.В. Кабышев. -Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007.- 185с.
7. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена: устройство, конструкции, преимущества, области применения // [Электронный источник] Ссылка: <http://electricalschool.info>
8. Методичні вказівки до підготовки і захисту магістерських робіт для студентів усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (освітня програма «Електричні та електронні апарати») / Укл.: П.Д. Андрієнко, О.В. Близняков. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 17 с.
9. Немикіна О.В., Мухомедьярова В.В. Впровадження енергозберігаючих ламп у виробничих приміщеннях електровозремонтного заводу// Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 05 - 25 квітня 2021 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, О. А. Єременко, І. П. Назаренко

[та ін.]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – 26-27 с
<http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/14529>

10. Масюткин Д. Оценка срока окупаемости светодиодного освещения для промышленного помещения.// Масюткин Д., Андриенко П.Д. д.т.н., проф., Немикіна О.В., к.т.н., доц.: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі (Мелітополь, 01-25 лютого 2022 р.) с. 70-72

11. Масюткін Д. Порівняльний аналіз вибору світильників для промислових приміщень// Масюткін Д. Керівник Андриєнко П.Д., Немикіна О.В Міжнародний конкурс студентських наукових робіт, Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» м. Кременчуг 2021.

12. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Електропостачання промислових підприємств ” для студентів спеціальності 8.090603 “Електротехнічні системи електроспоживання” усіх форм навчання / Укл.: О.М. Свідерська, О.В. Немикіна – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011 - 98с