

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра електроенергетики
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Голубицький Максим Андрійович
(ПІБ)

академічної групи 141М-20-1
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Розробка алгоритму оптимального проектування системи електропостачання.
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Папаїка Ю. А.			
розділів:				
Аналітичний	<u>Папаїка Ю. А</u>			
Основна частина	<u>Папаїка Ю. А</u>			
Економічний	Тимошенко Л.В.			

Рецензент				
------------------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			
-----------------------	------------------	--	--	--

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електроенергетики

(повна назва)

Папаїка Ю. А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Голубицький М.А. академічної групи 141М-20-1

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Розробка алгоритму оптимального проектування системи електропостачання _____,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15.11.2021 р. № 969-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Аналітичний</i>	Опис сучасних засобів проектування	15.10.21-01.11.21
<i>Основна частина</i>	Порівняльний аналіз алгоритмів проектування	01.11.21-30.11.21
<i>Економічний</i>	Техніко-економічні розрахунки	01.12.21-10.12.21

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Папаїка Ю.А.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Голубицький М.А.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

МОДЕЛЮВАННЯ, САПР, REVIT, ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА,
АЛГОРИТМ.

Пояснювальна записка містить в собі 59 аркушів, 5 таблиць, 30 рисунків, 14 посилань.

Мета даного дипломного проєкту: розробити оптимальний алгоритм проєктування системи електропостачання об'єкту зі застосуванням сучасних засобів САПР.

У вступі представленні етапи проєктування об'єктів, в частості проєктування електропостачання та вимоги які до них прикладаються. Та надається короткий опис САПР за допомогою яких можливо вивести процес проєктування на новий рівень якості.

В технологічному розділі представлені приклади алгоритмізованого процесу проєктування с застосунком САПР які реалізують технологію BIM для поліпшення етапів проєктування.

В спеціальному розділі обчислені наступні енергетичні показники обраного об'єкту: електричне навантаження, струми короткого замикання, падіння напруги(показники якості), електричне освітлення. Обрано необхідне обладнання.

В економічному розділі розраховано експлуатаційні та капітальні витрати, та наведено техніко-економічні показники, та визначений терміни окупності об'єкту.

Практичне значення представленого алгоритму полягає у демонстрації процесів проєктування за допомогою сучасних засобів САПР та як наслідок покращенню якості проєктування.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналітичний розділ.....	7
1.1 Загальні положення проектування об'єктів	8
1.2 Опис об'єкту моделювання та вихідні дані.....	11
1.3 Опис обраної САПР для процесу моделювання та складання алгоритму розрахунку	15
2 Спеціальний розділ.....	21
2.1 Розрахунок електричних навантажень та вибір обладнання.....	22
2.2 Розрахунок струмів короткого замикання	36
2.3 Перевірка обраного обладнання	44
3 Економічний розділ.....	48
3.1 Розрахунок капітальних витрат.....	49
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	53
3.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	53
3.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	54
3.2.3 Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування.....	54
3.2.4 Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	55
3.3 Визначення річної економії від впровадження науково-технологічного рішення.....	55
3.4 Висновки.....	56
Висновки	57
Перелік посилань.....	58

ВСТУП

Сучасні об'єкти будівництва з часом все ускладнюються та удосконалюється. Разом з цим розвивається й область електропостачання. Знаходяться все нові рішення за для покращення ефективності, модернізується обладнання. Таким чином вимоги щодо розробки проєкту/проектної документації швидко зростають. Настільки швидко – що на сьогодні за для виконання якісної роботи компанії які займаються проєктуванням були вимушені задіяти все більше людей та почати застосовувати сучасні технології проєктування, за для того щоб відповідати стандартам.

Процес проєктування складається з певної послідовності етапів яким вимушені слідувати проєктувальники, якщо вони хочуть якісно виконати свою роботу.

Кожна стадія проєктування має свої цілі та проміжні результати, також в проєкт повинно бути закладена майбутня модернізація проєкту, або ж спроектовано будівля так – щоб модернізація проходила максимально легко та безпечно. Проектною документацією повинні бути передбачені [9]:

- визначення режимів роботи електростанцій та проєктного завантаження майбутньої електромережі;
- розрахунок роботи електромережі у різних режимах, обґрунтування будівництва мереж згідно з отриманими розрахунками, визначення основних вимог до захисної протиаварійної автоматики, визначення статичної та динамічної стійкості при паралельній роботі електростанцій;
- дослідження вже наявної енергосистеми (міста, регіону) щодо її завантаженості, регулювання напруги та визначення меж роботи у різних ситуаціях;
- складання плану введення об'єктів електромережі в експлуатацію та оформлення фінансового кошторису;

- розрахунок за електричними навантаженнями споживачів, складання балансу загальної сумарної потужності за окремими трансформаторними підстанціями та вузлами, оцінка необхідності спорудження нових підстанцій;

- розрахунок мінімальних та максимальних струмів струмів короткого замикання в мережі та визначення вимог до комутаційного та захисного обладнання;

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні положення проектування об'єктів

Проектування – важливий етап у виконанні будь-якого об'єкта цивільного та промислового будівництва. Так як коли будівництво вже розпочато, надзвичайно складно потім змінити/скорегувати вже прийняті технічні рішення. Витрати на проект зазвичай невеликі, але коли кошти вже спрямовані, особливо якщо спрямовані помилково то помилки при проектуванні коштують надто дорого [9].



Рисунок 1 – Стадії проектування

Черговість виконання проектних робіт формує структуру проекту, що веде до отримання ефективного результату, та встановлює взаємовідносини між замовником та розробником. Зазвичай класичний проект складається з трьох етапів :

1. Ескізний проект.
2. Проектна документація.
3. Робоча документація.

Необхідність ділення проекту на стадії обумовлена складністю будівництва споруд та специфікою проведення тендерів, коли необхідно виконати тільки частину роботи за для того щоб її змогли оцінити та виконали забудову по обраному пілотному проекту. Проект затверджується тільки після того як пройде перевірку всіх розділів та отримає узгодження по всіх його інженерних системах.

Проектування об'єктів громадського призначення враховує:

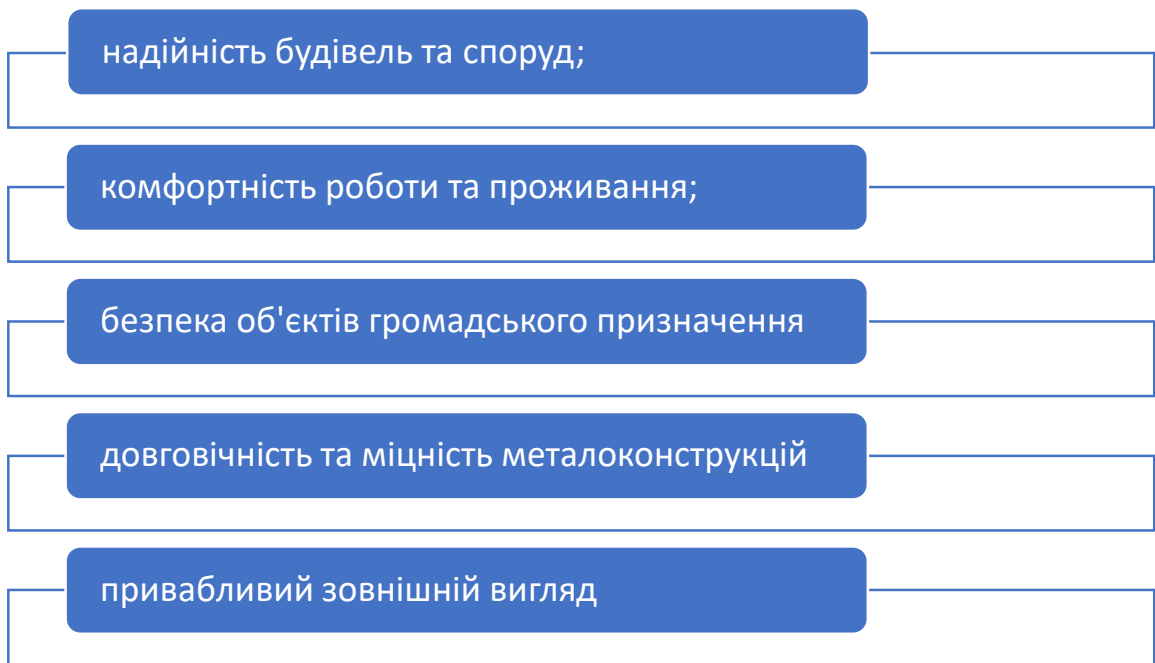


Рисунок 2 – Вимоги до проектування об'єктів

Кожна стадія проектування має свої особливості. На стадії “Ескізний проект” проводиться приблизний вибір обладнання та обґрунтування прийнятих рішень. На стадії “Проектна документація” розробляються креслення в відповідності до державних нор. Дані матеріали узгоджуються у відповідних органах та проходять експертизу. Стадія “Робоча документація” – деталізує та уточнює рішення прийняті на попередній стадії. Рішення прийняті в проекті містять графічні та текстові матеріали які мають безліч важливих деталей, та завжди враховують фінансові витрати на дані інженерні системи.

В наш час за для вирішення проблеми проектування розвиваються технології віртуального будівництва – які дещо полегшують проектування та покращують його якість.

Віртуальне проектування та будівництво (VDC) – наступний етап технології інформаційного моделювання BIM (Building Information Model) який включає цифровий менеджмент проекту на всіх його стадіях.

BIM — це інформаційне моделювання будівель, цифрове представлення фізичних та функціональних характеристик об'єкта, яке охоплює більше, ніж просто геометрію будівлі. BIM враховує безліч факторів та інформації про об'єкт, окремі його елементи (навіть деталі виробників), географію, дизайн та інші дані, в тому числі вплив його на навколишнє середовище і навпаки. Всі ці дані поряд з техніко-економічними показниками та іншими характеристиками об'єкта формують таку інформаційну модель, у якій зміна одного параметра призводить до автоматичного перерахунку решти.

Практично робота над BIM проходить кілька етапів:

1. Створення структурної та архітектурної 3D моделі будівлі.
2. Надання архітектурної моделі інженерам за для додання в архітектурну модель відповідних інженерних систем (електропостачання, вентиляції).

3. Далі конструктор або інженер вводить створену модель у програму, яка розраховує необхідні параметри відповідної системи. Разом з

цим програма може видавати робочі креслення, відомості обсягів робіт, специфікації, здійснювати розрахунки вартості елементів.

4. Далі в 3D модель при необхідності подальшого використання вводяться попередні розрахунки: рівень освітлення, втрати напруги, капітальні витрати, тощо.

5. Далі на основі отриманих з 3D моделі даних складається календарний графік виконання робіт. Оскільки в моделі наявна інформація про етапи будівництва.

Модель прив'язана до конкретної місцевості, це досягається шляхом GPS позиціонування елементів моделі у просторі. Потім при реальному будівництві дані про координати цифрових елементів завантажуються до приладу, за допомогою якого розміщуються вже реальні елементи будівлі.

Технологія VDC ж об'єднує людей, системи, моделі, та процес будівництва у узгоджений та впорядкований процес. BIM-модель - це первинне джерело інформації та є відправною точкою ефективної співпраці між усіма сторонами, що беруть участь у проекті. VDC це процес, у якому інженери-проектувальники та будівельники спільно моделюють об'єкт. Спільна робота дозволяє набагато ефективніше взаємодіяти всім зацікавленим особам.

1.2 Опис об'єкту моделювання та вихідні дані

Об'єкт моделювання – стаціонарна лікарня, площею 13 685 м². Будівля складається з п'яти поверхів. Будівля містить 231 кімнат.

Для моделювання електричного обладнання лікарні використано приклад архітектурної моделі програми Autodesk Revit.

На першому поверху знаходяться: приймальня, кабінети для терапії, офісні кабінети, архів, приміщення для інженерних систем, приміщення для чергового персоналу, кухня, пральня, складські приміщення. Саме в приміщення для інженерних систем будуть розміщені трансформатори та коміртки розподільчих пристроїв, силових щитів, тощо.

На другому поверсі знаходяться кімнати відпочинку, ресторан, тераси, та приміщення для персоналу.

Наступні поверхи відведено під лікарняні палати для пацієнтів.

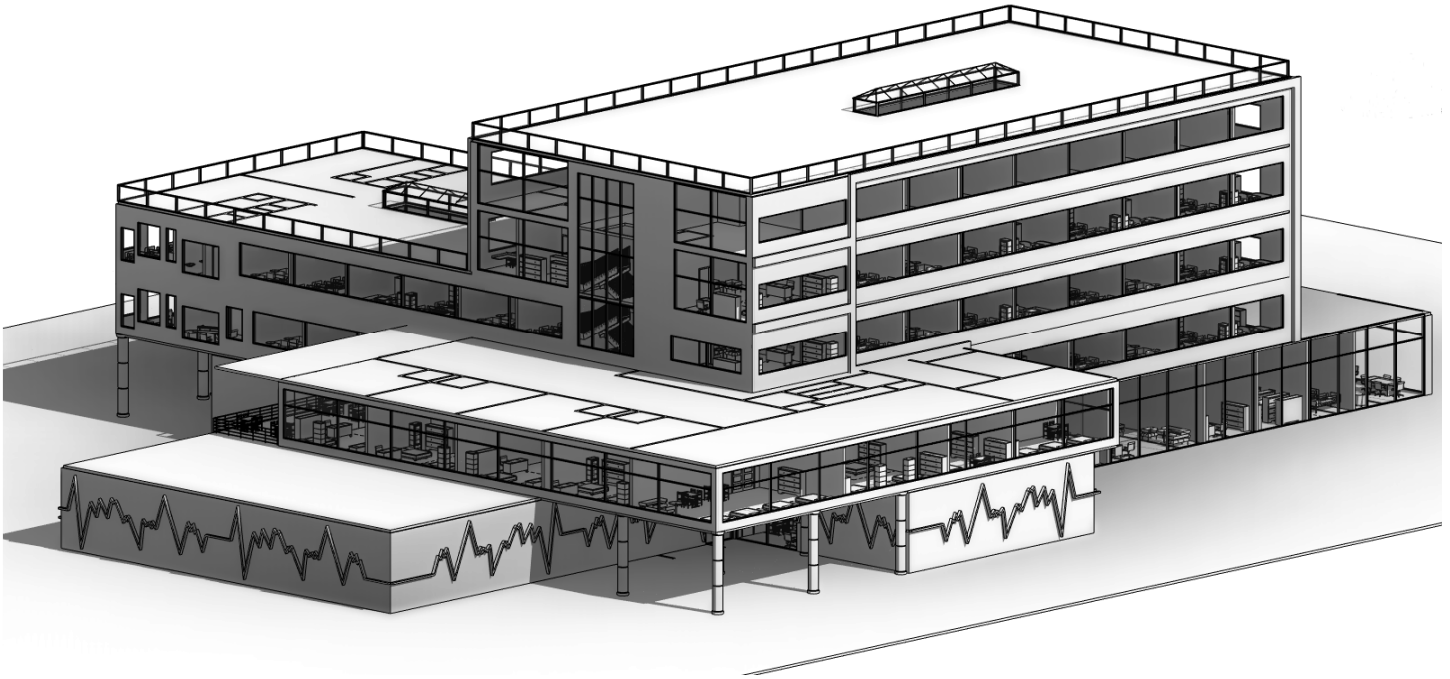


Рисунок 3 – Екстер'єр об'єкту

Також відомо що лікарня буде отримувати живлення від закритої двотрансформаторної підстанції 10/0,4 кВ з двома незалежними лініями живлення. Місце для закритої частина підстанції враховано в архітектурній моделі . Дві кабельні лінії з'єднують лікарню та вузлову двотрансформаторну підстанцію ПС110кВ/35кВ/10кВ. Релейний захист підстанції враховує можливість перемикання потужності прямуючої до лікарні в наслідок відмови кабельної лінії чи обладнання.

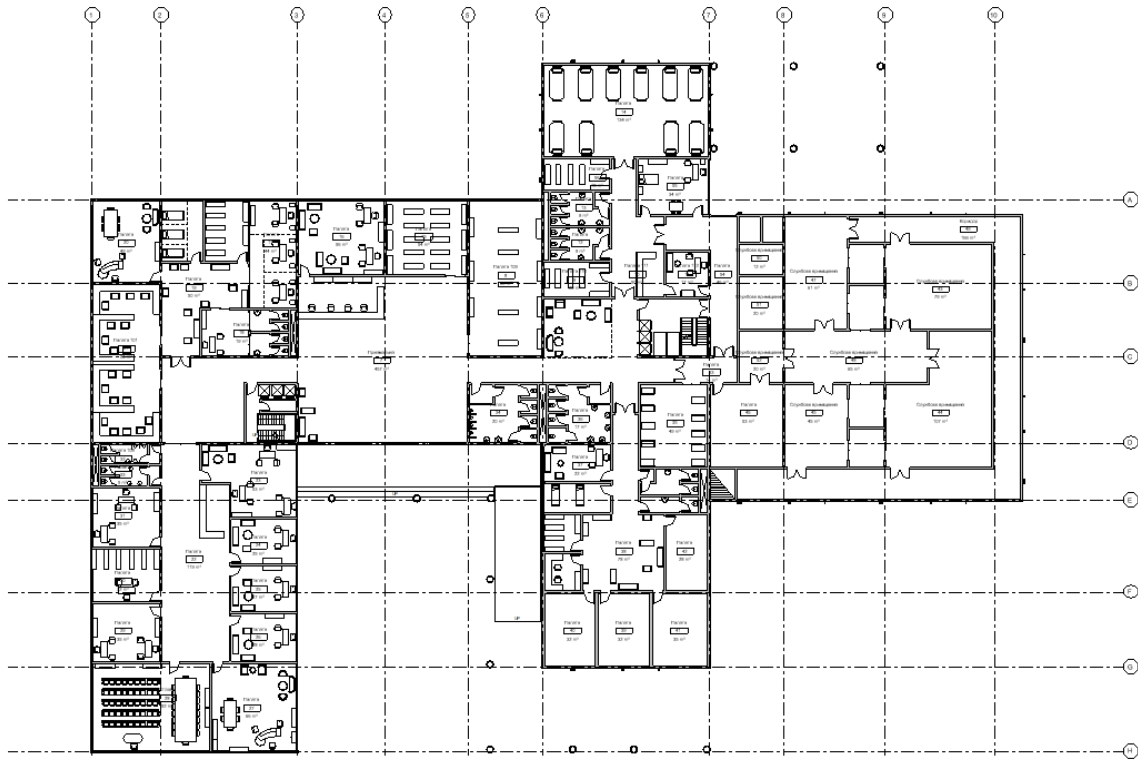


Рисунок 4 – Архітектурний план для 1 поверху лікарні

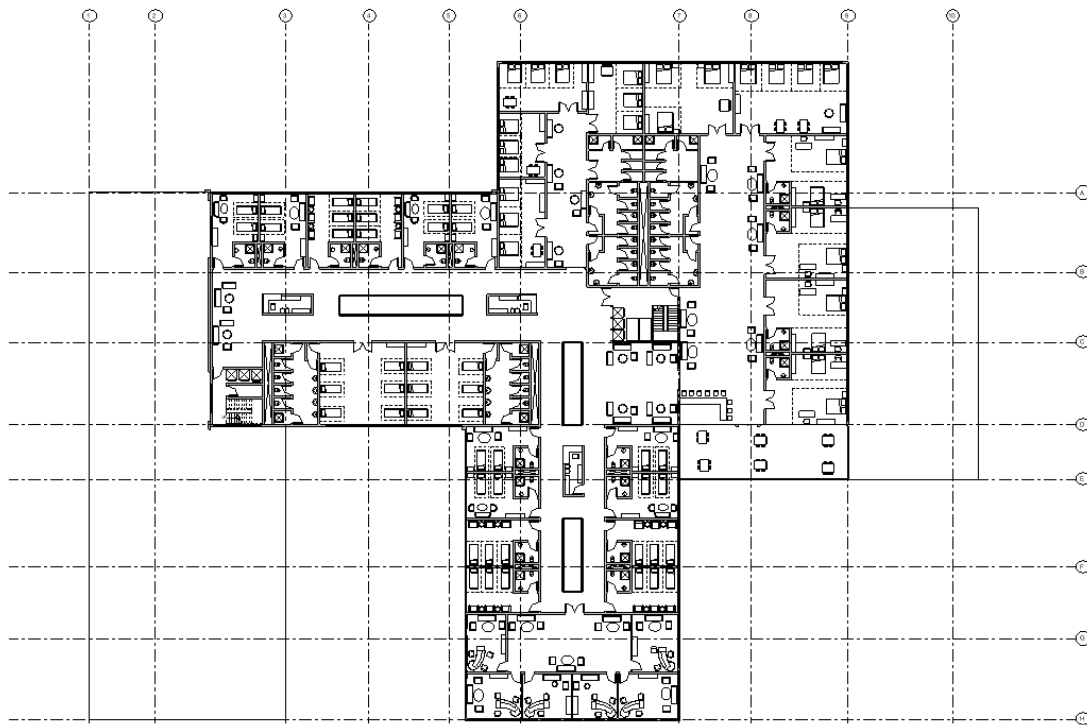


Рисунок 5 – Архітектурний план для 2 поверху лікарні

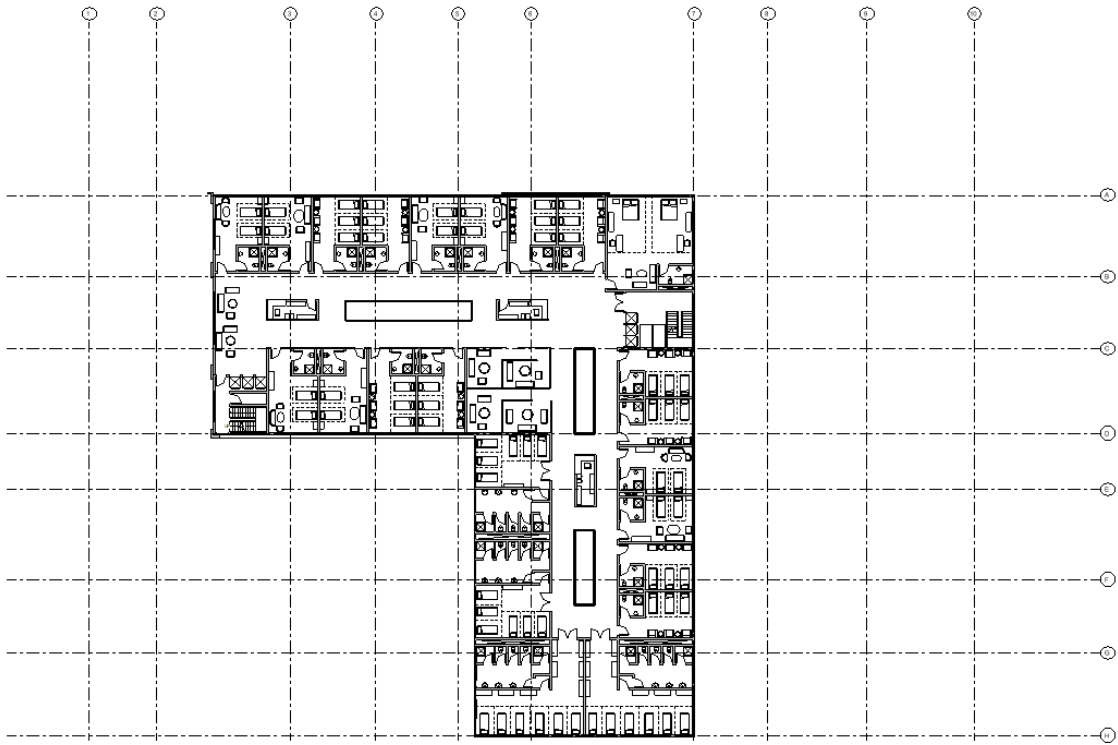


Рисунок 6– Архітектурний план для 3 поверху лікарні

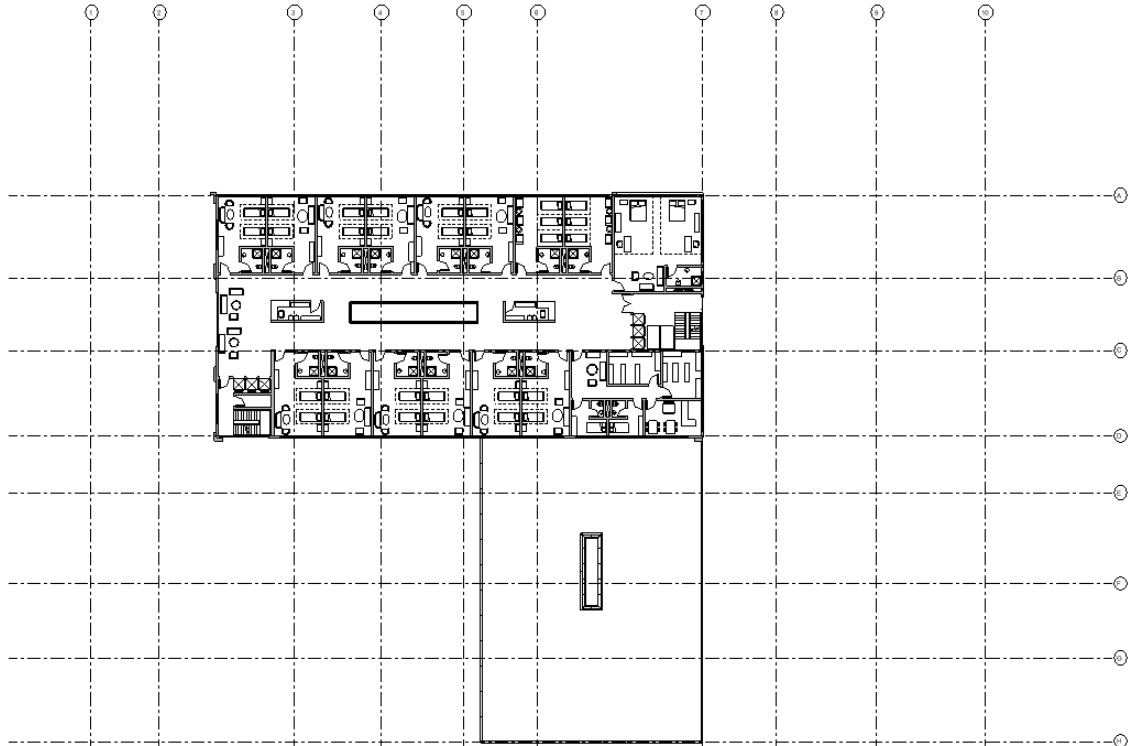


Рисунок 7– Архітектурний план для 4-5 поверхів лікарні

1.3 Опис обраної САПР для процесу моделювання та складання алгоритму розрахунку

На ринку існують декілька десятків популярних програм які реалізують технологію BIM. Одною з найкращих та найпопулярніших на даний момент є програма Autodesk Revit.

Autodesk Revit — це програмний комплекс для автоматизованого проектування, що реалізує принцип інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling, BIM). Призначений для архітекторів, інженерів-проектувальників та конструкторів. Надає можливості тривимірного моделювання елементів будівлі та плоского креслення елементів оформлення, створення об'єктів, організації спільної роботи над проектом, починаючи від концепції та закінчуючи випуском робочих креслень та специфікацій[3].

Має наступний ряд функцій:

- автоматичне створення специфікацій;
- автоматичне створення планів будівлі;
- спрощене моделювання та деякі розрахунки за рахунок вбудованого плагіну програмування Dynamo, який дозволяє розширити та оптимізувати робочий процес. Програма має простий графічний інтерфейс та відкритий вихідний код;
- тривимірний вигляд будівлі;
- швидке створення альтернативного дизайну на основі заданих цілей та обмежень;
- відкрита графічна система для проектування та основа для всіх будівельних компонентів, розроблених у Revit.

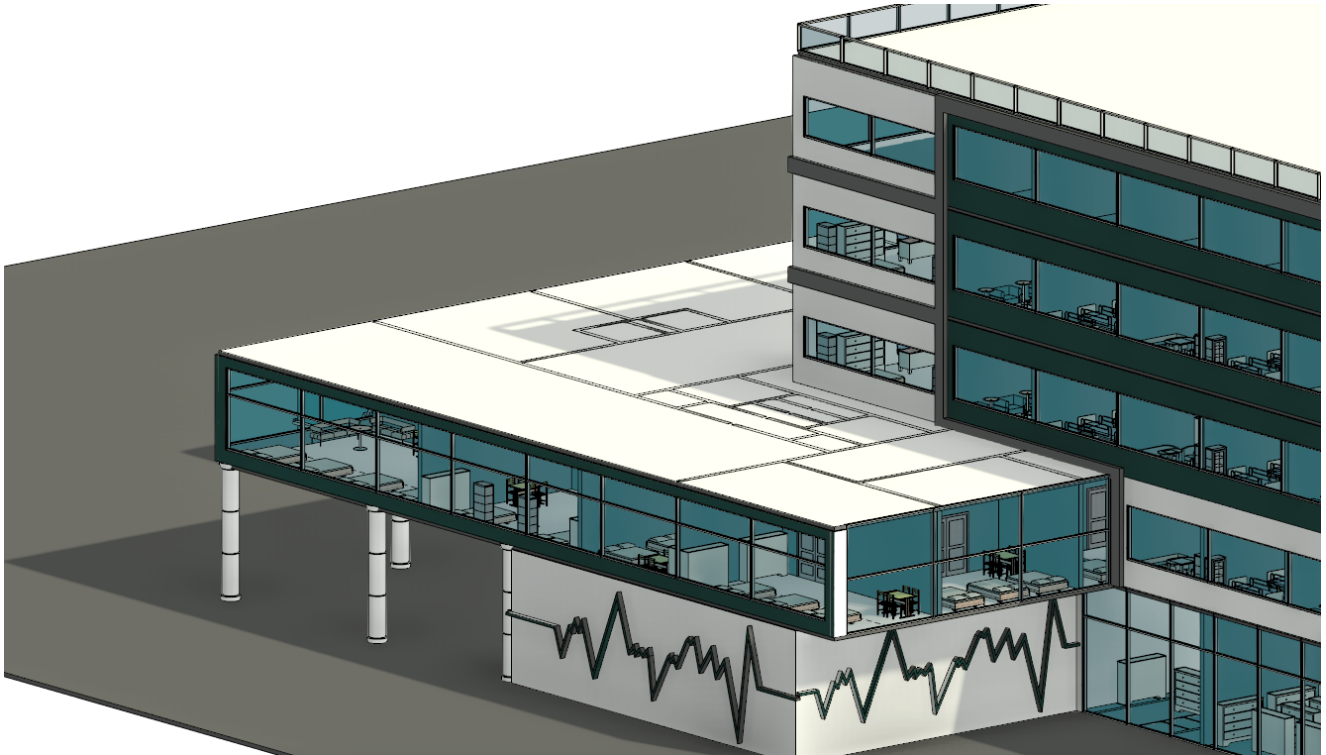


Рисунок 8 – Приклад тривимірної моделі лікарні в Revit

Можливості пов'язані с проектуванням та розрахунком електричної частини :

- проведення перевірки та виявлення перешкод до початку процесу проектування;
- спрощення процесу інженерного проектування за допомогою координації з різними інженерними системами в моделі до початку будівництва;
- можливість проведення енергетичного аналізу для інженерних розрахунків. Наприклад : розрахунок втрат напруги, розрахунок енергетичних втрат, середніх навантажень та інше;

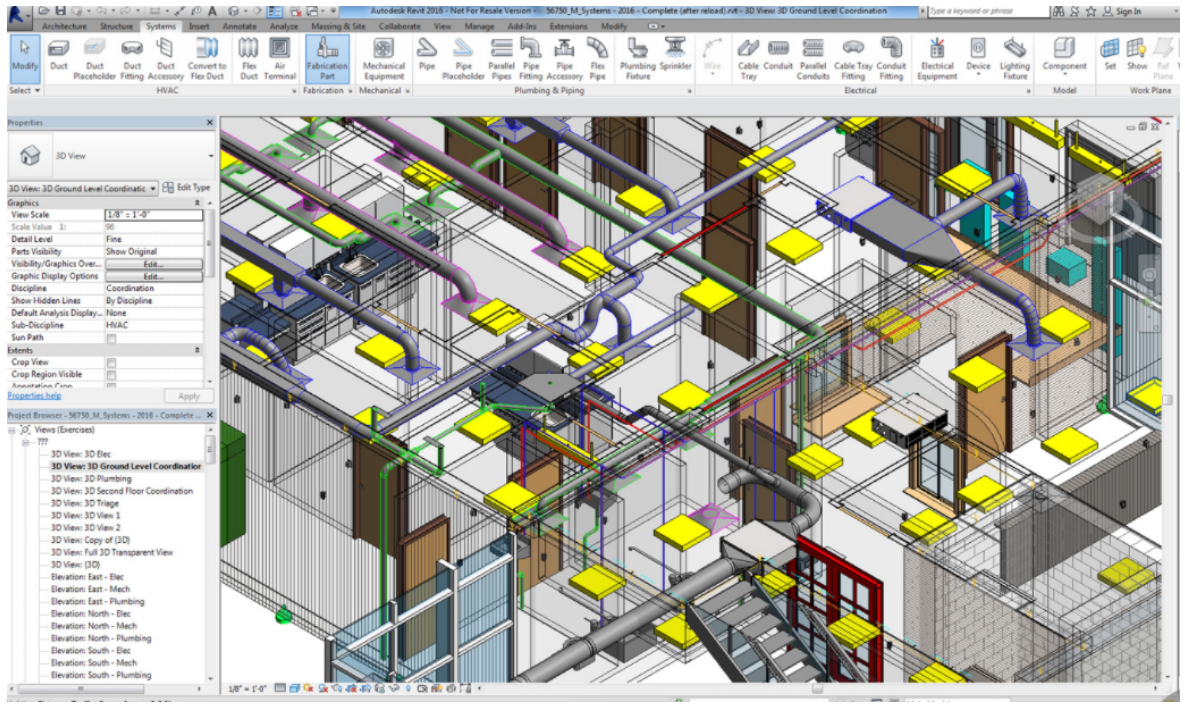


Рисунок 9 – Приклад інженерних систем в Autodesk Revit

- проектування, та створення документації інформаційної моделі будівлі включаючи її архітектурні та конструктивні компоненти.

За для скорочення витрат часу на побудову типових однолінійних схем використовується готове програмне рішення – програмний модуль Teslabim.

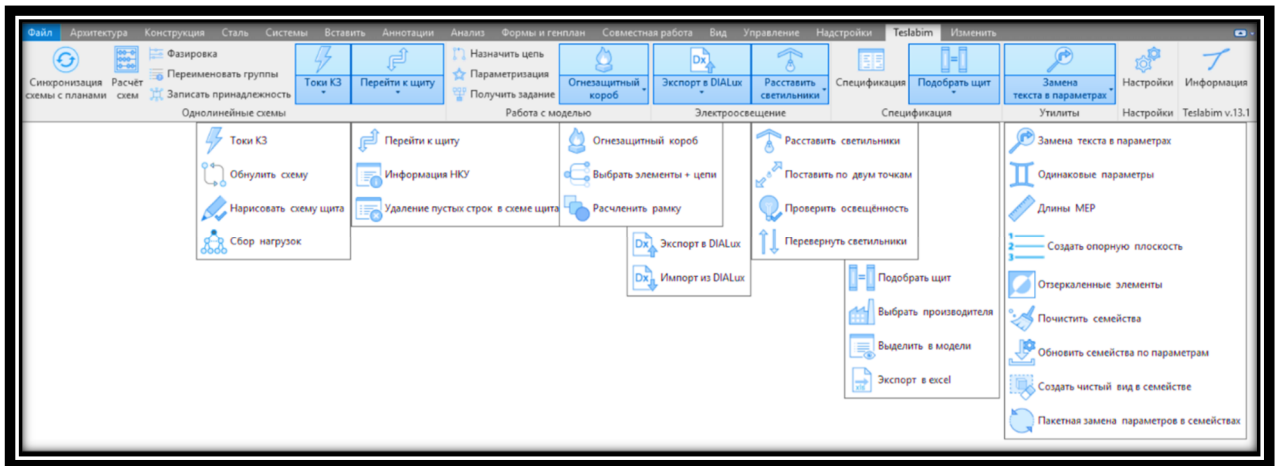


Рисунок 10 – Зображення інтерфейсу програмного модуля Teslabim

Додаток Teslabim дозволяє проводити:

- розрахунок струмів короткого замикання;
- вибір установок апаратів захисту;
- розрахунок електричних навантажень;
- автоматичне фазування навантажень;
- розрахунок втрат навантаження та напруги;
- розрахунок розподільчих щитів;
- вибір перерізу кабелів;

В не типових випадках для обчислення параметрів системи використовується Динамо.

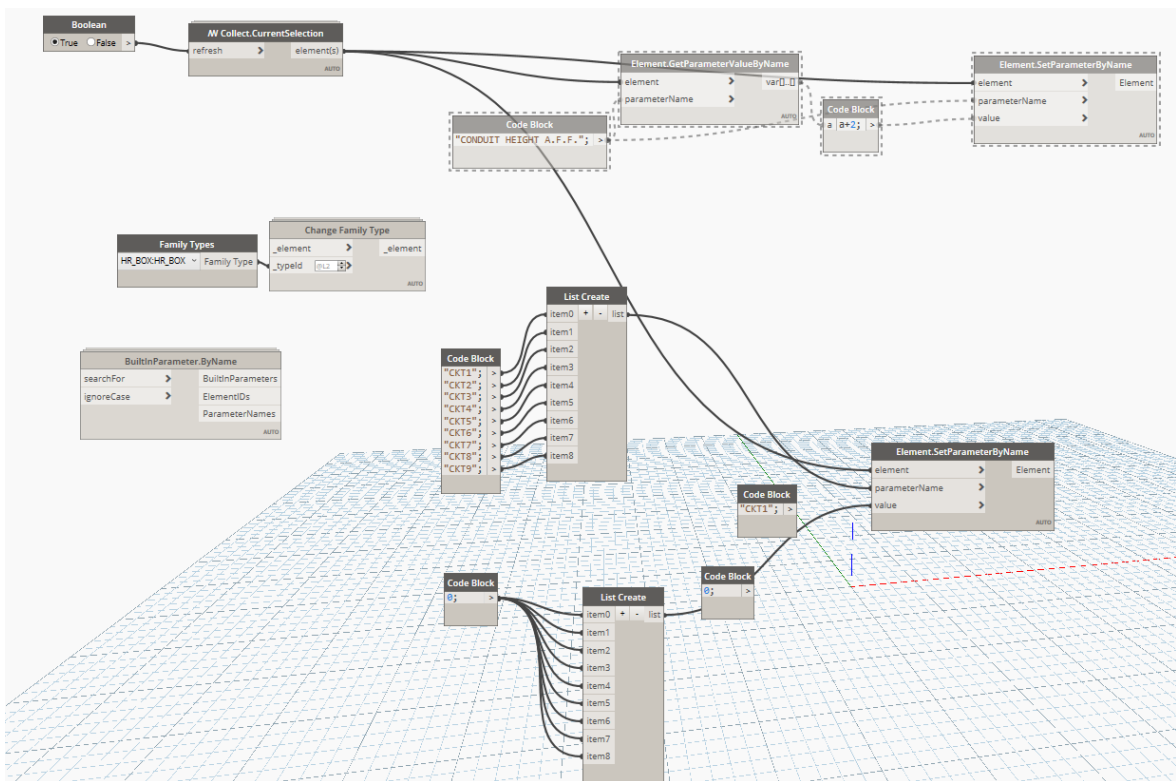


Рисунок 11 – Приклад проектування виконавчої програми в Динамо

Для порівняння реального об'єкту та моделі використовується CloudCompare — це програмне забезпечення для обробки хмари точок 3D (і трикутної сітки). Спочатку він був розроблений для порівняння між двома

щільними тривимірними хмарами точок (наприклад, хмарами, отриманими за допомогою лазерного сканера) або між хмарою точок і трикутною сіткою. Він спирається на конкретну структуру, призначену для цього завдання. Згодом його було розширено на більш загальне програмне забезпечення для обробки хмари точок, включаючи багато передових алгоритмів (реєстрація, повторна вибірка, обробка кольорових/нормальних/скалярних поверхонь, обчислення статистики, керування датчиками, інтерактивна або автоматична сегментація, покращення відображення тощо).

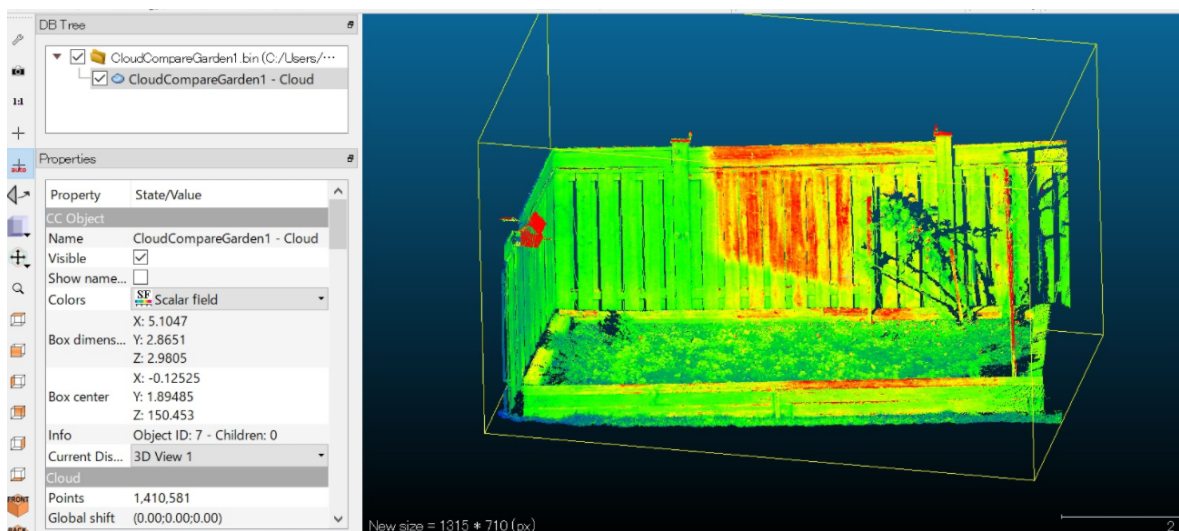


Рисунок 12 – Приклад порівняння цифрової моделі та вже змонтованого обладнання

Для вибору освітлення можливе використання програми DIALux EVO.

Вона розроблена спеціально для роботи в 3D просторі для полегшення та прискорення роботи проєктувальників систем освітлення. Розміщенні світильники за допомогою плагінів можливо імпортувати безпосередньо в Revit.

Також спеціально для координування у просторі різних систем та технічного надзору була розроблена програма Navisworks.

Navisworks - це пакет образів 3D-дизайна для Microsoft Windows Navisworks, який в загалом використовується тільки в будівельній галузі для

доповнення пакетів 3D-дизайну, дозволяє користувачам відкривати та комбінувати 3D-моделі; переміщатися між ними в режимі реального часу; знаходити місця перетину інженерних об'єктів між собою.

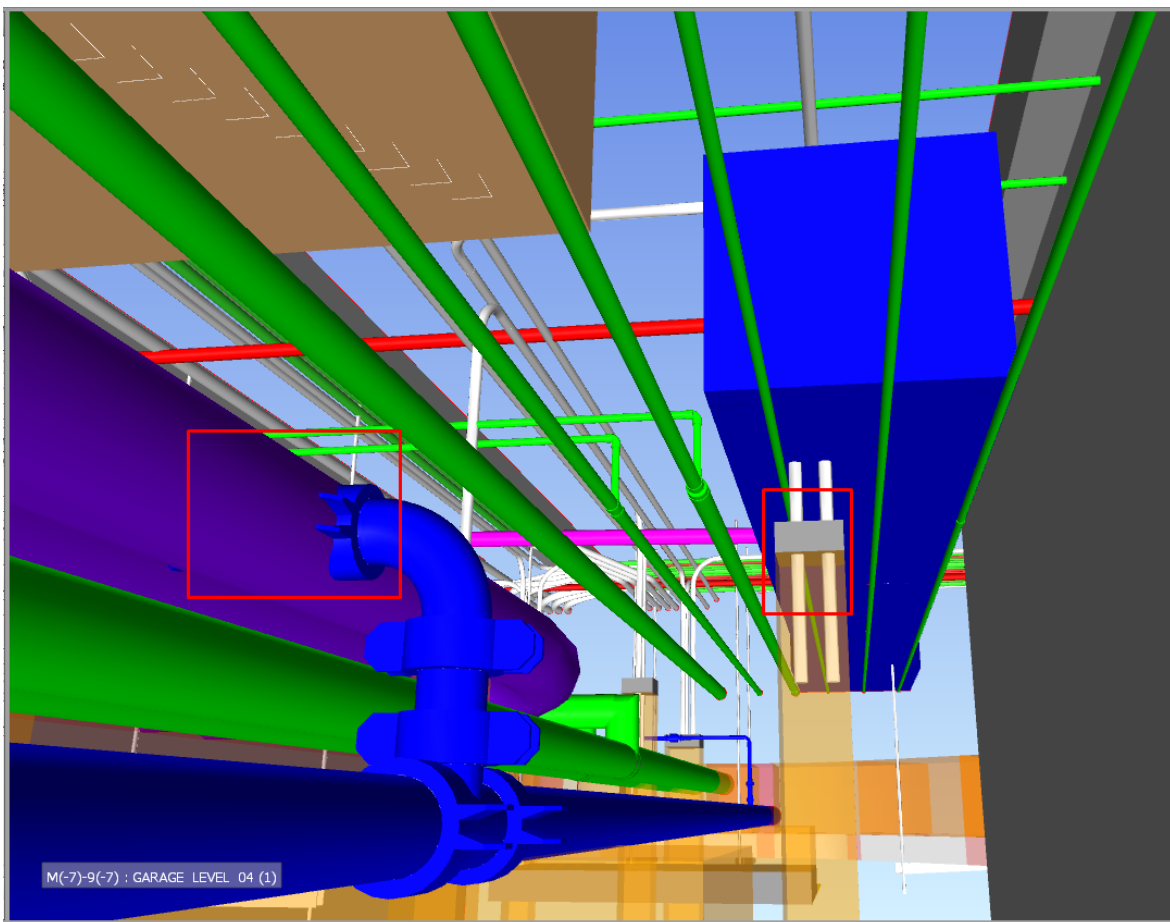


Рисунок 13 – Приклад невірно запроекттованих систем в програмі Navisworks

2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок електричних навантажень є першим етапом проектування електромережі та проводиться для визначення струмів, які протікають по кабелепроводах, шинах, струмовідним частинам елементів СЕС. з погляду допустимості провідників за умовами нагрівання, а також необхідний для прийняття інженерних рішень і визначення обсягу витрат у мережі.

Згідно ДБН В.2.5-23:2010 (Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення) категорія лікарні належить до I категорії електроспоживання [6].

Електропостачання приймачів I категорії надійності повинно здійснюватися від двох джерела живлення. В особливих випадках, повинно передбачатися додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервуючого джерела живлення [6].

Аналіз електричних приладів, що будуть використовуватись у лікарні

Таблиця 1 – Електричне обладнання силового щиту ЩС1

Назва обладнання	Напруга, В	Потужність, Вт	Кількість, шт.
1 поверх			
Апарат штучного дихання	380	500	2
Томограф	380	70 000	3
Рентгенівський сканер	380	22	2
Електроенцефалограф	220	400	5
Апарат для магнітотерапії	220	350	2
Центрифуга	220	280	9
Водонагрівач	380	2000	5
Стерилізатор	220	300	3
Сухожаровий шаф	220	360	4

Проведемо орієнтовний розрахунок потужності лікарні. Згідно ДБН В.2.5-23:2010 пункту 3.37 [6] попередні розрахунки виконаємо укрупненими питомими електричними навантаженнями.

Лікарня належить до типу об'єктів “лікарня багатoproфільна з електрифікованими харчоблоками” та має питоме навантаження 2,2 кВт на ліжко-місце.

Далі потрібно дізнатися кількість ліжко-місць в лікарні.

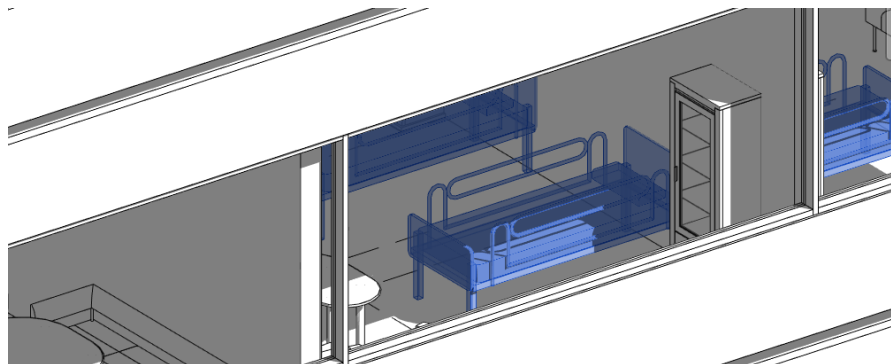


Рис 14 – приклад застосування функціоналу Revit

Для цього відкриємо модель – натиснемо на ліжко, використаємо інструмент “вибрати подібне” та отримаємо загальну кількість ліжок.

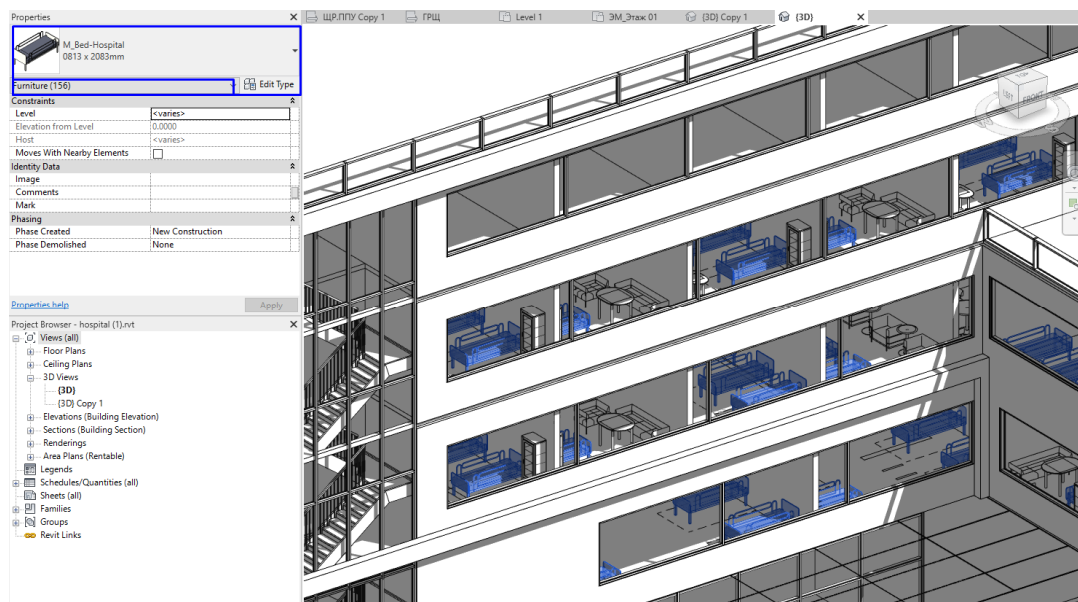


Рис 15 – приклад функціоналу Revit

Таким чином орієнтовна потужність становитиме

$$P'_{\text{роз}} = P_{\text{пит}} * N = 2.2 * 156 = 343.2 \text{ кВт}$$

Розрахунок електричних навантажень електроприймачів напругою до 1кВ проводиться для кожного вузла живлення – розподільного пункту, шафи, розподільчого та магістрального шинопроводу, щита станцій управління, цехової трансформаторної підстанції, а також по цеху та корпусу загалом.

Уточнимо розрахунок електричних навантажень методом коефіцієнту попиту. За наявності даних про кількість електричних приймачів, їх потужність і режими роботи цей метод рекомендують застосовувати в першу чергу для розрахунку групи елементів системи електропостачання, що живлять навантаження напругою до 1 кВ. Відмінність методу впорядкованих діаграм та обчислень за коефіцієнтом розрахункової активної потужності полягає у заміні коефіцієнта максимуму K_m , що розуміється як відношення максимальних навантажень до середніх, коефіцієнтом розрахункової активної потужності K_p , який визначається в залежності від коефіцієнта попиту $K_{\text{п}}$.

Номінальна (встановлена) потужність – це навантаження електроприймача позначеній у його паспорті.

Групова номінальна (встановлена) активна потужність – це арифметична сума номінальних активних потужностей групи електроприймачів:

$$P_{\text{ном}} = \sum_{i=1}^n p_{\text{ном } i}, \text{ кВт} \quad (2.1)$$

де n – число електроприймачів;

$p_{\text{ном } i}$ – номінальна (встановлена) потужність одного електроприймача, кВт;

Коефіцієнт попиту окремого електроприймача – це відношення середньої активної потужності окремого електроприймача або групи електроприймачів за найбільш завантаженої зміну до її номінального значення:

$$K_{\Pi} = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{ном}}}, \quad (2.2)$$

де $P_{\text{см}}$ – середня активна потужність електроприймача або групи, що дорівнює сумі середніх активних (реактивних) потужностей, що входять до групи ЕП, крім резервних, малої потужності або працюючих короткочасно.

Розрахункова потужність

$$P_{\text{роз}} = P_{\text{ном}} * K_{\Pi}, \text{ кВт} \quad (2.3)$$

Струм для трифазного обладнання

$$I = \frac{P_{\text{роз}}}{1.73 * U_{\text{н}} * \cos\varphi}, \text{ А} \quad (2.4)$$

Побутові розетки загального призначення розподіляються по групам з $\cos\varphi = 0,8$ та встановленою потужністю 2300 Вт.

Номінальний перетин струмопровідних жил кабелів вибирається по допустимому струму.

Приймаємо кабель марки ВВГнг-Іs 3х2.5 $I_{\text{пасп}} = 28 \text{ А}$.

Перевірка кабелю по допустимому тривалому струму навантаження. Кабель підходить, якщо виконується умова [12]:

$$I_{\text{р}} < I_{\text{доп}} \quad (2.5)$$

де $I_{\text{р}}$ – розрахунковий струм в мережі, А;

$I_{\text{доп}}$ – максимальна розрахункова потужність.

Перевірка кабелю за втратами напруги

$$\Delta U = 100 * \frac{\sqrt{3}Il}{U} (r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi), \quad (2.6)$$

де I – розрахунковий струм лінії, А;

l – довжина лінії, км;

r_0 – питомий опір лінії, Ом/км (паспортні дані обраного кабелю).

Умова вибору кабельної лінії: $\Delta U < 5\%$.

Таблиця 2 – Результати розрахунку електричних навантажень для всієї будівлі

Обладнання	$P_{\text{ном}},$ Вт	$K_{\text{п}}$	$U_{\text{н}},$ В	$P_{\text{роз}},$ кВт	$\cos\varphi$	$I,$ А	$\Delta U,$ %	$l,$ м
Щит силовий ЩС1	228604	0.69	380	157.74	0.73	347.33	2.40	128
Щит силовий ЩС2	74915	0.75	380	56.19	0.75	113.82	2.85	152
Щит силовий ЩС3	45412	0.78	380	35.42	0.83	69.00	3.51	187
Щит силовий ЩС4	36927	0.74	380	27.33	0.74	56.10	3.56	190
Щит силовий ЩС5	24425	0.85	380	20.76	0.74	37.11	4.63	247
Щит силовий ЩС6	17823	0.8	380	14.26	0.86	27.08	2.70	144
Щит освітлення ЩО1	3740	1	380	3.74	1	5.68	1.10	118
Щит освітлення ЩО2	3520	1	380	3.52	1	5.35	1.47	158
Щит освітлення ЩО3	3452	1	380	3.45	1	5.35	1.69	181
Щит освітлення ЩО4	3343	1	380	3.34	1	5.35	1.74	187
Щит освітлення ЩО5	3718	1	380	3.72	1	5.35	2.23	239
Мережа розеток гр. 1	5700	0.7	220	3.99	0.8	18.14	3.20	134
Мережа розеток гр. 2	5700	0.7	220	3.99	0.8	18.14	4.01	168
Мережа розеток гр. 3	5700	0.7	220	3.99	0.8	18.14	4.39	184
Мережа розеток гр. 4	5700	0.7	220	3.99	0.8	18.14	4.59	192
Мережа розеток гр. 5	5700	0.7	220	3.99	0.8	18.14	4.78	261
Мережа розеток гр. 6	5700	0.7	220	3.99	0.8	18.14	4.13	173

Вибір ввідного вимикача виконується в даному розділі нижче. Дані розрахунки виконані самостійно, надалі вони будуть порівнюватися з розрахунками виконаними за допомогою плагіну.

Загальна схема має наступний вигляд

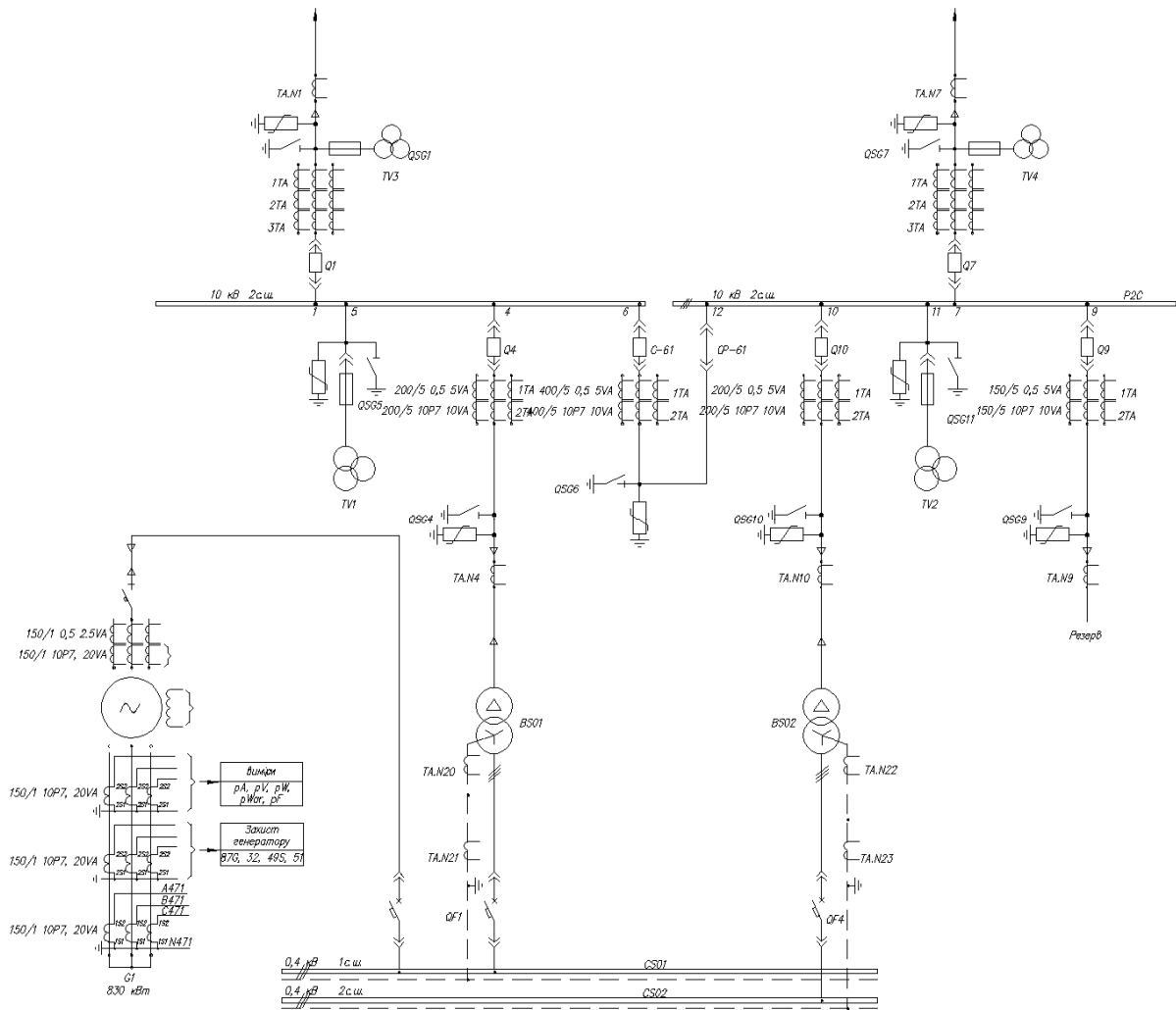


Рисунок 16 – Однолінійна схема електромережі

Трансформатори Shneider Trihal 630 10/04 знаходяться на території лікарні. Дві кабельні лінії прямують до лікарні від вузлової двохтрансформаторної підстанції 110кВ/35кВ/10кВ з двох різних секцій шин. Релейним захистом підстанції враховано можливість перемикання потужності прямуючої до лікарні в наслідок відмови кабельної лінії чи обладнання.

Вибір живлячого кабелю 10 кВ

Тип кабелю – кабель з ізоляцією зі зшитого поліетилену

Виконаємо розрахунок кабелю з ізоляцією із зшитого поліетилену для мережі 10 кВ з перевіркою за наступними показниками:

- по допустимому тривалому струму навантаження;
- по допустимому струму КЗ по жилі;
- по допустимому струму КЗ по екрану;
- за втратами напруги.

Розраховуємо струмове навантаження на 1 фазу для лікарні потужністю 479,8 кВт:

$$I_M^{ФЕС} = \frac{P_M^{ПП}}{\sqrt{3}U_{ном} \cos \varphi} = \frac{479,8}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,84} = 33 \text{ А} \quad (2.7)$$

Приймаємо кабель марки АПвЕгаПу 3х35, Ідоп.пасп = 119 А (прокладка в ґрунті) [5].

Uном = 35 кВ - напруга мережі;

Sк1 = 104 МВА (потужність КЗ на шинах 10 кВ підстанції)

Розрахунок струму КЗ виконаний нижче та дорівнює

$$I_{к1} = 6.016 \text{ кА}$$

Точка К1 - максимальний струм 3-х фазного короткого замикання на шинах РП 10 кВ

тп = 1.2 с - повний час тривалості короткого замикання;

1. Перевірка кабелю по допустимому тривалому струму навантаження

Кабель підходить, якщо виконується умова:

$$I_p < I_{доп} \quad (2.8)$$

де I_p - розрахунковий струм в мережі, А;

де P_p - максимальна розрахункова потужність.

$$I_{доп} = I_{доп.табл} * K_2 * K_3 * K_4 * K_m \quad (2.9)$$

$$I_{\text{доп}} = 33 * 0.95 * 0.96 * 1.05 * 1.1 = 34.76$$

$k_2=0,95$ (таблиця 8.13)

$k_3= 0,96$ (таблиця 8.16, для температури землі влітку на рівні 25°C)

$k_4= 1,05$ (додаток В, СОУ-Н МПЕ 40.1.20.509 2005) – для нормальних ґрунтів

$k(m)= 1,1$ – коефіцієнт навантаження

Перевіряємо кабель по допустимому струму короткого замикання по жилі.

Кабель підходить, якщо виконується умова:

$$I_{\text{кз (3ф)}} < I_{\text{кз доп}}$$

де $I_{\text{кз (3ф)}}$ - максимальний струм 3-х фазного короткого замикання;

$I_{\text{кз доп}}$ - максимально допустимий струм короткого замикання жили кабелю, кА.

$$I_{\text{кз (3ф)}} > I_{\text{кз доп}} \rightarrow 6.016\text{кА} > 3.3\text{кА} \quad (2.10)$$

Умова не виконується, обираємо найближчий кабель за даним параметром АПВЕгаПу 3х70

$$I'_{\text{кз доп}} = \frac{I_{\text{кз доп}}}{\sqrt{t_{\text{п}}}} = \frac{6.6}{\sqrt{1.2}} = 6.024 \text{ кА}$$

$$I_{\text{кз (3ф)}} < I'_{\text{кз доп}} \rightarrow 6.016\text{кА} < 6.024 \text{ кА}$$

Умова виконується

Перевірка кабелю по допустимому струму короткого замикання по екрану. Кабель підходить, якщо виконується умова:

$$I_{\text{кз (2ф)}} < I'_{\text{к.з.е}} \quad (2.11)$$

$$I_{\text{кз (2ф)}} < \frac{I_{\text{табл.екр}}}{\sqrt{t_{\text{п}}}} \rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} * 6.016 < \frac{3,3}{\sqrt{1,2}}$$

Умова виконується. Остаточню приймаємо кабель 3х70



Рисунок 17 – трансформатор Trihal 630 10/04

Вибір автоматичного вимикача виконується за наступними умовами:

- за напругою установки – $U_n \geq U_{уст}$;
- за родом струму і його значенням – $I_n \geq I_{рф}$;
- за конструктивним виконанням.

Для однофазних електроприймачів обираємо автоматичний вимикач серії Schneider Acti9, з наступними технічними характеристиками:

- номінальний струм – 2-32 А;
- кількість полюсів (фаз) – 1 полюс (1 фаза);
- відключаюча характеристика (уставка) – тип С;
- відключаюча здатність – 25 кА.

Для трифазних потужних трифазних електроприймачів обираємо автоматичний вимикач серії Schneider Compact NSX, з наступними технічними характеристиками:

- номінальний струм – 100-630 А;
- кількість полюсів (фаз) – 3 полюса (3 фази);

- відключаюча характеристика (уставка) – тип С;
- відключаюча здатність – 25 кА.



Рисунок 18 – Вимикач Compact NSX

Для щита освітлення приймаємо автоматичний вимикач серії Schneider Easy9, з номінальним струмом 16 А.

Розрахункове навантаження ліній живлення і вводів у робочому та післяаварійному режимах при спільному живленні силових електроприймачів і освітлення $P_{\text{заг}}$ слід визначати за формулою [9]:

$$P_{\text{заг}} = K(P_{\text{ос}} + P_{\text{еппс}} + P_{\text{хс}} * K_1), \quad (2.12)$$

де K – коефіцієнт, що враховує розбіжність розрахункових максимумів навантажень силових електроприймачів, включаючи холодильне устаткування і освітлення;

$P_{\text{ос}}$ – розрахункове навантаження освітлення, кВт;

$P_{\text{еппс}}$ – розрахункове навантаження силових електроприймачів без холодильних машин систем кондиціонування повітря, кВт;

$P_{\text{хс}}$ – розрахункове навантаження холодильного устаткування систем кондиціонування повітря, кВт;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від відношення розрахункового навантаження освітлення до навантаження холодильного устаткування холодильної станції.

$$P_{\text{заг}} = 0,87 * (335.63 + 17.77 + 158 * 0,8) = 479.8 \text{ кВт}$$

$$I_{\text{заг}} = \frac{P_{\text{заг}}}{\sqrt{3} * U_{\text{н}}} = \frac{479.8}{\sqrt{3} * 0.38} = 728.98 \text{ А}$$

Як ми бачимо розрахунок за методом коефіцієнту попиту дещо відрізняється від орієнтовного розрахунку за койко-місцями. Це можливо пояснити тим що в лікарні багато вільного простору не заповненого ліжками (тераси, холи, зони відпочинку, тощо), та наявні декілька потужних томографів. Тому результати відрізняються в більшу сторону, та саме вони будуть братися за основу в подальших розрахунках.

Ввідний вимикач обраємо серії Schneider Compact NS, з наступними технічними характеристиками:

- номінальний струм – 800 А;
- кількість полюсів (фаз) – 3 полюса (3 фази);
- кількість модулів – 1 модуль;
- відключаюча здатність – 50 кА.



Рисунок 19 - Вимикач вводу Compact NS

Для побудови однолінійної схеми та порівняння отриманих результатів використовуємо програмний модуль Teslabim. Розташовуємо необхідне обладнання в моделі та вводимо дані: потужність, напруга, коефіцієнт використання. Задається шаблон для однолінійної схеми, синхронізуємо схему з планом та натискаємо «Розрахунок схем».

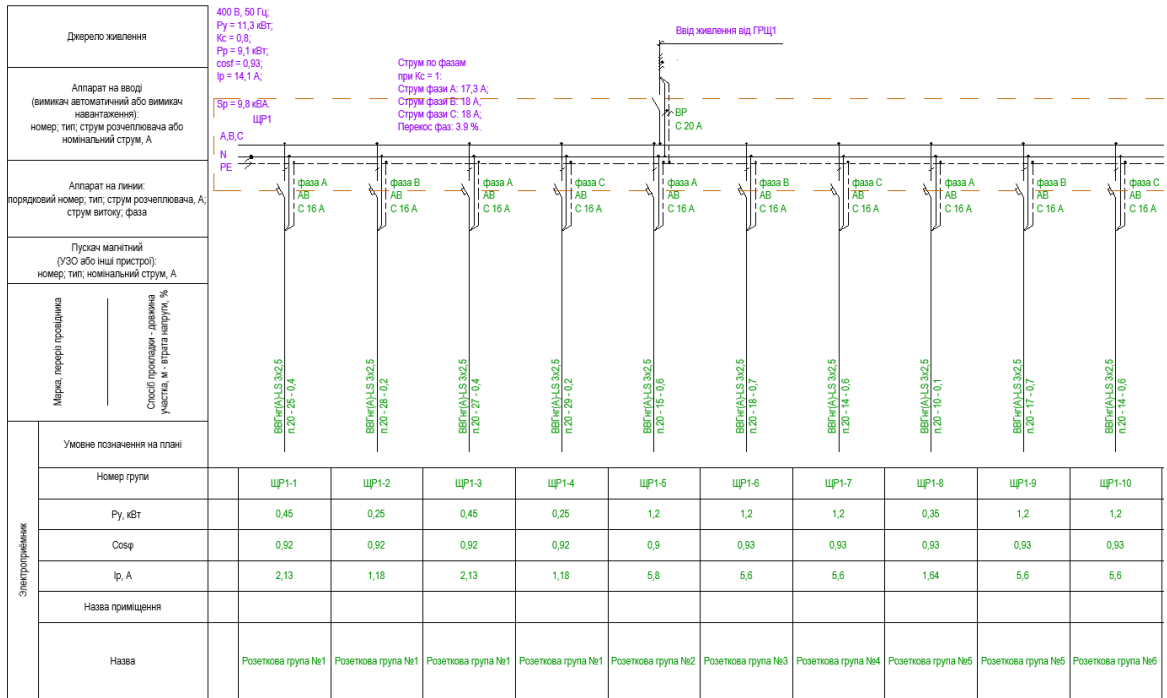


Рисунок 20 – Розрахунок однолінійної схеми за допомогою програмного модуля

Плагін самостійно розраховує відстань від щита до електроприймача, та обирає коректний переріз кабелю, автоматичний вимикач з розрахунком втрат по напрузі. Розподіляє задане обладнання за фазами з коефіцієнтом небалансу між фазами в 0,1%. Перераховує загальну потужність та струм щита. Опираючись на вище розраховані дані – обирає ввідний вимикач.

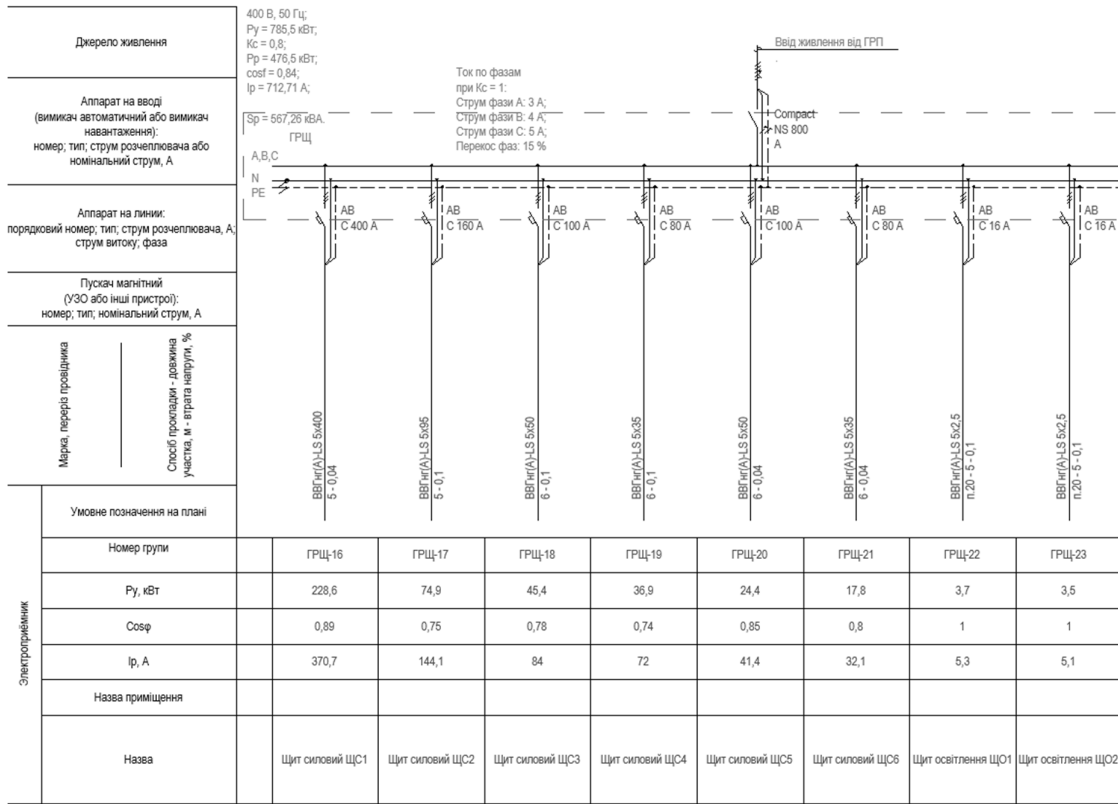


Рисунок 23 – Однолінійна схема силової шафи частина 1

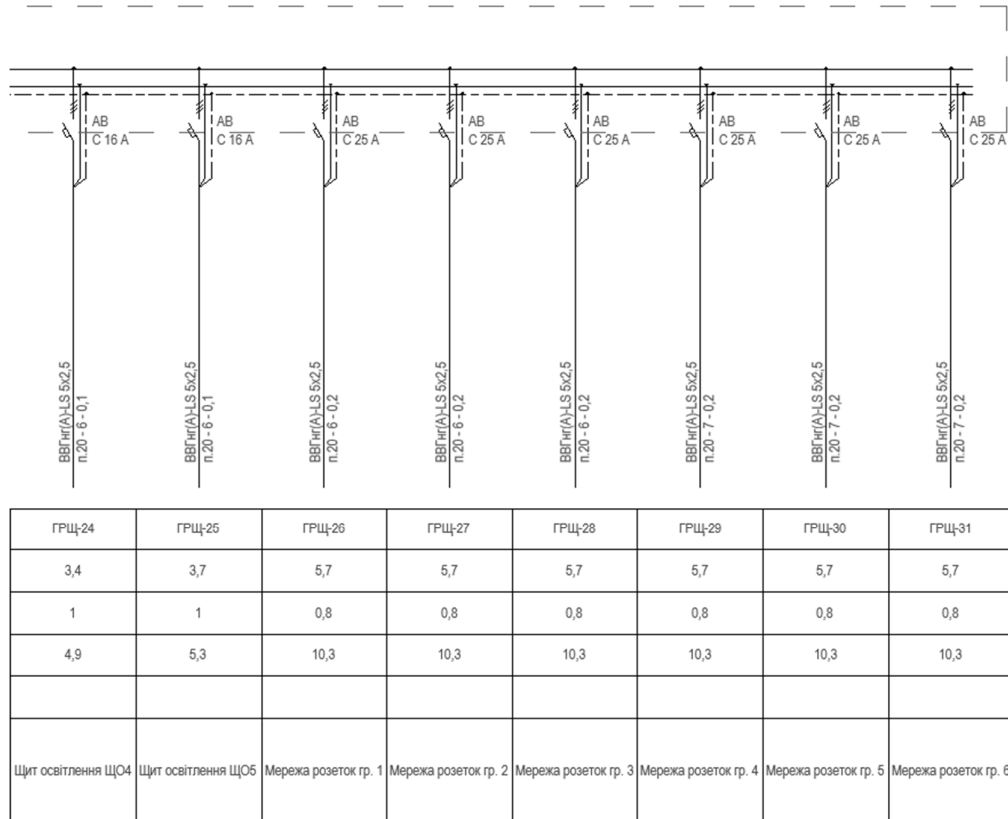


Рисунок 24 – Однолінійна схема силової шафи частина 2

2.2 Розрахунок струмів короткого замикання

При проєктуванні енергетичних систем розраховуються різні режими роботи електроустановок – при аварійних ситуаціях, в холостому ході, тощо.

Особливу небезпеку представляє аварійний режим, бо при цьому режимі в мережі виникають несправності, які шкодять обладнання. Вони можуть бути пов'язані з таким рядом причин, таких як застаріла мережа електропередачі (оголені контакти, зношений ізоляційний матеріал, розриви в області перегинів), або перевантаження електричної мережі протягом тривалого часу.

Для усунення розвитку подібних ситуацій при експлуатації, на стадії проєктування повинні обчислюватися можливі виникнення струмів коротких замикань та його значення.

За допомогою розрахунку режимів коротких замикань вирішуються наступні завдання:

- проєктування і налагодження засобів захисту та системної автоматики, вибір запобіжних пристроїв автоматичних комутаційних апаратів;
- вибір та перевірка електрообладнання за умовами короткого замикання;
- аналіз аварійних процесів в електроустановках [8].

Мета розрахунку:

- визначення мінімально струмів КЗ для перевірки чутливості захисту релейної автоматики, правильного вибору систем та параметрів спрацьовування захисту та визначення максимально можливого часу спрацьовування захисту за умовам термічної стійкості обладнання[8].
- визначення максимальних струмів КЗ за для перевірки провідників і апаратів на динамічну та термічну стійкість. Виходячи з цього приймати заходи щодо обмеження струмів КЗ та/або часу їх протікання;

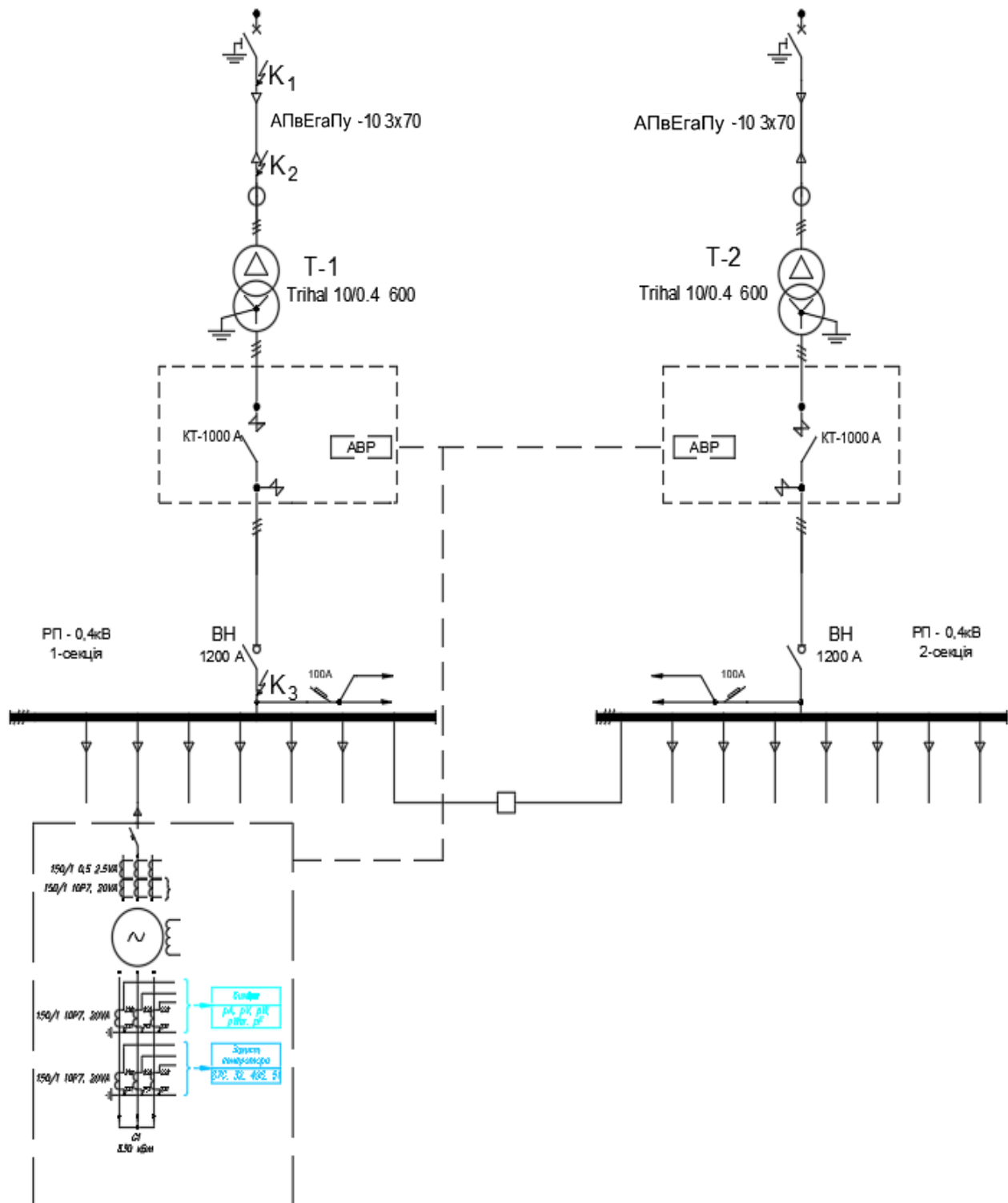


Рисунок 25 – Спрощена однолінійна схема мережі

Приведемо опори елементів схеми до напруги 10кВ та зобразимо однолінійну схему заміщення.

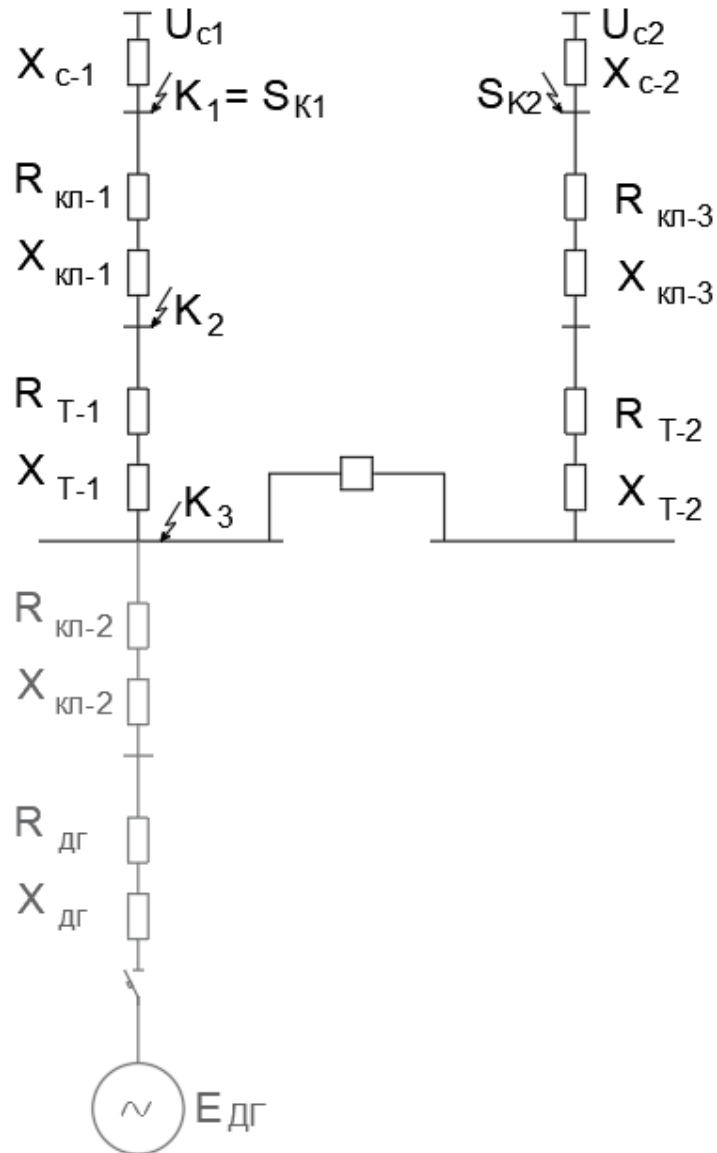


Рисунок 26 – Розрахункові точки КЗ в мережі

При розрахунку струмів КЗ не враховується гілка з дизельним генератором. Оскільки дизельний генератор вмикається при відмові двох джерел живлення.

Знаходимо опір кабельної лінії від мережі до трансформатору:

$$R_{кЛ1} = r_0 l_1 = 0,443 * 1,52 = 0,673 \text{ Ом} \quad (2.13)$$

$$X_{кЛ1} = x_0 l_1 = 0,119 * 1,52 = 0,18 \text{ Ом} \quad (2.14)$$

де $r_0 = 0,443 \text{ Ом/км}$ – активний опір кабельної лінії АПвЭВнгд-10 3х70;

$x_0 = 0,119 \text{ Ом/км}$ – реактивний опір кабельної лінії АПвЭВнгд-10 3х70;

l_1 – довжина кабельної лінії.

Розраховуємо опір систем x_{c1} та x_{c2}

Потужності КЗ від систем

$$S_{к1} = 104 \text{ МВА};$$

$$S_{к2} = 97 \text{ МВА}$$

$$x_{c1} = \frac{U_c^2}{S_{к1}} = \frac{10,5^2}{104} = 1,06 \text{ Ом} \quad (2.15)$$

$$x_{c2} = \frac{U_c^2}{S_{к2}} = \frac{10,5^2}{97} = 1,13 \text{ Ом} \quad (2.16)$$

Опір трансформаторів Т1 та Т2

Таблиця 3 - Паспортні дані трансформатора

Тип	S ном, кВТ	Напруга (ВН), кВ	Напруга (НН), кВ	Uк, %	ΔР кз, кВТ
Trihal-630 10 / 0,4	630	10	0.4	6	7.6

$$r_T = \frac{\Delta P_{кз} * U_H^2}{S_{H.T}^2} = \frac{7,6 * 10^3 * 10^4}{(630 * 10^3)^2} = 0,001914 \text{ Ом} \quad (2.17)$$

$$z_T = \frac{u_{k\%} * U_H^2}{100 * S_{H.T}} = \frac{6 * (10^4)^2}{100 * 630 \text{ 000}} = 9,523 \text{ Ом} \quad (2.18)$$

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = \sqrt{9,523^2 - 0,001914^2} = 9,522 \text{ Ом} \quad (2.19)$$

Для спрощення розрахунку знайдемо результуючий опір

$$Z_{рез2} = jX_{c2} + R_{кл-3} + jX_{кл-3} + R_{Т2} + jX_{Т2} \text{ Ом} \quad (2.20)$$

$$Z_{рез2} = j1.13 + 0.673 + j0.18 + 0.002 + j9.522 = 0.675 + j10.832$$

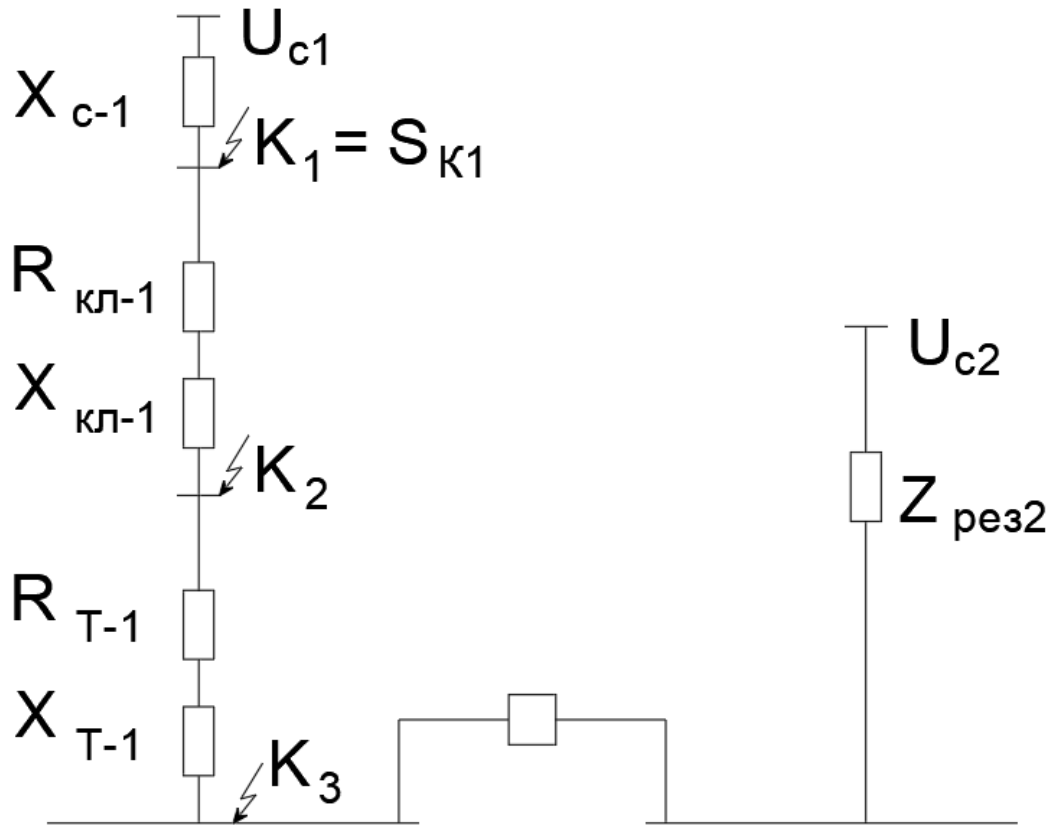


Рисунок 27 – Спрощена схема для розрахунку точок КЗ в мережі

В найгіршому випадку КЗ виникає при одночасно працюючих двох трансформаторах, тому розрахуємо струм КЗ враховуючи дану особливість

Точка К1

- струм трифазного КЗ

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot x_{c1}} + \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot (Z_{рез2} + Z_{Т1} + Z_{кл1})} \quad (2.21)$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} * j1,06} + \frac{10,5}{\sqrt{3}(0.675 + j10.832 + j9.522 + 0.673 + j0.18)} = 0.19 - j6.013 \text{ кА}$$

- струм двофазного КЗ

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} * 6,013 = 5,207 \text{ кА} \quad (2.22)$$

Точка К2

- струм трифазного КЗ

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_c}{\sqrt{3} * (jx_{c1} + Z_{кл1})} + \frac{U_c}{\sqrt{3} * (Z_{рез2} + Z_{T1})} \quad (2.23)$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3}(j1,06 + 0.673 + j0.18)} + \frac{10,5}{\sqrt{3}(0.675 + j10.832 + j9.522)} = 2,059 - j4.07 \text{ кА.}$$

- струм двофазного КЗ

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} * 4.565 = 3.953 \text{ кА} \quad (2.24)$$

- струм трифазного КЗ

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_c}{\sqrt{3} * (jx_{c1} + Z_{кл1} + Z_{T1})} + \frac{U_c}{\sqrt{3} * (Z_{рез2})} \quad (2.25)$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3}(j1,06 + 0.673 + j0.18 + j9.522)} + \frac{10,5}{\sqrt{3}(0.675 + j10.832)} = 0.07 - 1.119 \text{ кА}$$

- струм двофазного КЗ

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} * 1.121 = 0.97 \text{ кА} \quad (2.26)$$

Розрахунок струмів короткого замикання в мережах до 1000 В враховує перехідні опори контактів, котушок, автоматичних вимикачів, трансформаторів струму, рубильників та підключень кабельних ліній. Для поточнення розрахунку введемо додатковий опір для точки ($R_{\text{дод}}$).

Точка К3

Перерахуємо опри точки К3 на сторону 0,4кВ

$$Z_{рез1.04} = (jx_{c1} + Z_{кл1} + Z_{T1}) \left(\frac{U_{cp.очн}^2}{U_{cp.i}^2} \right)$$

$$Z_{рез1.04} = (j1.06 + 0.673 + j0.18 + j9.522 + 0.002) * \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2$$

$$Z_{рез1.04} = 0.979 * 10^{-3} + j0,01561 \text{ Ом}$$

$$Z_{рез2.04} = jX_{c2} + R_{кл-3} + jX_{кл-3} + R_{T2} + jX_{T2} \left(\frac{U_{cp.очн}^2}{U_{cp.i}^2} \right)$$

$$Z_{рез2.04} = (j1.13 + 0.673 + j0.18 + 0.002 + j9.522) * \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2$$

$$= 0.979 * 10^{-3} + 0.015719 \text{ Ом}$$

а) не враховуючи опору дуги

$$R_{\Sigma K3 \min} = R_{рез1.04} + R_{дод} \quad (2.27)$$

$$R_{\Sigma K3 \min} = 0,979 + 5 = 5,979 \text{ мОм}$$

б) з урахуванням опору дуги (для знаходження мінімальних струмів КЗ):

$$R'_{\Sigma K3 \max} = R_{рез1.04} + R_{д1} + R_{дод} = 0,979 + 7 + 5 = 12,979 \text{ мОм} \quad (2.28)$$

$R_{д1} = 7 \text{ мОм}$ – опір дуги у місці короткого замикання за трансформатором потужністю 630 кВА

$$R''_{\Sigma K3 \max} = 0.979 + 5 + 7 = 12.979 \text{ мОм}$$

- сумарний реактивний опір

$$X'_{\Sigma K3.1} = X_{c1} + X_{кл1} + X_{T1} = 1.538 + 0.261 + 13.818 = 15.617 \text{ мОм} \quad (2.29)$$

$$X''_{\Sigma K3.2} = X_{c2} + X_{кл3} + X_{T2} = 1.639 + 0.261 + 13.818 = 15.718 \text{ мОм} \quad (2.30)$$

- струм трифазного КЗ

$$I_{K3.max}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}\sqrt{R_{\Sigma Kрез\ min}^2 + X_{\Sigma Kрез1}^2}} + \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}\sqrt{R_{\Sigma K3\ min}^2 + X_{\Sigma Kрез2}^2}} \quad (2.31)$$

$$I_{K3.max}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3}(5,979 + j15,617)} + \frac{0,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3}(5,979 + j15,718)} = 27,54 \text{ кА}$$

$$I_{K3.min}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}\sqrt{R_{\Sigma K3\ max}^2 + X_{\Sigma K3}^2}} = \frac{0,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3}\sqrt{248^2 + 4,77^2}} \quad (2.32)$$

$$I_{K3.min}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3}(12,979 + j15,617)} + \frac{0,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3}(12,979 + j15,718)} = 22,7 \text{ кА}$$

- струм двофазного КЗ

$$I_{K3.max}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K3.max}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} * 27,54 = 23,85 \text{ кА} \quad (2.33)$$

$$I_{K3.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K3.min}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} * 22,7 = 19,65 \text{ кА} \quad (2.34)$$

Тепер виділимо розрахунок зроблений програмно

Використовуючи розділ «Струми КЗ» в програмного забезпечення Teslabim для САПР Revit, перевіряємо струми коротких замикань та отримуємо результати для заданих точок:

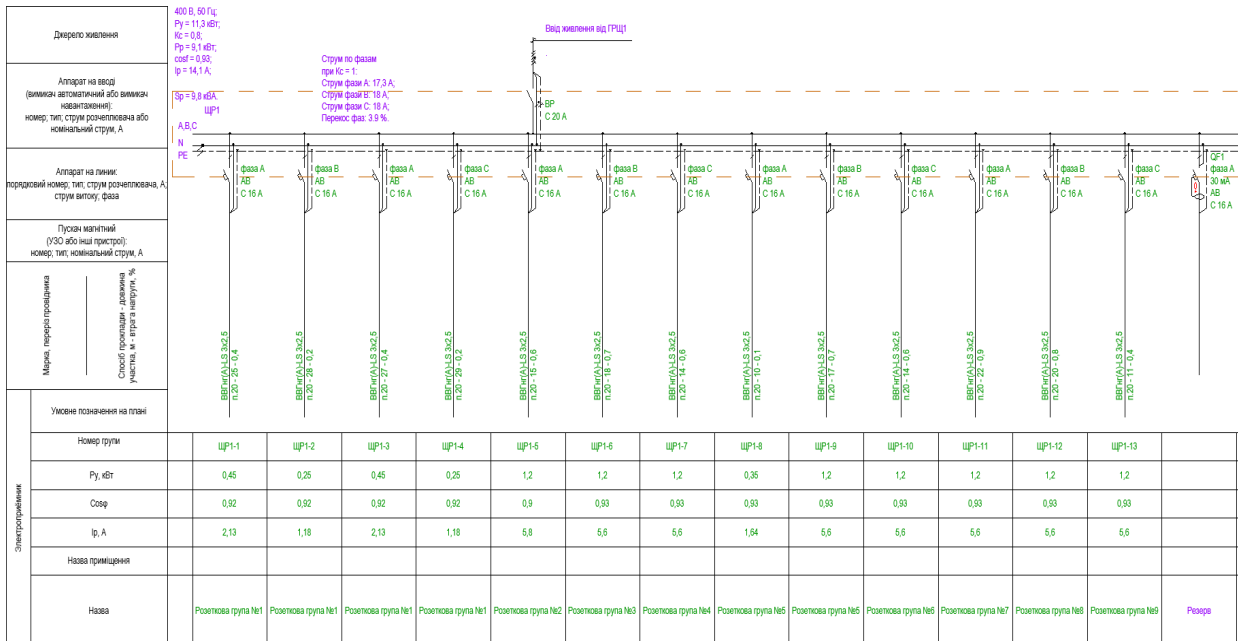


Рисунок 28 – Результати розрахунку плагіну Teslabim

2.3 Перевірка обраного обладнання

В схемі вказані точки короткого замикання з основним та найбільшим навантаженням в мережі. Але при розрахунку за допомогою програмного модуля було враховано усі можливі вітки однолінійної схеми.

Перевіряємо правильність вибору кабелів та автоматичних вимикачів.

Таблиця 4 – Перевірка обраних автоматичних вимикачів

Тип автоматичного вимикача	Schneider Compact NS	
Умови вибору	Розрахунок	Дані по каталогу
$U_{уст} \leq U_H$	380 В	400 В
$I_{рф} \leq I_H$	729 А	800 А
$I_{Kmax}^{(3)} < I_{відкл}$	23,85 кА	50 кА
Тип автоматичного вимикача	Schneider Compact NSX	
Умови вибору	Розрахунок	Дані по каталогу
$U_{уст} \leq U_H$	380 В	400 В
$I_{рф} \leq I_H$	370,7 А	400 А
$I_K^{(3)} < I_{відкл}$	18,78 кА	25 кА
Тип автоматичного вимикача	Schneider Acti9	
Умови вибору	Розрахунок	Дані по каталогу
$U_{уст} \leq U_H$	380 В	400 В
$I_{рф} \leq I_H$	17 А	20 А
$I_K^{(3)} < I_{відкл}$	3,78 кА	4,5 кА

Перевіримо апарати, шини та кабелі на термічну стійкість.

Визначимо тепловий імпульс струму короткого замикання B_k за його протікання

Визначимо тепловий імпульс на стороні 0,4 кВ за трансформатором (точка КЗ)

$$B_{k1} = I_{1п,t=0}^2 * (t_{в1} + T_a) \quad (2.35)$$

де $t_{в}$ – час відключення струму КЗ

$$t_{в1} = t_{ПВ} + t_{рз} = 0,035 + 0,3 = 0,335 \text{ с}$$

де $t_{ПВ} = 0,035$ – повний час відключення вимикача Compact NS

$t_{рз} = 0,3$ – час дії основного релейного захисту

$$B_{k1} = 23,85^2 * (0,335 + 0,01) = 196,25 \text{ кА}^2\text{с} \quad (2.36)$$

Перевіряємо обраний автоматичний вимикач на термічну стійкість

Повинна виконуватись наступна умова

$$B_{k1} < B_{вим} \quad (2.37)$$

Згідно технічної документації короткочасний струм який може витримати вимикач даного типу – 19,2 кА с

Отже

$$B_{вим} = 19,2^2 = 368,64 \text{ кА}^2\text{с} \quad (2.38)$$

$$B_{k1} < B_{вим} \rightarrow 196,25 < 368,64$$

умова виконується, приймаємо даний автоматичний вимикач

Підсумовуючи написане вище, створимо схему алгоритму за яким ми маємо можливість ефективно моделювати систему електропостачання.

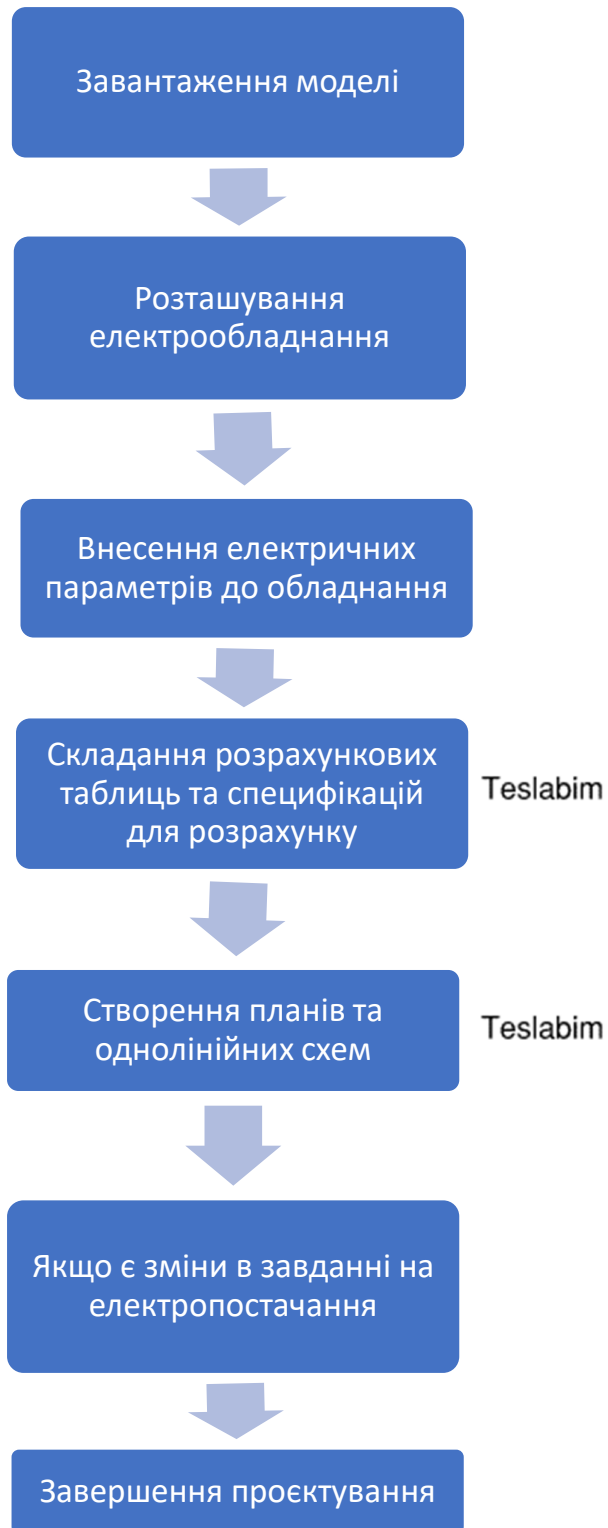


Рисунок 29 - Загальний алгоритм проектування електричної системи

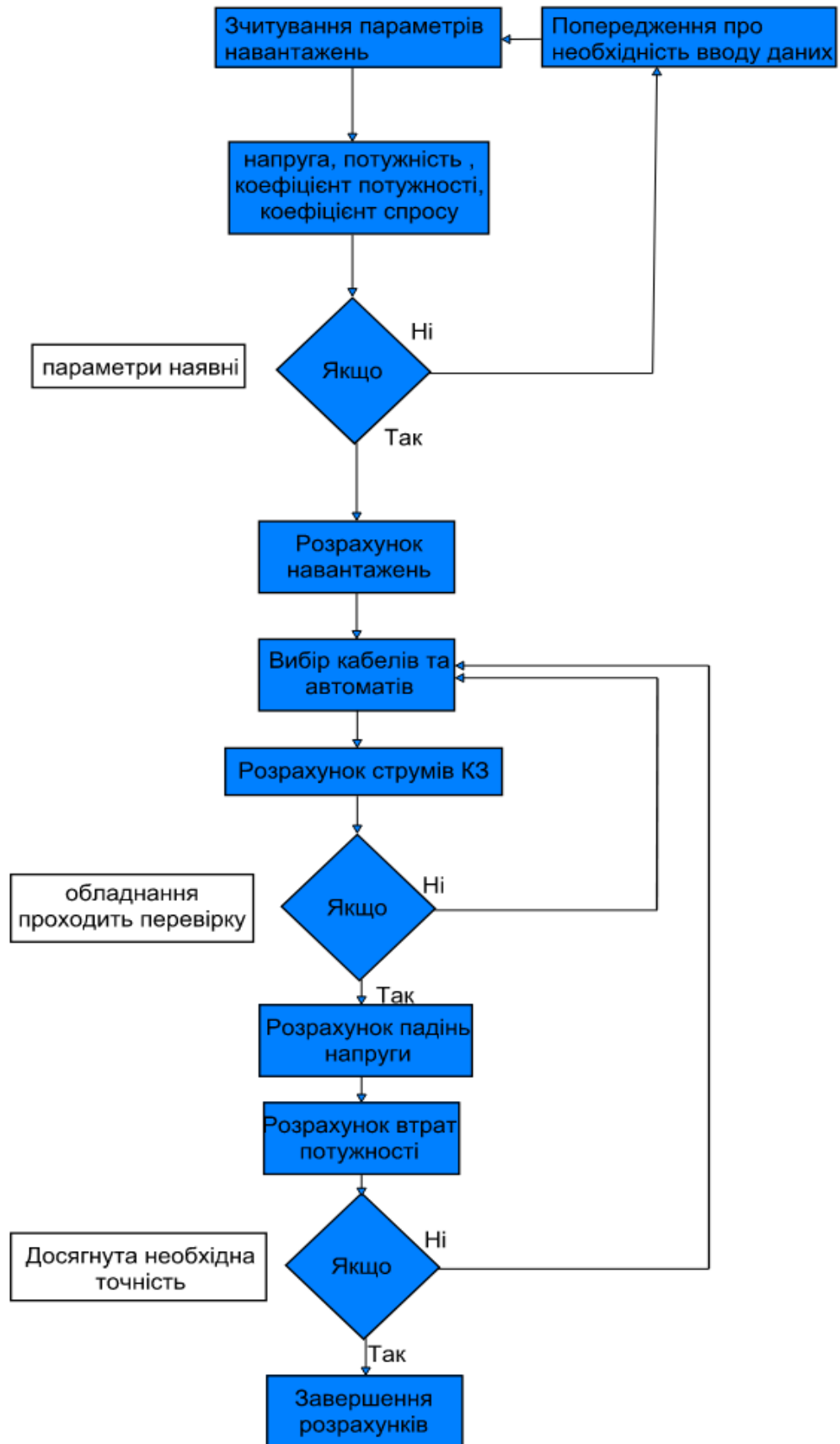


Рисунок 30 - Алгоритм розрахунку параметрів електричної системи

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Вступ

Актуальність даної роботи полягає у розробці алгоритму системи електропостачання стаціонару лікарні за допомогою засобів САПР.

За допомогою відтворення повноцінної 3-D моделі будівлі є можливість створення максимально точних специфікацій обладнання застосованого в проекті. Також це впливає на точність розрахунку електричних параметрів та дозволяє швидко розрахувати втрати електроенергії на об'єкті, на відміну від традиційного способу проектування.

Оскільки темою та результатом даної роботи є розробка алгоритму проектування електромережі лікарні, можливості провести повний економічний розрахунок немає. Тому приймається до розрахунку електромережа лікарні.

Завдання економічного розрахунку полягає у визначенні інвестиційних коштів на систему електропостачання лікарні.

3.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації. Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення можуть включати:

- витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;
- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}, \quad (3.1)$$

де $K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k – кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{\text{тзс}}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ – витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$ – витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{\text{пр}}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Таблиця 5 – Зведення капітальних витрат для проектного варіанту

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Трансформатор Schneider Trihal 630кВ 10/0.4	2	661 000	1 322 000
2	Кабель АПвЕгаПу -10 3х70	1520 м	778	1 182 560
3	Комірка Schneider SM6 DM1A 10кВ	1	230 000	230 000
4	Комірка Schneider BlokSeT 0,4кВ	1	287 000	287 000
5	Щит ЩАО 36 мод.	6	1425	8 550
6	Щит ВРУ 800/100	1	5 700	5 700
7	Щит ЩР 24 мод.	6	1240	7 440
8	Щит ЩС 12 мод.	6	1080	6 480
9	Щит ЩО 36 мод.	6	1650	9 900
10	Світильник RONDO S 450/140 WH	425	1 350	573 750
11	Світильник AOT.OPL ECO LED 600	348	1010	351 480
12	Одноклавішний вимикач Legrand Mosaic	528	112	59 136

Кінець таблиці 5

13	Двоклавішний вимикач Legrand Mosaic	280	155	43 400
14	Розетка Schneider Electric Asfora	126	78	9 828
15	Розетка двомісна Legrand Valena	480	270	129 600
16	Автоматичний вимикач 16А 1Р	12	125	1 500
17	Автоматичний вимикач 16А 3Р	27	130	3 510
18	Автоматичний вимикач 25А 3Р	15	257	3 855
19	Автоматичний вимикач 32А 3Р	14	395	5 530
20	Автоматичний вимикач 40А 3Р	8	978	7 824
21	Кабель ВВГнг-Іs 3х2.5	358 м	32	11 456
22	Кабель ВВГнг-Іs 5х2.5	202 м	58	11 716
23	Кабель ВВГнг-Іs 5х6	1804 м	129	232 716
24	Кабель ВВГнг-Іs 5х10	1452 м	217	315 084
25	Кабель ВВГнг-Іs 3х1.5	249 м	30	7 470
Всього				3 505 485

1. Транспортно-заготівельні і складські витрати для проектного варіанту

- для доставки світильників із м. Харків використовуємо оператора перевезення «Нова пошта» [11];
- для доставки вимикачів та розеток із м. Київ використовуємо оператора перевезення «Нова пошта» [11];
- доставка кабелів типу ВВГнг-Іs та АПвЄВнгд із м. Дніпро здійснюється компанією «Одескабель», за вартістю 95 грн за 1 км [12].

Вартість доставки світильників складає 19 325 грн, вартість вимикачів та розеток – 17 776 грн, доставка кабелів типу ВВГнг-Іs та АПвЕгаПу – 386 175 грн. Всього транспортно-заготівельні витрати – 423 276 грн.

2. Витрати на монтажні та налагоджувальні роботи

- вартість монтажу електропроводки

$$Z_{M(H)} = \sum(C_i * a * t_i) * K_{\partial} * K_{CM} * K_{пр} \quad (3.2)$$

де C_i – чисельність працівників і-го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.;

a – годинна тарифна ставка працівника і-го розряду, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

K_{∂} – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{CM} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Для монтажу електрообладнання приміщень необхідно мінімум 8 робочих з розрядом 4.

Закладаємо час: на 1 поверх необхідно затратити 4 робочих тижні.

$$Z_{M(H)} = (8 * 79 * 1\,120) * 1,1 * 1,2 * 1,4 = 1\,308\,089 \text{ грн}$$

Коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт приймаємо 1,4. Це пов'язано з великою кількістю робіт з інструментами для прокладання електропроводки.

3. До інших одноразових вкладень грошових коштів відносяться:

- додаткові електричні елементи та обладнання (автомати, запобіжники, витратні матеріали тощо).

- додаткові елементи кріплення кабелепроводів

Проектні капіталовкладення:

$$K_{\text{пр}}^{\text{б}} = 3\,505\,485 + 423\,276 + 1\,308\,089 + 120\,000 = 5\,356\,850 \text{ грн}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_9 + C_{\text{пр}}, \quad (3.3)$$

де C_a – амортизаційні відрахування;

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

C_c – єдиний соціальний внесок;

C_T – витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж;

C_9 – вартість електроенергії, що буде споживана об'єктом проектування або витрат електроенергії;

$C_{\text{пр}}$ – інші експлуатаційні витрати.

3.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Електричне обладнання відноситься до групи 4 – машини і обладнання з терміном мінімального використання 5 років.

$$\Phi_a = \Phi_{\text{п}} - Л, \quad (3.4)$$

де $\Phi_{\text{п}}$ – первісна вартість об'єкта основних засобів;

Л – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Очікувану ліквідаційну вартість вважаємо рівною 10 % від капітальних затрат .

$$\Phi_a = \Phi_n - Л = 5\,356\,850 - 5\,356\,850 * 0,1 = 4\,821\,165 \text{ грн} \quad (3.5)$$

Норма амортизації

$$H_a = \frac{\Phi_n - Л}{\Phi_n * T_n} * 100\% = \frac{4\,821\,165}{5\,356\,850 * 5} * 100\% = 18\%, \quad (3.6)$$

де T_n – термін корисного використання.

Річні амортизаційні відрахування

$$AO = \frac{\Phi_n * H_a}{100} = \frac{5\,356\,850 * 18}{100} = 964\,233 \text{ грн} \quad (3.7)$$

3.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

В лікарні обов'язково повинно бути декілька чергових електриків за для гарантії того що порушення системи електропостачання було ліквідовано якомога швидше. В даному проекті розрахунок річного фонду ЗП не виконується окремо для електричної частини, та буде закладений для всієї лікарні разом.

3.2.3 Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування

Розрахунок на витрати для технічного обслуговування та поточного ремонту устаткування недоцільний, так як витрати дорівнюють капіталовкладенням.

3.2.4 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії за формулою:

$$C_{\text{э}} = W_{\text{р}} * C_{\text{е}} , \text{ грн} \quad (3.8)$$

де $W_{\text{р}}$ – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт*год;

$C_{\text{е}} = 3,49$ – тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн. / кВт*год [14];

Розрахунок очікуваного середнього споживання за день

Оскільки електричне обладнання обирається з врахуванням середнього споживання, його розрахунок наведений в вище та буде рівним:

$$W_{\text{д}} = 20\,160 \text{ кВт} * \text{год}$$

$$W_{\text{р}} = 20\,160 * 30 = 604\,800 \text{ кВт} * \text{год/місяць}$$

$$C_{\text{э}} = 604\,800 * 3,49 = 2\,110\,752 \text{ грн}$$

Експлуатаційні витрати за базовим варіантом:

$$C_{\text{б}} = C_{\text{а}} + C_{\text{э}} = 964\,233 + 2\,110\,752 = 3\,074\,985 \text{ грн} \quad (3.9)$$

3.3 Визначення річної економії від впровадження науково-технологічного рішення

Оскільки в лікарні знаходиться на етапі інвестиційний проект, нові науково-технологічні рішення не впроваджуються. Економія можлива за рахунок прибутку від послуг лікування, але на даному етапі її визначення неможливе .

3.4 Висновки

Отже, в економічному розділі проаналізовані інвестиційні кошти проекту електричної частини лікарні та було встановлено, що:

- капітальні витрати становлять 5 356 850 грн;
- експлуатаційні витрати – 3 074 985 грн.

ВИСНОВКИ

Розрахунок електричної мережі 0,4кВ та 10кВ на основі попередніх розрахунків завжди дуже трудомісткий за рахунок великої кількості обладнання. Складнощів додає зміна обладнання в процесі проектування, або особливі побажання замовника стосовно певної інженерної системи.

В свою чергу процес інтелектуального моделювання коли ми додаємо обладнання в 3D простір та вписуємо кожному елементу електричні параметри значно полегшує роботу. Оскільки всі навантаження, їх кількість, коефіцієнт потужності і тощо, вже є в моделі ми маємо змогу миттєво зібрати всю необхідну інформацію та провести типовий розрахунок навантажень. Також є можливість відкоординувати різні інженерні системи між собою, що на практиці дуже складний та неефективний процес, але за допомогою спільного тривимірного простору цей процес значно полегшується.

В даній роботі показаний приклад розрахунку електросистеми використовуючи плагіни та аналітичне порівняння двох алгоритмів розрахунку. Та було виявлено що на етапі Проєкт, застосування тривимірного проектування не дає суттєвого покращення процесу проектування. Але вже на етапі Робоча документація застосування BIM технологій є доцільним оскільки на даному етапі з'являється безліч електричних споживачів низької напруги, враховувати які вручну досить складно. Та оскільки цим займаються люди – саме на цьому етапі проектування виникає безліч помилок.

Отже, 3D-моделювання дозволяє автоматизувати стандартні інженерні розрахунки.

Перелік посилань

1. Методичні вказівки до дипломного проектування та переддипломної практики для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. / Упорядн.: С.І. Випанасенко, Ю.А. Папаїка, Г.С. Олішевський - Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 23 с.
2. Перехідні процеси в системах електропостачання Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен, За ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. - Дніпропетровськ Видавництво НГА України, 2000. – 597 с.
3. Офіційний сайт компанії Autodesk [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autodesk.eu/>. - Дата доступу: 2021.
4. Офіційний сайт компанії Teslabim [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.teslabim.ru/>. - Дата доступу: 2022.
5. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
6. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23:2010.
7. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, Л.І. Несен, за ред. Г.Г. Півняка ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопр. та допов. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.
8. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.090600 “Електричні системи та мережі”. / Укл.: Буйний Р.О., Ананьєв В.М., Тисленко В.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2004-70с.

9. Керівництво з вибору, прокладки, монтажу, випробовувань та експлуатації кабелів з ізоляцією з зшитого поліетилену. / ПАТ «ЗАВОД «Південкабель». – 87с.

10. Методичні вказівки до виконання економічної частини кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва - Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 14 с.

11. Офіційний сайт "Нова пошта" [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://novaposhta.ua/>. - Дата доступу: 2022.

12. Офіційний сайт "ПАТ "Одескабель" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://odeskabel.com/ua/>. – Дата доступу: 2022.

13. Офіційний сайт "Спарт" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spart.kh.ua/elektromontazhnye-raboty/montazh-fotomoduley/>. - Дата доступу: 2022.

14. Офіційний сайт "Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг" [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/>. - Дата доступу: 2022.

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	ЕЕ.ОППм.21.09.ПЗ	Пояснювальна записка		
5					
6					
7					
8					

ДОДАТОК Б

Відгук керівника кваліфікаційної роботи

ДОДАТОК В

Відгук керівника розділу «Техніко-економічного обґрунтування»