

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра _____ Електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»
Директор інституту
_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ лютого 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Сергій БАЛЮТА
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ лютого 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніката електромеханіка»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»
на тему: «Розробка СЕП заводу гумово-технічних виробів з використанням програмного забезпечення для автоматизованого проектування»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЕЛ-2-7М

_____ Дячук Віталій Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Чорний Юрій Аркадійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Рецензент _____ Валентин ПЕТРЕНКО _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально - науковий інженерно - технічний інститут ім. акад. І. С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма: Електротехнічні системи
електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

Сергій БАЛЮТА

“20” листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

Дячук Віталій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка СЕП заводу гумово-технічних виробів з використанням програмного забезпечення для автоматизованого проектування керівник роботи Чорний Юрій Аркадійович, доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “20 листопада ” 2023 р. № 940-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 23 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи генеральний план підприємства, електричні навантаження споживачів , ПУЕ

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Технологія виготовлення гумових виробів, розрахунок електричних навантажень, побудова картограми навантажень, вибір кількості потужностей цехових підстанцій, розрахунок мережі 10 кВ, розрахунок цехової мережі 0,4 кВ, розрахунок релейного захисту, розрахунок загального освітлення цеху, програмне забезпечення AutoCAD, AutoCAD Electrical, NEPLAN

5. Перелік графічного матеріалу

Генплан заводу з картограмою навантаження, Силова схема грілок, Схема освітлення цеху грілок, Однолінійна схема електропостачання ТП2

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 20.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на магістерську роботу	20.11.2023	Виконано
2	Вступ	22.11.2023	Виконано
3	Технологія виготовлення гумових виробів	30.11.2023	Виконано
4	Розрахунок електричних навантажень підприємства	15.12.2023	Виконано
5	Побудова картограми навантажень підприємства	26.12.2023	Виконано
6	Вибір кількості і потужності цехових підстанцій	05.01.2024	Виконано
7	Розрахунок мережі 10 кВ	11.01.2024	Виконано
8	Розрахунок цехової мережі 0,4 кВ	20.01.2024	Виконано
9	Розрахунок релейного захисту	01.02.2024	Виконано
10	Розрахунок загального освітлення цеху	07.02.2024	Виконано
11	Програмне забезпечення AutoCAD, AutoCAD Electrical, NEPLAN	11.02.2024	Виконано
12	Висновки	12.02.2024	Виконано
13	Оформлення пояснювальної записки	13.02.2024	Виконано
14	Оформлення презентації до роботи	14.02.2024	Виконано
15	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	15.02.2024	Виконано

Здобувач _____
(підпис)

Віталій ДЯЧУК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Юрій ЧОРНИЙ
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дячук В.В. Розробка СЕП заводу гумово-технічних виробів з використанням програмного забезпечення для автоматизованого проектування.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Національний Університет Харчових Технологій

Київ 2024

У даній магістерській роботі було розглянуто схему електропостачання підприємства, розрахунок цехів та підприємства в цілому, розподіл навантаження цехів по цехових підстанціях і розрахунок освітлення цеху. А також в роботі було проведено глибокий аналіз програмного забезпечення AutoCAD, AutoCAD Electrical, NEPLAN.

Ключові слова: схема електропостачання, розрахунок навантаження, розрахунок струмів короткого, замикання, аналіз програмного забезпечення, освітлення цеху.

ANNOTATION

Dyachuk V.V. Development of the SEP of the factory of rubber and technical products using software for automated design.

141 "Electricity, electrical engineering and electromechanics"

National university of food technologies

Kyiv 2024

In this master's thesis, the electricity supply scheme of the enterprise, the calculation of shops and the enterprise as a whole, the distribution of the load of shops by shop substations and the calculation of shop lighting were considered. And also in the work, an in-depth analysis of AutoCAD, AutoCAD Electrical, NEPLAN software was carried out.

Keywords: power supply scheme, load calculation, calculation of short-circuit currents, short circuit, software analysis, shop lighting.

Зміст

Вступ	6
1. Технологія виготовлення гумових виробів.....	6
2. Розрахунок електричних навантажень підприємства	7
3. Побудова картограми навантажень підприємства.....	11
4. Вибір кількості і потужності цехових підстанцій	13
5. Розрахунок мережі 10 кВ	17
6. Розрахунок цехової мережі 0,4 кВ	24
7. Розрахунок релейного захисту	26
8. Розрахунок загального освітлення цеху.....	28
9. Програмне забезпечення AutoCAD, AutoCAD Electrical, NEPLAN.....	31
10. Висновки.....	57
Список використаної літератури.....	58

Вступ

У роботі розглянуто і розроблено схему електропостачання заводу гумових виробів, саму технологію виробів з гумової продукції, також опис повних розрахунків навантаження на підприємство, і розподіл навантаження по ТП, розрахунок підстанції 10 кВ і підстанції низької сторони 0,4 кВ. В цілому був проведений розрахунок релейної захисної апаратури, а також розрахунок освітлення цеху. Був проведений глибокий аналіз програмного забезпечення AutoCAD, AutoCAD Electrical, NEPLAN

1. Технологія виготовлення гумових виробів

Гумові вироби виготовляють із гумових сумішей. Гумові суміші отримують шляхом змішування каучуків з інгредієнтами.

У якості інгредієнтів використовують різні наповнювачі, пластифікатори, прискорювачі пластифікації, вулканізатори, прискорювачі вулканізації, фарбники. Конкретно – це сірка, сажа, мазут, гудрон, мастильні масла, каніфоль, смоли та інші матеріали.

Окрім каучуку у якості сировини використовують також регенерат – продукт переробки старих гумових виробів (в основному, шин) і вулканізованих відходів гумового виробництва. У пластичному стані регенерат здатний змішуватись з каучуком та інгредієнтами і знову вулканізуватись. Регенерат використовують для повної або часткової заміни каучуку при виробництві багатьох гумових виробів.

Таким чином у різних видах гуми знаходиться від 10 до 98 % каучуку. Решту складають інгредієнти, регенерати та армуючі елементи – натуральні або хімічні волокна у вигляді тканин, ниток, шнурів.

Технологія виготовлення гуми складається з чотирьох стадій:

- різання каучуку на куски і приготування інгредієнтів (подрібнення, просіювання, сортування, зважування);
- приготування гумової суміші в герметичних гумозмішувачах і на каландрах (валках);

- формування (на валках для листової гуми, або в пресформах для штучних виробів);

- вулканізація – завершальна і дуже відповідальна операція, яка може відбуватися в пресах, котлах і автоклавах при температурі $130-160^{\circ}\text{C}$ і тиску $18-20\text{ МПа}$, але може відбуватись і при тиску $3-6\text{ МПа}$. Існує також вулканізація з використанням високочастотних коливань та радіації. Якість гуми про цьому покращується, але цей спосіб занадто дорогий.

При вулканізації сірка з'єднується з молекулами каучуку, зшиваючи їх у трьохмірну структуру, яка називається гумою. Саме при вулканізації гума набуває основної якості – можливості подовжуватись.

Гумові вироби отримують з допомогою певної техніки. За допомогою каландрів отримують листову гуму; за допомогою черв'ячних пресів – труби, шланги, шнури, гумовані кабелі; за допомогою пресів та пресформ – штучні вироби: ущільнювачі, штепселі, прокладки тощо.

Існують також спеціальні машини та пристрої для виготовлення складних виробів, наприклад ізоляційних рукавиць, взуття, спецодягу тощо.

2. Розрахунок електричних навантажень

Електричні навантаження - це вихідні дані для вирішення важкого комплексу технічних та економічних питань, які виникають при проектуванні електричного постачання підприємства.

За ступенями надійності електропостачання, електроприймачі заводу відносяться до II категорії та I категорії (вентиляція 63кВт).

Споживачами електроенергії є асинхронні електродвигуни технологічного та сантехнічного обладнання, а також лампи розжарювання та люмінесцентні лампи електроосвітлення.

2.1. Опис метода розрахунку електричних навантажень

Розрахунок навантажень здійснюється для вибору та перевірки струмоведучих елементів (шин, кабелів, проводів), силових трансформаторів, а

також для розрахунку втрат, коливань та відхилень напруг, вибору релейного захисту, сигналізації та компенсуючих пристроїв.

Для визначення розрахункових навантажень підприємства використовуємо метод коефіцієнта максимуму та коефіцієнта використання.

Розрахунок навантажень ведеться за найнавантаженішу зміну, під час якої є найбільшим споживачем електричної енергії.

Для даного підприємства відомі кількість, паспортні дані та режим роботи обладнання. Тому розрахункові навантаження визначають за формулою:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = K_B \cdot K_M \cdot P_H, \text{ кВт}$$

де: P_{em} - середнє навантаження за найнавантаженішу зміну групи електроприймачів однакового режиму, кВт; P_H - сумарна встановлена потужність електроприймачів (ЕП) цієї групи, кВт; K_M - коефіцієнт максимуму навантаження; K_B - коефіцієнт використання.

За цією формулою визначаємо розрахункове активне навантаження групи ЕП. Групова встановлена потужність групи (ЕП) даного цеху визначається, як сума номінальних напруг окремих ЕП, тобто:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{H_i}$$

Середня активна та реактивна потужності за найнавантаженішу зміну для групи ЕП одного режиму роботи визначається:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H;$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM},$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - функція від характерного $\cos \varphi$ для даної групи ЕП.

Коефіцієнт максимуму K_M активної потужності визначається для різних коефіцієнтів використання за довідковими таблицями в залежності від ефективного числа ЕП або за залежностями $K_M = f(n_e)$, при $K_B=0,1-0,9$, в залежності від величини групового коефіцієнту використання та зведеного числа електроприймачів p_e .

У загальному виді ефективне число ЕП :

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_H \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_H^2};$$

Для спрощення розрахунків вводиться поняття коефіцієнту максимуму:

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}};$$

Ефективне число електроприймачів приймається рівним дійсному їх числу, якщо $m < 3$. При $m > 3$ і $K_B = 0,2$:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}},$$

де: $P_{H \max}$ - потужність найбільшого ЕП групи, якщо $n_e > n$, то слід прийняти $n_e = n$.

При $m > 3$ та $n_e < 4$ - розрахункове навантаження приймається рівним:

$$P_p = \beta \cdot P_H, \text{ кВт};$$

де (β - коефіцієнт завантаження, який дорівнює 0,9 - для електроприймачів тривалого режиму роботи електрообладнання та 0,75 - для електроприймачів повторно-короткочасного режиму роботи).

ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5% потужності всієї групи, не враховується в виразах для т.

$$n_e < 10; Q_p = 1,1Q_{\text{см}}, \text{ кВар}.$$

Після визначення електричних активних та реактивних навантажень, визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

2.2. Приклад розрахунку навантаження цеху грілок та силіконових виробів

Визначення середньої активної та реактивної потужності за найнавантаженішу зміну цеха.

Сумарна встановлена потужність електроприймачів цеху виготовлення грілок та силіконових виробів складає 738 кВт;

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H = 0,24 \cdot 738 = 177,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM} = 177,17 \cdot 0,88 = 155,91 \text{ кВар}.$$

Знаходимо значення m :

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}} = \frac{140}{2,2} = 63,64$$

Визначаємо ефективне число електричних приймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}} = \frac{2 \cdot 738}{140} = 10,63$$

Для визначення розрахункової потужності P_p , знаходимо коефіцієнт максимуму (за табличними даними)

$$K_M = f(n_e; K_B); \quad K_M = 1,300$$

Знаходимо P_p й Q_p цеху:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = 1,300 \cdot 177,17 = 230,32 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{CM} = 155,91 \text{ квар},$$

тому що $n_e > 10$.

Визначаємо повне розрахункове навантаження електроприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{230,32^2 + 155,91^2} = 280,04 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Аналогічно розраховується навантаження для інших цехів заводу і результати зводяться у таблицю № 1.

2.3. Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Виходячи з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі виробничих корпусів і складів, визначається активна потужність яка витрачається на освітлення:

$$P_{p.o} = P_{num} \cdot F,$$

де $P_{p.o}$ - розрахункове освітлювальне навантаження, кВт; F - площа приміщення, м².

Приймаємо для освітлювання виробничих приміщень:

$$P_{num} = 15 \text{ Вт/м}^2;$$

для складів:

$$P_{num} = 10 \text{ Вт/м}^2.$$

Переважає більшість освітлювальних установок підприємства це люмінесцентні лампи, які працюють з коефіцієнтом потужності $\cos \varphi = 0,8$.

Реактивна складова розрахункової потужності цехів дорівнює

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \text{tg} \varphi.$$

Результата зведені у таблиці №2.

Таблиця 2

№ п/п	Приміщення	P_{num} Вт/м ²	F, м ²	P_{po} , кВт	$\frac{\cos \varphi}{\text{tg} \varphi}$	Q_{po} , кВар	S_{po} , кВА
1	Цех термопластавтоматів	15	552	8,28	0,8/0,75	6,21	10,35
2	Цех гумово-технічних виробів	15	1620	24,3	0,8/0,75	18,22	30,372
3	Цех підготовки	15	1026	15,39	0,8/0,75	11,54	19,236
4	Котельня	20	292	5,84	0,8/0,75	4,38	7,3
5	Насосна станція зворотної води	10	20	0,2	0,8/0,75	0,15	0,25
6	Градирня	10	24	0,24	0,8/0,75	0,18	0,3
7	Цех грілок та силіконових виробів	15	2034	30,51	0,8/0,75	22,88	38,136
8	АПК	20	370	7,4	0,8/0,75	5,55	9,25
9	Склади готової продукції	10	747	7,47	0,8/0,75	5,6	9,336
10	РМЦ та цех виготовлення пресформ	15	1296	19,44	0,8/0,75	14,58	24,3
	Усього			119,07		89,29	148,83

Повна розрахункова потужність освітлювального навантаження підприємства

$$S_{po} = \sqrt{\sum P_{po}^2 + \sum Q_{po}^2} = \sqrt{119,07^2 + 89,29^2} = 148,83 \text{ кВА}$$

3. Побудова картограми навантажень підприємства

Картограма навантажень будується для генплану заводу, який зображено на листі 1. Картограма навантажень підприємства являє собою розміщені по генплану круги, причому площі, обмежені цими окружностями, в масштабі $m \cdot \pi \cdot r^2$ дорівнює навантаженню цехів підприємства. Для кожного цеху будується свій круг, центр якого співпадає з центром електричних навантажень цеху. Для спрощення побудови картограми вважають, що навантаження цеху рівномірно розподілене по його площі.

ГПП, а також цехові підстанції необхідно намагатися розташувати як можна ближче до центрів навантажень, оскільки це дозволяє наблизити вищу напругу до центра споживання електричної енергії і значно скоротити протяжність як мереж високої, так і низької напруги, а також зменшити витрати провідникового матеріалу і зменшити втрати електроенергії в розподільних мережах.

Картограма навантажень дозволяє також безпосередньо представити розподілення електричних навантажень по території підприємства.

Картограму навантажень будемо будувати лише для активної потужності за таким алгоритмом:

1) будується базовий круг для найбільш завантаженого цеху таким чином щоб коло, утворене кругом, не торкалося меж інших цехів. В нашому випадку таким цехом є цех підготовки. Оскільки цехів із споживачами високої напруги небагато, то їх на першому етапі доцільно не враховувати. Такий крок покращить зовнішній вигляд картограми.

2) знаходиться радіус базового круга. В нашому випадку радіус круга дорівнює 20 мм.

3) відповідно до радіуса базового круга обчислюється масштабом площі кругів. В нашому випадку масштаб дорівнює

$$m = P_{po} / (\pi \cdot r^2);$$
$$m = 429,73 / (3,14 \cdot 32^2) = 34.$$

4) відповідно до отриманого масштабу площ кругів розраховуємо для інших цехів відповідні радіуси кругів. Для прикладу визначаємо радіус круга для цеху грілок та силіконових виробів

$$r = \sqrt{\frac{P_m}{\pi \cdot m}};$$
$$r = \sqrt{\frac{260,83}{3,14 \cdot 0,34}} = 15,63 \text{ мм}$$

5) визначимо кут навантаження освітлювальних установок цеху грілок та силіконових виробів.

$$\alpha_{осв} = \frac{P_{po}}{P_{pc}} \cdot 360;$$
$$\alpha_{осв} = \frac{30,51}{260,83} \cdot 360 = 42^{\circ}.$$

б) визначимо кут навантаження споживачів високої напруги для тих цехів, де вони є за формулою

$$\alpha_{BH} = \frac{P_{p.BH}}{P_p} \cdot 360.$$

Для інших цехів виконуючи лише етапи пунктів 4, 5 та 6 (де це потрібно) даного алгоритму визначаємо радіуси кругів та кутів навантаження освітлювальних установок. Результати по визначенню характеристик картограми навантаження наведені в табл. 3.

Центр електричних навантажень підприємства символізує центр споживання електроенергії. За допомогою центра електричних навантажень є змога розміщувати підстанцію на території підприємства без важких розрахунків.

Результати по визначенню характеристик картограми навантаження наведені в табл. 3. та листі №1 графічної частини.

Таблиця 3.

№	Назва цеху	x_i , мм	y_i , мм	P_p , кВт	P_{p0} , Вт	P_{BH} , кВ	P_{pc} , кВт	r , мм	$\alpha_{ocв}$	α_{BH}
1	Цех термопластавтоматів	10	87	84,43	8,28	-	92,71	9,3	32,2	-
2	Цех гумово-технічних виробів	281	334	383,78	24,3	-	408,08	19,6	21,4	-
3	Цех підготовки	405	371	580,07	15,39	50 4	595,46	23,6	9,3	165
4	Котельня	507	421	15,12	5,84	-	20,96	4,4	100,3	-
5	Насосна станція зворотної води	514	356	64,40	0,2	-	64,6	7,8	1,1	-
6	Градирня	503	345	50,40	0,24	-	50,64	6,9	1,7	-
7	Цех грілок та силіконових виробів	178	311	230,32	30,51	-	260,83	15,6	42,1	-
8	АПК	55	173	70,51	7,4	-	77,91	8,5	34,2	-
9	Склади готової продукції	260	54	6,72	7,47	-	14,19	3,6	189,5	-
10	РМЦ та цех виготовлення пресформ	288	156	178,89	19,44	-	198,33	13,6	35,3	-
	Центр	301	303	-	-	-	1783,17	-	-	-

На основі вимірних координат центрів електричних навантажень визначимо центр електричних навантажень всього підприємства за формулами:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i}.$$

де x_i y_i - координати відповідного центра навантажень для i - того цеха. Для нашого випадку:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i} = 280 \text{ мм}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i} = 294 \text{ мм}.$$

4. Вибір кількості і потужності цехових підстанцій

Вибір та розташування цехових підстанцій

Число та потужність цехових трансформаторів вибирають виходячи з одержаних даних про повну розрахункову потужність цеху та категорії споживачів. В нашому випадку, при виборі марки трансформатора, керуємось насамперед наявними в експлуатації трансформаторами марки ТМ -1000, оскільки завод, що проектується, фактично являється перенесенням існуючого виробництва, що раніше належало ВАТ «Київгума». Враховуючи дану особливість, для електропостачання передбачаємо 3 ТП (2x1000кВА кожна). Для живлення високовольтних двигунів передбачаємо однострансформаторну підстанцію з трансформатором ТМ-1000/10/6. Розміщення ТП показано на генплані підприємства (лист №1). Розподіл навантажень цехів на ТП наведено в табл. 4. ТП №1 передбачаємо прибудованою до ремонтно-механічного цеху. Від цієї ТП отримуватимуть живлення ремонтно-механічний цех, цех виготовлення пресформ, АПК, склади готової продукції. ТП №2 передбачаємо вбудованою в цех грілок і силіконових виробів. Вона забезпечить живленням цех грілок та силіконових виробів, цех термопластавтоматів, цех гумово-технічних виробів. ТП №3 передбачаємо прибудованою до підготовчого цеху, максимум наближаючи до найбільш енергоємного цеху заводу - підготовчого, крім того, від цієї ТП одержуватимуть живлення цех виготовлення клейонки та бинтів Мартенса, котельня, градирня та насосна станція зворотної води. ТП №4 передбачаємо також прибудованою до підготовчого цеху поблизу електродвигунів 6 кВ.

Таблиця 4

№ТП	Назва цеху	S_p , кВА	$S_{p.осв}$, кВА	$S_p \Sigma$, кВ А	$S_p \Sigma / 1,4$, кВА	$S_{тр.ном}$, кВА
ТП 1	РМЦ та цех виготовлення пресформ	213,87	24,3	352,03	250,45	2x250
	АПК	84,63	9,25			
	Склади готової продукції	10,68	9,3			
ТП 2	Цех термопластавтоматів	103,81	10,35	939,42	671,01	2x1000
	Цех грілок та силіконових виробів	278,05	38,14			
	Цех гумово-технічних виробів	478,7	30,37			
ТПЗ	Цех підготовки	685,57	19,24	868,88	620,63	2x630
	Котельня	16,9	7,3			
	Градирня	59,43	0,3			
	Насосна станція зворотної води	79,89	0,25			
ТП 4	Цех підготовки 2хАД 315	504				1x630

4.2 Вибір місця розташування та схеми РП 10 кВ

Згідно з картограмою навантажень з метою максимального наближення РП до центру електричних навантажень - передбачаємо спорудження РП 10 кВ згідно генплану підприємства.

На напрузі 10 кВ проймаємо одинарну секціоновану на дві секції двома роз'єднувачами система збірних шин. РП-10 кВ передбачаємо укомплектувати комірками КВ2001М .

Комірки КВ 2001 передбачають установку вакуумних вимикачів і призначені для комплектування розподільчих пристроїв в складі трансформаторних підстанцій та інших розподільних пунктів (РП) загальнопромислового призначення напругою 10 кВ, змінного струму частотою

50 Гц, для систем з ізольованою нейтраллю. Вид управління: місцевий, дистанційний, телеуправління. При двохраній установці комірки комплектуються шинними мостами з роз'єднувачами або без них. Приводи роз'єднувачів шинних мостів встановлюються на торцевих панелях.

Зовнішній вигляд комірок КВ 2001 наведено на рис.1 і габаритні розміри на рис. 2.



Рис.1. Зовнішній вигляд комірок КВ 2001

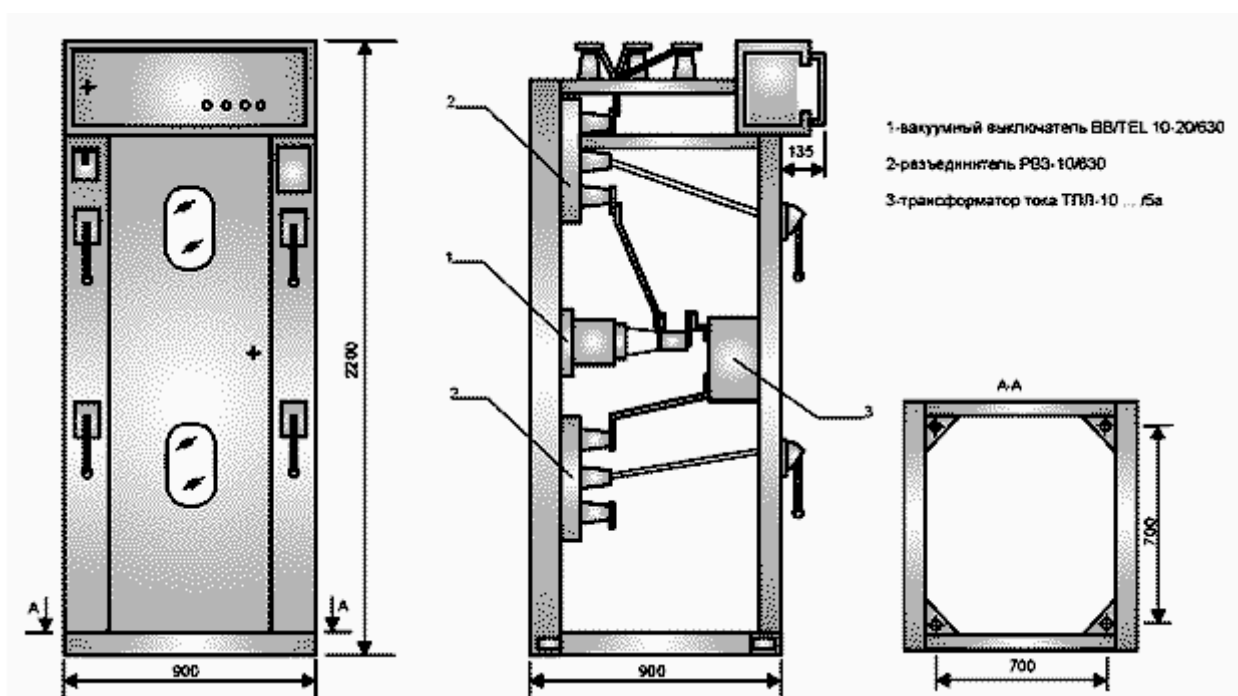


Рис. 2. Габаритні розміри камер КВ-2001

4.3 Проектування цехової ТП

Розподільче обладнання 0,4 кВ приймаємо двосекційним з одинарною системою збірних шин. Все обладнання РП виконано панелями розподільчих щитів серії ЩО 90УЗ, степені захисту IP 20 (зі сторони дна IP 00). Панелі встановлено в два ряди з відстанню між фасадами 1500 мм.

До встановлення в РП 0.4 кВ приймаємо 7 розподільчих панелей типу ЩО 90 – 24 13 УЗ на 4 відхідних ліній, дві ввідні панелі типу ЩО 90-2115УЗ на 1600А та одну секційну типу ЩО 90-2309. Принципова схема ТП №3 наведена на листі _ графічної частини. На рис _ показаний зовнішній вигляд панелей ЩО 90 (I секція шин РП 0,4 кВ).

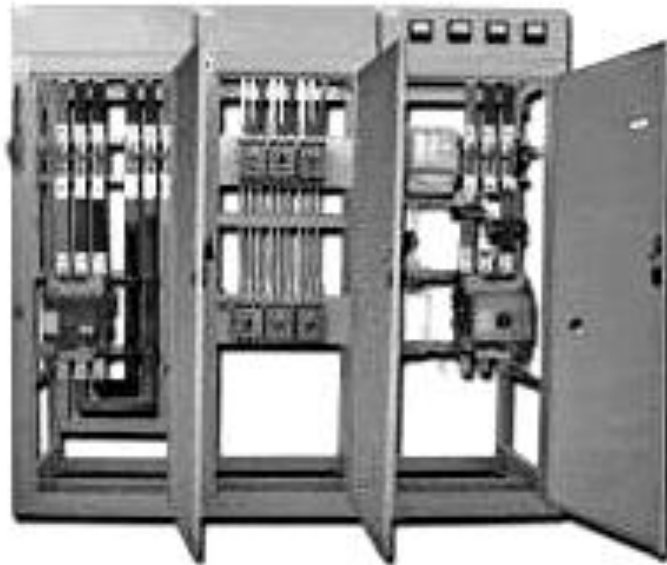


Рис. 3. Зовнішній вигляд панелей ЩО 90

5. Розрахунок мережі 10 кВ,

5.1. Розрахунок КЛ 10кВ.

Для нормальної передачі електроенергії необхідно правильно вибрати переріз кабелів. Кабельні лінії повинні забезпечувати постачання приймачів електроенергією, забезпечувати необхідну пропускну здатність, мати температуру в допустимих границях.

Визначимо переріз кабелю живлення заводу.

Розрахункова повна потужність заводу становить:

$$S_p = 2577,89 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_{\text{норм.}} = \frac{S_{p.\text{црп}}}{\sqrt{3} \cdot n_{\text{пл}} \cdot U_{\text{ср.ном}}} = \frac{2577,89}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10,5} = 70,87 \text{ А;}$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot I_{\text{норм.}} = 2 \cdot 70,87 = 141,75 \text{ А.}$$

За табл. 10.1 [2] знаходимо економічну густину струму при $T_{\text{макс}} = 4500$ год для кабельної лінії $j_{\text{ек}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$. Розрахункова площа поперечного перерізу провода:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм.}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{141,75}{1,4} = 101,25 \text{ мм}^2$$

Розрахунки показують що для живлення заводу достатньо кабелю з перерізом жил 150 мм:

АСБ-10 3х150.

Визначимо переріз кабеля в приєднанні трансформатора 1000 кВА. Визначаємо струми нормального та максимального режимів:

$$I_{\text{норм.}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,735 \text{ А;}$$

$$I_{\text{макс.}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80,829 \text{ А;}$$

За табл. 10.1 [2] визначаємо економічну густину струму при $T_{\text{макс}} = 4500$ годин для кабельної лінії $j_{\text{ек}}^{\text{КЛ}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$.

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{ек} = \frac{I_{норм.}}{j_{ек}} = \frac{80,829}{1,4} = 57,735 \text{ мм}^2$$

За табл. 7.10 [2] вибираємо кабель типу ААБ2л- 10-3х70, прокладений в землі.

Перевіряємо КЛ за умовами нагріву:

$$S_{ст} = 70 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 57,7 \text{ мм}^2,$$

$$I_{дон} \cdot k_n \geq I_{мак},$$

$$165 \cdot 0,9 = 148,5 \text{ А} > 80,8 \text{ А},$$

де $k_n = 0,9$ - поправочний коефіцієнт (табл. 7.17 [2]).

Визначимо переріз кабеля в приєднанні трансформатора 630 кВА.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів:

$$I_{норм.} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,37 \text{ А};$$

$$I_{макс.} = \frac{1,4 \cdot S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,92 \text{ А};$$

За табл. 10.1 [2] визначаємо економічну густину струму при $T_{мак} = 4500$ годин для кабельної лінії $j_{ек}^{КЛ} = 1,4 \text{ А/мм}^2$.

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{ек} = \frac{I_{норм.}}{j_{ек}} = \frac{36,37}{1,4} = 25,97 \text{ мм}^2$$

За табл. 7.10 [2] вибираємо кабель типу ААБ2л- 10-3х50, прокладений в землі.

Перевіряємо КЛ за умовами нагріву:

$$S_{ст} = 50 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 25,97 \text{ мм}^2,$$

$$I_{дон} \cdot k_n \geq I_{мак},$$

$$135 \cdot 0,9 = 121,5 \text{ А} > 50,92 \text{ А},$$

де $k_n = 0,9$ - поправочний коефіцієнт (табл. 7.17 [2]).

Визначимо переріз кабеля в приєднанні трансформатора 250 кВА.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів:

$$I_{норм.} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,43 \text{ A};$$

$$I_{макс..} = \frac{1,4 \cdot S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,4 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 20,21 \text{ A};$$

За табл. 10.1 [2] визначаємо економічну густину струму при $T_{max} = 4500$ годин для кабельної лінії $j_{ек}^{КЛ} = 1,4 \text{ A/мм}^2$.

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{ек} = \frac{I_{норм.}}{j_{ек}} = \frac{14,43}{1,4} = 10,31 \text{ мм}^2$$

За табл. 7.10 [2] вибираємо кабель типу ААБ2Л- 10-3х16, прокладений в землі.

Перевіряємо КЛ за умовами нагріву:

$$S_{ст} = 16 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 10,31 \text{ мм}^2,$$

$$I_{дон} \cdot k_n \geq I_{макс},$$

$$75 \cdot 0,9 = 67,5 \text{ A} > 20,21 \text{ A},$$

де $k_n = 0,9$ - поправочний коефіцієнт (табл. 7.17 [2]).

Визначимо переріз кабелю в приєднанні високовольтних двигунів АД 315 кВт. Номінальний струм АД становить:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{315}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,9 \cdot 0,924} = 36,449 \text{ A}.$$

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{ек} = \frac{I_{норм.}}{j_{ек}} = \frac{36,449}{1,4} = 26,035 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ

$$S_{ст} > S_{ек},$$

$$S_{ст} = 70 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 26,035 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель типу ААБ2Л-6-3х35, прокладка в повітрі.

5.2. Розрахунок та вибір комутаційної апаратури

Згідно з ПУЕ апарати захисту за своєю вимираючою здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки, що захищається, електричної мережі.

Допускається установка апаратів захисту, нестійких до максимальних значень струму короткого замикання, якщо найближчий апарат, розташований у напрямі до джерела живлення, забезпечує миттєве вимкнення струму короткого замикання.

Високовольтні комутаційні апарати вибирають за номінальними параметрами і перевіряють на комутаційну здатність, на динамічну та термічну стійкість до струмів аварійного режиму - режиму короткого замикання.

Методика вибору однакова хтя всіх комутаційних апаратів, проте найбільш повно її можна розглянути на прикладі вибору високовольтних вимикачів.

Відповідно до ГОСТ 687-78 високовольтні вимикачі вибирають за такими умовами:

1. $U_{ном} > U_{ном.мережі}$;
2. $I_{ном} > I_{макс}$;
3. $I_{н..р.} \geq I_{П\tau_p}$;
4. $\sqrt{2} \cdot I_{н..р.} \cdot \left(1 + \frac{\beta_H}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{П\tau_p} + i_{a\tau_p}$;
5. $i_{дин} \geq i_{уд}$;
6. $i_{дин} \geq i_{но}$;
7. $I_{\tau}^2 \tau \geq B_{\kappa}$.

У лівій частині рівнянь указані параметри вимикачів, що наведені в довідниках, у правій - дані мережі та розрахункові дані по струмах максимального режиму та режиму короткого замикання.

Умови 1,2 відповідають вибору високовольтного вимикача за номінальними параметрами, які порівнюються з номінальною напругою мережі й робочим струмом необмежено довго за часом максимального режиму.

Розрахунок параметрів мережі до вибору вимикача.

Згідно ТУ розрахункові дані СКЗ на шинах 10 кВ підстанції 110/10 кВ «ДБК» $i_{\text{дин}} = 7,114 \text{ кА}$. Ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{но}}$$

де K_y - ударний коефіцієнт на стороні ВН: $K_y = 1.369$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1.369 \cdot 7,114 = 13,77 \text{ кА.}$$

Стала часу затухання аперіодичної складової струму КЗ:

$$T_a = \frac{-0,01}{\ln(K_y - 1)} = \frac{-0,01}{\ln(1,369 - 1)} = 0,01 \text{ с}$$

Час на початку відключення КЗ:

$$\tau_{\text{ПВ}} = \tau_{\text{рз}} + \tau_{\text{ВВ}} = 0.01 + 0.015 = 0.025 \text{ с}$$

де $\tau_{\text{рз}}$ - час дії релейного захисту;

$\tau_{\text{ВВ}}$ - власний час відключення вакуумного вимикача.

Аперіодична складова струму КЗ:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{\text{но}} \cdot e^{\frac{-\tau_{\text{ПВ}}}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 7,114 \cdot e^{\frac{-0,025}{0,025}} = 0,83 \text{ А}$$

Для визначення теплового імпульсу від струмів КЗ перераховуємо $\tau_{\text{ПВ}}$.

Вважаємо, що: $\tau_{\text{рз}} = \tau_{\text{р.рз}} = 1,0 \text{ с}$ - час спрацювання релейного захисту.

Періодична складова теплового імпульсу:

$$B_n = I_{\text{ПО}}^2 \cdot \tau_{\text{ПВ}} = 7,114^2 \cdot 1,015 = 51,37 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Аперіодична складова теплового імпульсу:

$$B_A = I_{\text{ПО}}^2 \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{\frac{12 \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{T_a}} \right) = 7,114^2 \cdot 0,01 \cdot \left(1 - e^{\frac{-21,015}{0,01}} \right) = 0,51 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Сумарний тепловий імпульс:

$$B_K = B_{\text{П}} + B_A = 51,37 + 0,51 = 51,88 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Вибір вимикача в приєднанні живлячих ліній:

№	Параметри вимикачів	Умова вибору	Розрахункові дані	Одиниці
1	$U_{ном} = 12$	\geq	$U_{ном} = 10,5$	кВ
2	$I_{ном} = 630$	\geq	$I_{м} = 208,22$	А
3	$I_{ном.відкл} = 12,5$	\geq	$I_{по} = 7,114$	кА
4	$1,41 \cdot I_{ном.відкл} \cdot (1 + \beta_n / 100) = 31,7$	\geq	$1,41 \cdot I_{по} + i_a = 10,5$	кА
5	$i_{дин} = 32$	\geq	$i_y = 13,77$	кА
6	$i_{дин} = 32$	\geq	$I_{по} = 7,114$	кА
7	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 468,75$	\geq	$B_K = 51,88$	кА ² -с

Оскільки вакуумні вимикачі випускають на найменший номінальний струм 630 А то приймаємо до установлення даний тип як в приєднанні живлячих ліній так і в приєднанні трансформаторів 1000 кВА та АД 315 кВт, де максимальний струм 80,8 та 36,4 А відповідно.

Вакуумний вимикач ВВ/TEL -12,5/630 має наступні електричні параметрами (табл.. 6):

Таблиця 6

Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм ($I_{ном}$), А	630
Номинальний струм відключення ($I_{о ном}$), кА	12,5
Наскрізний струм короткого замикання: + найбільший пік, кА, не більше + початкове діюче значення періодичної складової	32 12,5
Нормований процентний вміст аперіодичної складової, %	40
Середньоквадратичне значення струму за час його протікання (струм термічної стійкості). кА	12,5
Час протікання струму термічної стійкості, с	3
Власний час відключення вимикача 1. с, не більше	0,015
Повний час відключення, с, не більше	0,025
Власний час включення, с, не більше	0,055
Номинальна напруга живлення котушок електромагнітів (постійне), В	220
Номинальні параметри оперативної напруги живлення + змінне, В + постійне, В + діапазон, %	100, 110, 220 24; 48; 110; 220 85-100
Ресурс по комутаційній стійкості: + при номинальному струмі $I_{ном}$, операцій «В» + при струмах короткого замикання $I=(60+100)\%$ від ($I_{о.ном}$), операцій «В»	50 000 100
Механічний ресурс, циклів «В»	50 000
Електричний опір головного ланцюга полюса, мком, не більше, при номинальному струмі 630 А	60

. Розрахунок цехової мережі 0.4 кВ

6.1. Вибір силових кабелів 0.4 кВ

Переріз провідників у цехових мережах визначають, виходячи з двох умов:

1. за умовою нагріву розрахунковим струмом:

$$I_{\text{ПР}} \geq \frac{I_{\text{розр}}}{k_{\text{прок}}};$$

2. за умовою відповідності максимального струмового захисту апаратові:

$$I_{\text{ПР}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прок}}};$$

де $k_{\text{прок}}$ - коефіцієнт прокладки; k_3 - кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту; I_3 - струм апарата захисту (для запобіжника $I_3 = I_{\text{вст}}$, для автоматичного вимикача $I_3 = I_{\text{ном.р}}$).

Переріз провідника вибираємо за табл. 3.12-3.35 [2], виходячи з більшого значення $I_{\text{ПР}}$.

Визначаємо переріз кабелю від ТП №3 до ВРП 4:

$$I_{\text{розр.ном}} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}}};$$

$$I_{\text{розр.ном}} = \frac{94,08}{\sqrt{3} \cdot 0,75 \cdot 0,38} = 190,6 \text{ A}$$

Переріз кабелю визначаємо за максимальним розрахунковим струмом.

Приймаємо кабель марки ВВГ-3х70+1х50, у якого

$$270 \text{ A} \geq \frac{1,25 \cdot 400}{1,15} = 207 \text{ A}$$

Значення допустимих струмів приймаємо з ПУЕ табл. 1.3.7

Аналогічно визначаємо інші кабелю. Результати розрахунку зводимо на листі 5 графічної частини.

6.2. Вибір апаратів захисту

Згідно з ПУЕ як апарати захисту мереж застосовуються автоматичні вимикачі або запобіжники.

Апарати захисту слід установлювати в місцях мережі, де переріз провідника зменшується, а також у місцях приєднання провідників, що захищаються, до живильної лінії.

Запобіжники мають встановлюватися на всіх незаземлених полюсах або фазах. Установлення запобіжників у нульових робочих провідниках заборонено. При захисті мереж з глухозаземленою нейтраллю розчеплювачі автоматичних вимикачів мають установлюватися в усіх незаземлених провідниках.

Апарати захисту за своєю вимикаючою здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки, що захищається, електричної мережі.

Номінальні струми плавких вставок і струми розчеплювачів автоматичних вимикачів слід обирати за розрахунковими струмами ділянок мережі, чи за номінальними струмами електроприймачів. Причому апарати захисту не повинні вимикати електроустановки при короткочасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми тощо).

Умови вибору автоматичних вимикачів:

За номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.мережі}} ;$$

де $U_{\text{ном.мережі}}$ - номінальна напруга мережі, в якій застосовується вимикач.

• За номінальним струмом розчеплювача:

$$I_{\text{ном.розч}} \geq I_{\text{розч}}$$

де $I_{\text{розч}}$ - розрахунковий струм ділянки мережі, що захищається.

• За номінальним струмом автоматичного вимикача:

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.розч}}$$

• За умовою спрацювання при короткочасних перевантаженнях:

$$I_{\text{спр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{нік}}$$

- За умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні:

$$I_K^1 \geq 3 \cdot I_{cnp}$$

Якщо автоматичний вимикач має тільки електромагнітний розчеплювач, то

$$I_K^1 \geq 1,1 \cdot I_{cnp}$$

Перевірку за умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні здійснимо наступним чином. Визначимо струм I_K для найбільш віддаленого споживача, який живиться проводом не значного перерізу ($1,5 \text{ мм}^2$). Цей струм буде мінімальним із всіх струмів I_K , тому якщо захист спрацює на його значення то отже спрацює і на більші струми.

Вибираємо автоматичні вимикачі виробництва АЕ та ВА.

7. Розрахунок релейного захисту

В електричних мережах для захисту ліній трансформаторів, двигунів, перетворювальних агрегатів та інших елементів мережі застосовують релейний захист, який є основним видом електричної автоматики.

Апарати релейного захисту (реле, контактори та ін.) забезпечують відключення ушкодженої частини електричної установки від мережі. Якщо ушкодження не представляє для установки безпосередньої небезпеки, то релейний захист приводить у дію сигнальний пристрій.

Для забезпечення надійної роботи релейний захист повинен:

мати ефективність (виборність) дії, тобто відключати тільки ушкоджену ділянку електричної мережі;

мати достатню швидкодію, тобто відключати ушкоджену ділянку електричної мережі за найменш можливий час;

мати достатньо високу чутливість до всіх видів ушкоджень; мати надійність дії, тобто правильно та безвідмовно працювати при всіх ушкодженнях та ненормальних режимах роботи елементів системи електропостачання.

Для захисту кабельних ліній 10 кВ від багатозазних КЗ застосовується двоступінчастий струмовий захист на змінному оперативному струмі.

В вимірювальних органах захисту використані реле струму КА1 типу РС80-М2-8 та КА2 типу РТ-40/6.

Первинний струм спрацювання максимального струмового захисту вибирається з умов відстрочки від найбільшого струму навантаження

$$I_{c3} \geq \frac{K_{omc} \cdot K_{c3}}{K_{\phi}} \cdot I_{ном.макс} = \frac{1,15 \cdot 1}{0,85} \cdot 80,83 = 109,358 \text{ A}$$

де $K_{omc} = 1,15$ - коефіцієнт відстрочки; $K_{c3} = 1$ - коефіцієнт само запуску, що враховує можливість збільшення струму в лінії, що захищається, внаслідок само запуску електродвигунів при відновленні напруги після відключення короткого замикання; $K_{\phi} = 0,85$ - коефіцієнт повернення струмового реле; $I_{ном.макс}$ –

найбільший струм навантаження лінії, що захищається, з урахуванням перевантажувальної здібності трансформаторів.

Струм спрацювання реле визначається із виразу:

$$I_{cp} = \frac{K_{cx}}{K_I} \cdot I_{c3} = \frac{1}{20} \cdot 109,358 = 5,468 \text{ A}$$

де K_I - коефіцієнт трансформації трансформатора струму; K_{cx} - коефіцієнт схеми, що залежить від способу з'єднання трансформаторів струму (1 - при включенні реле в повну та неповну зірку; $\sqrt{3}$ - при включенні реле на різність струмів двох фаз).

Коефіцієнт чутливості вибраного захисту:

$$K_{\phi} = \frac{I_{K \min}}{I_{c3}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_K^{(3)}}{I_{c3} \cdot K_T} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7,114}{109,358 \cdot 25} = 2,253 \text{ A}$$

де $I_{K \min}$ - мінімальний струм КЗ в кінці ділянки, що захищається ; K_T - коефіцієнт трансформації силового трансформатора.

Чутливість захисту вважається достатньою, якщо при КЗ в кінці ділянки, що захищається $K_{\phi} \geq 1,5$.

Вибірковість захисту забезпечується вибором витримки часу за умовою:

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

де t_2 - витримка часу захисту, розміщеного ближче до джерела живлення у порівнянні з захистом, що має меншу витримку часу t_1 ;

Δt - ступінь вибіркості.

Первинний струм спрацювання струмової відсічки визначається з умови надійного не спрацювання її при КЗ на стороні нижчої напруги трансформатора за виразом:

$$K_{\text{ч}} = \frac{K_{\text{омс}} \cdot I_K^{(3)}}{K_T} = \frac{1,4 \cdot 3672}{25} = 205,632 \text{ A}$$

Струм спрацювання реле струмової відсічки:

$$I_{\text{спсв}} = \frac{K_{\text{сх}}}{K_I} \cdot I_{\text{сз}} = \frac{1}{20} \cdot 205,632 = 10,282 \text{ A}$$

Коефіцієнт чутливості

$$K_{\text{ч}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_K^{(3)}}{I_{\text{спсв}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3672}{205,632} = 15,464$$

де $I_K^{(3)}$ - струм трифазного КЗ в кінці кабельної лінії.

Оскільки $K_{\text{ч}} = 15,465 > 1,5$, то чутливість захисту вважається достатньою.

8. Розрахунок загального освітлення цеху грілок та силіконових виробів

Загальні положення

При розрахунку і проектуванні загального освітлення цехів заводу керуємось основним регламентним документом а саме: «Посібник по розрахунку і проектуванні природного, штучного та комбінованого освітлення (до СНиП П-4-79)» від 20.11.1984р. Даний посібник містить основні методичні положення по вибору (визначенні) нормованих значень природного, штучного та комбінованого освітлення, методи їх розрахунку при проектуванні виробничих, громадських та жилих приміщень, а також установок зовнішнього освітлення.

При обладнанні освітлювальних установок застосовуються дві системи освітлювання: загальне освітлювання і комбіноване. Якість та економічність освітлювальних установок значно залежить від правильності вибору системи освітлювання.

Система загального освітлення застосовується для освітлення всього приміщення, в тому числі і робочих поверхонь.

Електричне освітлення може бути таких видів :робоче та аварійне. Робоче освітлення улаштовується в усіх приміщеннях і створює на робочих поверхнях нормоване освітлення.

Аварійне освітлення потрібне там, де при раптовому вимкненні робочого освітлення можливе виникнення вибуху або пожежі;масового травматизму, тривалого розладу технологічного процесу і т.д., а також порушення роботи відповідальних об'єктів (водопостачання, вузли зв'язку, пожежні пости, електрощитові і т.п.). Це освітлення називається аварійним освітленням, для продовження роботи воно повинно створювати на робочих місцях 5% нормованого робочого освітлення при системі загального освітлення, але не менше 2 лк.

Аварійне освітлення для евакуації людей повинно забезпечувати освітлення не менше 0,5 лк.

Воно обов'язкове в основних прохідних приміщеннях, коридорах і сходах, які служать для евакуації людей з адміністративних будівель, де працюють або перебувають одночасно понад 500 чоловік, а також в приміщеннях, де можуть знаходитися понад 100 чоловік.

Світильники аварійного освітлення приєднується окремими лініями до незалежного джерела живлення або переключаються на нього автоматично при раптовому вимкненні робочого освітлення. Крім того, вони повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення типом, розміром або спеціально нанесеним знаком.

Найважливіше практичне значення має питання вибору джерела світла лампи розжарювання, люмінесцентні лампи та лампи типу ДРЛ, ДРІ та інше.

При вирішенні цього питання необхідно враховувати переваги та недоліки цих джерел світла, їх світлові, економічні і експлуатаційні характеристики.

Вибір світильника виконується на основі вимог світлотехнічних, економічних, у тому числі енергетичних, і умов навколишнього середовища.

Проектувальник повинен враховувати розподіл світлового потоку в залежності від призначення і характеру виробництва, конструкції приміщення.

Якщо вибраний світильник конструктивно не відповідає умовам зовнішнього середовища, це може призвести до його надмірного запилення (у запилених приміщеннях), за рахунок чого зменшується світловий потік, якій він випромінює; до виникнення корозії металевих частин і передчасного виходу його з ладу (в особливо вологих приміщеннях); до пошкодження ізоляції проводів (може виникнути коротке замикання між проводами або на корпус світильника); в пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях-до пожежі або вибуху.

Розрахунок загального освітлення цеху грілок та силіконових виробів методом коефіцієнта використання світлового потоку

Цех грілок та силіконових виробів займає виробничу площу 697 м^2 , та має розміри 17 на 41 м та висоту 8м. Для освітлення цеху плануємо використати світильники типу ГСП-04В-250-762 виробництва ТОВ «Корпорація Ватра» з метало галогенними лампами типу ДРІ.

Відстань від стелі приймаємо 0,5м. Висота підвісу світильника над робочою поверхнею ($h_p = 0.8 \text{ м}$):

$$h = H - h_p - h_c = 8 - 0,8 - 0,5 = 6,7 \text{ м}$$

Світильник ГСП-04В-250 має криву світлорозподілу типу Г, тому для нього можна прийняти $L/h = 0,8 \text{ м}$ тоді:

$$L = h \cdot 0,8 = 5,36 \text{ м}$$

Приймаємо відстань між рядами світильників 5 м. Відстань від крайнього світильника до стіни приймаємо $0,5 \cdot L$, тобто $l = 2,5 \text{ м}$.

Кількість рядів:

$$N_p = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{41 - 2 \cdot 2,5}{5} + 1 = 7,2$$

Приймаємо число рядів 7.

З характеристики конструкції будови приймаємо $\rho_n = 50\%$; $\rho_c = 30\%$;
 $\rho_p = 10\%$ /

Визначаємо індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{17 \cdot 41}{6,7 \cdot (17 + 41)} = 1,79$$

З табл. даних коефіцієнт використання $\eta_e = 0,7$. Визначаємо потрібний світловий потік одного ряду:

$$\Phi_{\text{ряд}} = \frac{E_n \cdot \kappa_z \cdot S \cdot z}{N_p \cdot \eta_e} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 697 \cdot 1,1}{7 \cdot 0,7} = 46940,82 \text{ лм}$$

Використовуємо лампи ДРІ 250 Вт з розрахунковим потоком лампи $\Phi_l = 1900$ лм. Визначаємо потрібне число світильників в одному ряду

$$N = \frac{46940,82}{19000} = 2,47$$

Приймаємо 3 світильники в одному ряду, а загальна кількість світильників в цеху буде становити 21.

Схема освітлення цеху наведена на аркуші графічної частини. Всі світильники розбиваємо на 7 груп (по ряду на кожну групу), крім того в першому, четвертому та шостому рядах відокремлюємо по 1 світильнику на аварійні групи. В допоміжному приміщенні встановлюємо 2 лампи.

Щит аварійного освітлення живиться від щита АВР

9. Програмне забезпечення AutoCAD, AutoCAD Electrical,

AutoCAD — дво- і тривимірна система автоматизованого проектування і креслення розроблена компанією Autodesk. Перша версія була випущена в 1982 році. AutoCAD і спеціалізовані додатки на його основі знайшли широке застосування в машинобудуванні, будівництві, архітектурі та інших галузях промисловості. Вперше випущений в грудні 1982 року AutoCAD був однією з перших програм САПР для роботи на персональних комп'ютерах, зокрема, IBM PC.

Функціональні можливості AutoCAD

Ранні версії AutoCAD оперували невеликим числом елементарних об'єктів, такими як кола, лінії дуги і текст, з яких склалися складніші. У цій якості AutoCAD заслужив репутацію «електронного кульмана». Однак, на сучасному етапі можливості AutoCAD набагато перевершують початкові.

В області двовимірного проектування AutoCAD як і раніше дозволяє використовувати елементарні графічні примітиви для отримання складніших об'єктів. Крім того, програма надає вельми обширні можливості роботи з шарами і анотативними об'єктами (розмірами, текстом, позначеннями). Використання механізму зовнішніх посилань (XRef) дозволяє розбивати креслення на складові файли, за які відповідальні різні розробники, а динамічні блоки розширюють можливості автоматизації 2D-проектування звичайним користувачем без використання програмування. Починаючи з версії 2010 в AutoCAD реалізована підтримка двовимірного параметричного креслення.

Поточна версія програми (AutoCAD 2012) включає в себе повний набір інструментів для комплексного тривимірного моделювання (підтримується твердотільне, поверхневе і полігональне моделювання). AutoCAD дозволяє отримати високоякісну візуалізацію моделей з допомогою рендеринга mental ray. Також в програмі реалізовано управління тривимірним друком (результат моделювання можна відправити на 3D-принтер) і підтримка хмар точок (дозволяє працювати з результатами 3D-сканування). Тим не менш, слід зазначити, що відсутність тривимірної параметризації не дозволяє AutoCAD безпосередньо конкуруватиме з машинобудівними САПР середнього класу, такими як Inventor, SolidWorks та іншими. До складу AutoCAD 2012 включена програма Inventor Fusion, яка реалізує технологію прямого моделювання.

AutoCAD Electrical включає більшість функцій програмного забезпечення AutoCAD, а також містить унікальні інструменти для автоматизації процесів створення схем, компоновання креслень, генерації звітів і багато іншого. Додаток працює як із цілими проектами, так і з окремими компонентами (двигунами, клемами, реле тощо); проводами, джгутами, кабелями; програмованими логічними контролерами. Проекти можуть включати принципові схеми, схеми автоматизації, креслення компоновок, схеми з'єднань,

монтажні плани, різноманітні звіти. Модуль "Диспетчер проектів" координує спільну роботу, дозволяючи робочим групам на всіх стадіях проекту використовувати одну цифрову модель.

Програма підтримує міжнародні стандарти з оформлення креслень, включає великі бібліотеки компонентів і умовних позначень, зокрема понад 2000 УДО елементів електричних схем стандартів ГОСТ, IEC, JIS, JCS, GB, AUS. Є опція самостійної розробки та додавання графічних образів. Бази даних каталогу містять понад 370 тисяч найменувань виробів відомих виробників, їх компоновальні образи та каталожні дані.

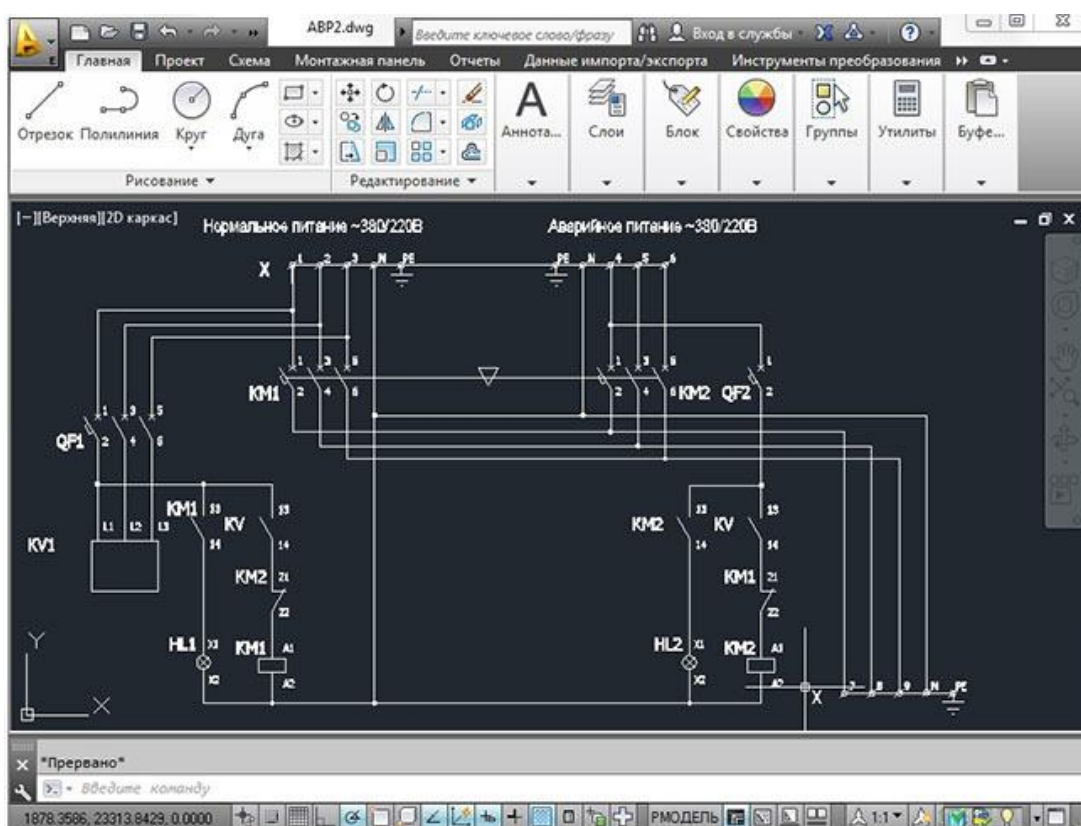


Рис. 4. Рабочее окно программы AutoCAD Electrical

Кожному компоненту у схемі надається автоматично унікальне позиційне позначення. Частина компонента з однаковим позначенням, але розміщені на різних аркушах визначаються програмою як єдиний об'єкт. Зроблені в одному місці зміни переносяться на решту компонента. Проводам у проекті можна призначати колір, марку, перетин, номери та функції жил кабелів тощо. Для з'єднання ланцюгів, розташованих на різних аркушах (або частинах аркуша), використовуються перехресні посилання. ПЗ AutoCAD Electrical містить спеціальні інструменти для роботи зі схемами, що мають джгутові з'єднання,

контактори та реле, програмовані логічні контролери. Усі дані про клемні проекту розглядаються в спеціальному «Редакторі клемних колодок».

У ході проектування ПЗ AutoCAD Electrical в реальному часі здійснює контроль над усіма операціями, що проводяться, і при необхідності виводить повідомлення про помилки. Програма відстежує УДО для компонентів, дублювання позначень, неприпустимі контакти, «висячі» дроти, відсутність або повторення номера дроту, елементи з непризначеними номерами каталогу, «дочірні» компоненти з непризначеним «батьком».

За даними окремих креслень чи всього проекту загалом формуються різні звіти, наприклад, таблиці з'єднань, переліки компонентів, проводів та кабелів, таблиці сигналів ПЛК, довідки про перехресні посилання тощо. Крім того є можливість «тонкого» налаштування звітів користувача, а також їх збереження у зовнішніх файлах форматів ASCII, Microsoft Access і Excel, XML, CSV, PDF. Для отримання 3D-моделі виробу передбачено зв'язок із програмою Autodesk Inventor.

NEPLAN-V535 — це програмний інструмент, створений компанією BCP Busarello Cott Partner AG, який допомагає інженерам-електрикам оптимізувати проектування та роботу енергосистем. Інструмент надає ряд потужних функцій і функцій, таких як аналіз потоку навантаження, розрахунок короткого замикання, аналіз стабільності тощо.

Управління даними

- Найбільш інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс користувача
- Багатодокументна та багатовіконна система
- Усе обладнання можна ввести графічно та/або орієнтовано на таблицю (як у таблиці Excel)
- Немає обмежень на розміри креслень і кількість вузлів і елементів.
- Широкі функції редагування, такі як скасування, повторення, видалення, копіювання, переміщення та масштабування для обробки мережі діаграма доступна. Елемент можна перемістити з одного вузла в інший без видалення елементу.

- Функціональні можливості OLE: дані та графіку можна переміщувати в програмне забезпечення сторонніх розробників (наприклад, MS-Excel, MS-Word). Проектна документація ніколи не була простішою.

- Дані про обладнання вводяться в діалогові вікна з перевіркою правдоподібності. Допомагає засіб для фарбування показати, які дані потрібні для якого аналізу (наприклад, коротке замикання, перехідна стабільність тощо).

— Інтегрований диспетчер варіантів (вставка, видалення, додавання, порівняння варіантів, порівняння результатів тощо).

- Функції імпорту/експорту, орієнтовані на ASCII-файл або базу даних SQL, для обміну мережевими даними, топологією доступні дані та дані про навантаження.

- Можуть бути реалізовані інтерфейси до зовнішніх програм (наприклад, даних вимірювань).

— Імпорт географічної карти як фонові графіки для легшого схематичного захоплення.

- Імпорт практично будь-яких растрових і векторних графічних файлів (наприклад, файли PCX і DXF).

- Графіку можна експортувати як растрові файли (наприклад, JPG, які можна використовувати в будь-якому веб-браузері).

- Можливість об'єднання та розділення мереж. Будь-яка кількість незалежних мережових областей і можливі зони. Кожен елемент і вузол можуть належати до будь-якої незалежної області і зони.

- Доступні широкі функції для статистики мережі та мережевої документації.

- Сучасний менеджер бібліотек із великими бібліотеками для кожного типу елемента полегшує введення даних.

- Усі обчислювальні модулі мають доступ до спільної бази даних.

- Інтегрований менеджер діаграм дозволяє аналізувати та порівнювати всі результати з усіх варіантів.

- Багатомовний графічний інтерфейс користувача

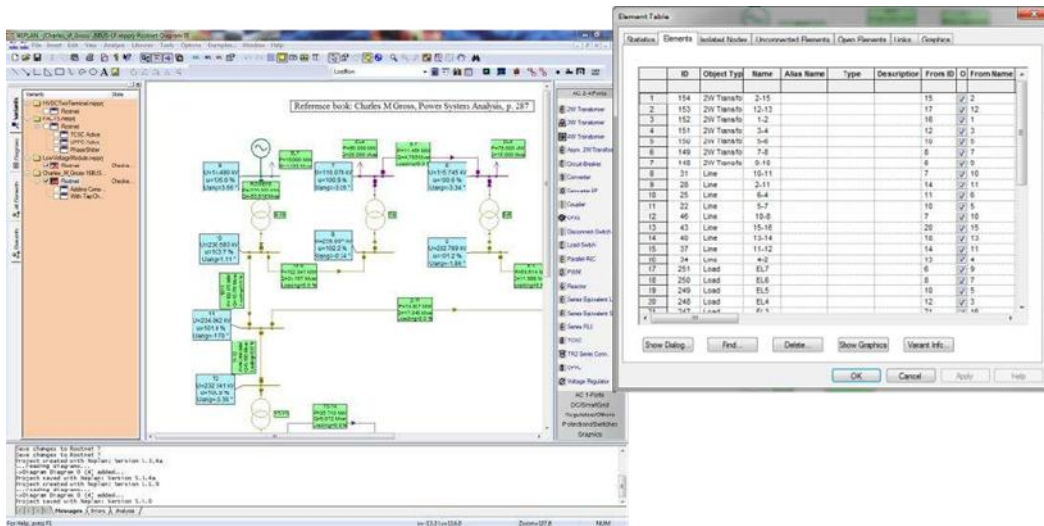


Рис. 4

Управління варіантами

- Безнадлишкове зберігання та керування варіантами.
- Для кожної мережі ви можете вибрати
 - * будь-які бажані стани перемикача (файл топології)
 - * будь-які бажані стани завантаження (завантаження файлу)
- Для кожної мережі ви можете визначити та зберегти будь-яку кількість варіантів та підваріантів (дерево варіантів). У даних варіантів зберігаються лише відмінності від батьківського варіанту.
 - Варіанти можна порівнювати, об'єднувати та видаляти.
 - Схеми різних проектів і варіантів можуть відображатися одночасно
 - Результати двох варіантів можна порівняти в менеджері діаграм.
 - Можуть бути результати з двох різних варіантів

Багатодіаграмна та багатошарова діаграма

- Мережа може бути введена в декілька різних схем, так що мережа високої напруги, наприклад, є в одній схемі, а мережа середньої напруги в одній або кількох інших діаграмах.
 - Кожна діаграма може мати будь-яку кількість графічних шарів. Ці шари можна пофарбувати, заблокувати, приховати або показати.

- Масштабування станцій: на оглядовій схемі станція показана у вигляді чорного ящика, а на іншій схемі вона зображена детально з усіма її вимикачами, захисними пристроями та інструментами.
- Топологічний зв'язок елементів на більш ніж одній діаграмі.
- Усі діаграми будуть розглянуті для різного аналізу (наприклад, потік навантаження).
- Один елемент може мати більше ніж одне графічне представлення на одній діаграмі або на різних діаграмах.
- OLE копіювати/вставляти графічні дані з і в MS-Word

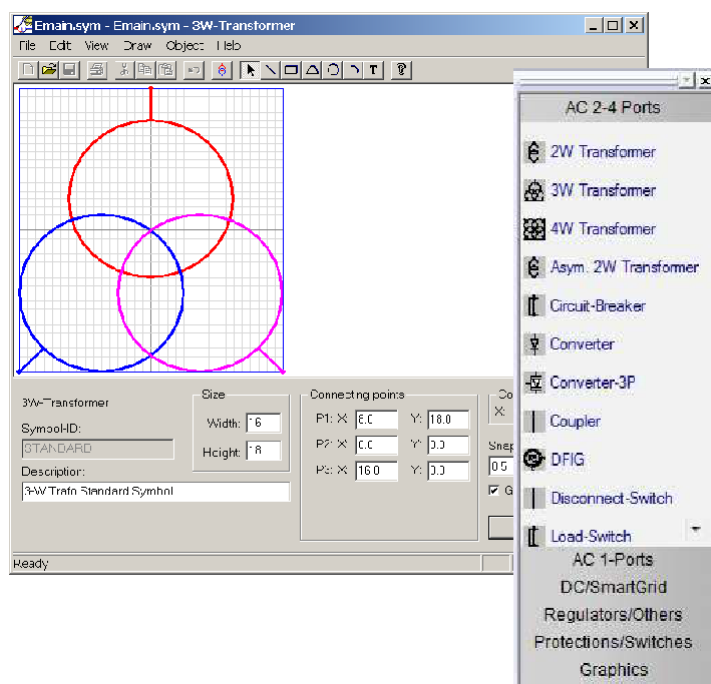


Рис.5. Багатодіаграмна та багатошарова діаграма

Редактор символів

- Користувач може створювати та визначати для кожного типу елемента та вузла власні символи.
- Для кожного типу елемента або вузла можна визначити будь-яку кількість різних символів.
- Під час введення діаграми відобразатимуться всі символи. Просто перетягніть потрібний символ на діаграму

- На діаграмі символи можна гортати, обертати та змінювати розмір.

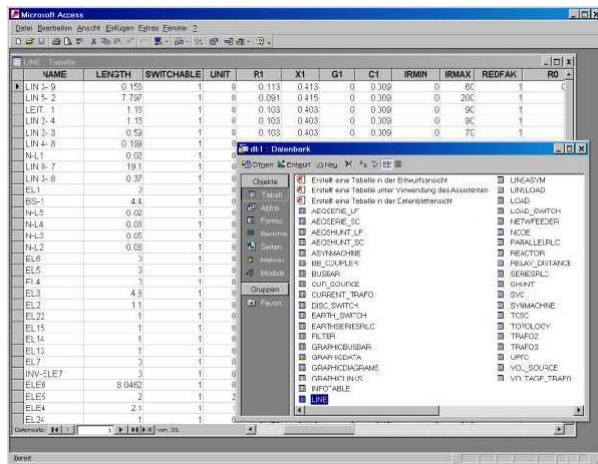


Рис.6. Редактор символів

Підключення до бази даних SQL

- Усі дані елементів можна імпортувати та експортувати до будь-якої бази даних SQL (наприклад, Oracle, MS-Access тощо)
- База даних SQL включає все мережеве обладнання (HVDC, FACTS, пристрої захисту, визначені користувачем дані тощо)
- Топологію мережі можна зберігати.
- Графіка елементів і вузлів може бути експортована та імпортована.
- Усі дані всіх бібліотек можна імпортувати та експортувати.
- Може використовуватися як інтерфейс до існуючих ГІС та NIS або систем DMS/SCADA.
- Дуже гнучкі функції зберігання та імпорту, як повний імпорт або лише оновлення, збереження лише варіанту різниці, зони або області мережі, напруга рівні та ін.
- Обробляє дуже великі мережі
- Часткове читання полів даних (наприклад, читати лише довжина рядка, але не читайте значення R і X)

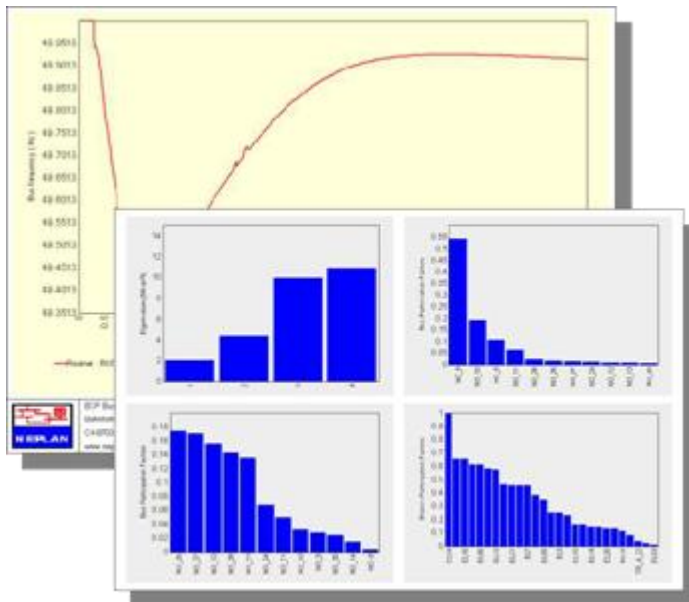


Рис. 8 Менеджер бібліотеки

Менеджер діаграм

- Менеджер діаграм дозволяє відображати результати в різних діаграмах (наприклад, лінійних, смужкових тощо).
- В одній діаграмі можна відобразити будь-яку кількість піддіаграм.
- Визначений користувачем логотип (у вигляді растрового зображення) можна додати до заголовка з метою документації
- Результати різних варіантів можна порівнювати та відображати в одній діаграмі.
- Експорт діаграми у файл *.JPG для будь-якого інтернет-браузера..
- Скопіюйте/вставте в буфер обміну для документації (наприклад, MS-Word).

Зберігання даних та інтерфейси

NEPLAN зберігає всі мережеві дані, такі як однолінійна схема, захисні пристрої, контролери, параметри розрахунку та результати у внутрішній базі даних, щоб легше та швидше обробляти дані.

ПРОТИМ того, NEPLAN представляє дуже відкриту систему. Усі дані NEPLAN доступні із зовнішньої системи. В основному існує кілька способів передачі даних з NEPLAN або до нього:

- Бібліотека програмування NEPLAN (NPL)

- файли ASCII (Excel)
- Інтерфейс GIS/SCADA
- База даних SQL

NPL — це бібліотека C/C++ API, яка містить функції для доступу до даних NEPLAN і алгоритмів обчислень за допомогою написаної користувачем програми C/C++. Більше інформації можна знайти в окремому документі.

Файли ASCII дозволяють імпортувати/експортувати всі

- електричні параметри первинних елементів, таких як лінії, трансформатори, генератори, двигуни тощо.

- дані про навантаження та вимірювання, а також попередньо визначені профілі навантажень

- види та налаштування пристроїв захисту

- Гармонійні струми та напруги

- Дані схеми керування (функціональні блоки)

Інтерфейс GIS/SCADA підтримується багатьма виробниками ГІС і є файлом ASCII, який містить лише найважливішу інформацію, таку як графічна інформація, взаємозв'язок елементів, стан перемикачів, тип елементів і довжина лінії. Електричні дані взяті з бібліотеки NEPLAN

Загальна характеристика

- Методи обчислення: поточна ітерація, Ньютон-Рафсон, розширений Ньютон-Рафсон, падіння напруги (на фазу), потік навантаження постійного струму

- 3-, 2- та 1-фазні системи змінного та постійного струму для сітчастих, петльових та радіальних мереж від ВН до НН

- Моделі дисперсної генерації (енергія вітру, фотоелектрична, мала ГЕС, геотермічна тощо)

- Визначене користувачем моделювання за допомогою NEPLAN® C/C++ API.

- Управління напругою та витратою за допомогою фазозсувних трансформаторів.

- Пристрої HVDC, PWM і FACTS, такі як SVC, STATCOM, TCSC, UPFC
- Типи вузлів: slack, PQ, PV, PC, SC, PI, IC з інтуїтивно зрозумілим призначенням. Можливість більш ніж одного слабого вузла.
- Обмін потужністю між областю / зонами (контроль обміну зоною) і розподілим вузлом завдання
- Попередньо визначені та визначені користувачем коефіцієнти масштабування для швидкого завантаження та зміни генерації
- Імпорт даних вимірювань і балансування навантаження
- Розрахунок чутливості до втрат (PDTF-фактори)
- Потужний контроль конвергенції з введенням/виведенням файлу ініціалізації
- Перевірка обмежень і відповідне автоматичне перетворення типу вузла.

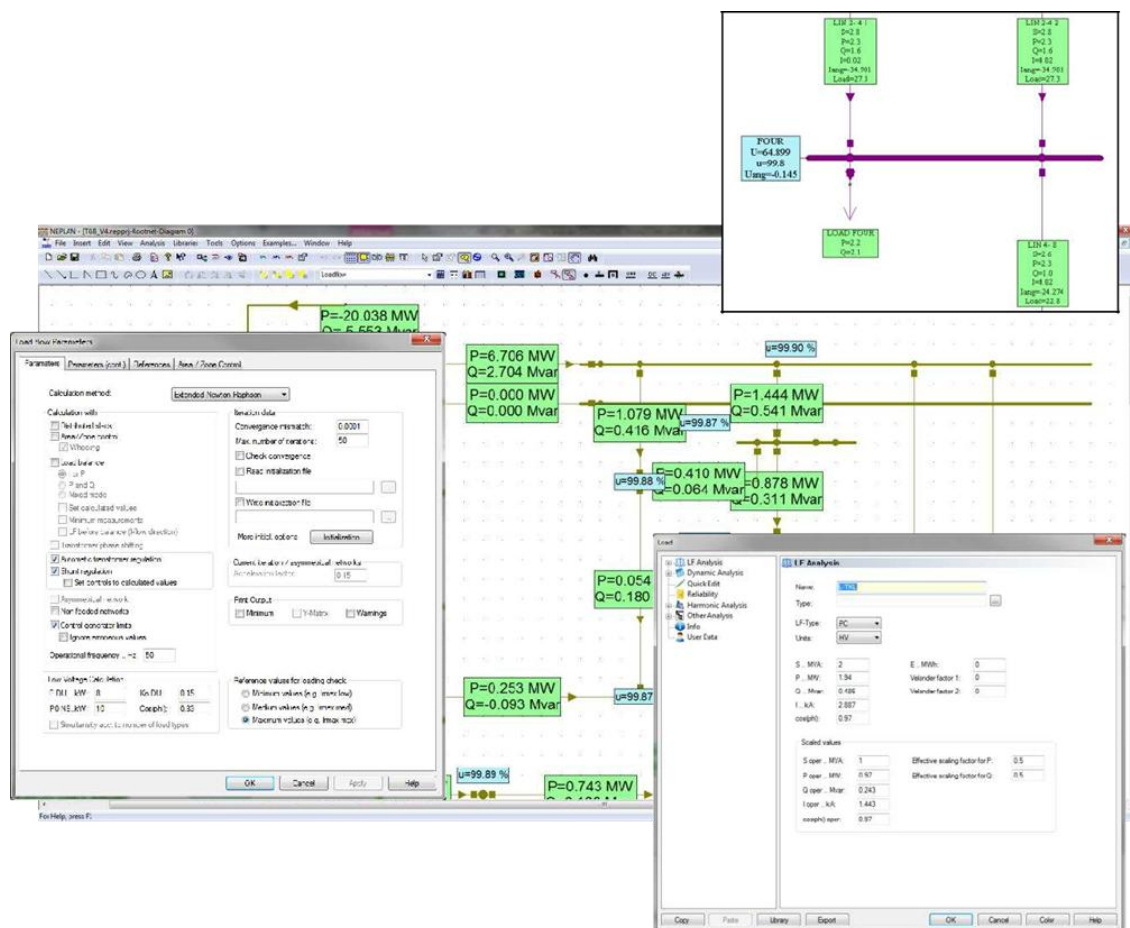


Рис. 9. Загальна характеристика

Результати

- Автоматичне відображення результатів.

- Функції «Перемістити» та «Видалити» для полів результатів.
- Самостійно визначений вихід результату: користувач може вибрати елементи, одиниці, шрифт, точність, розміщення.
- Перевантажені елементи або вузли з напругою поза встановленими межами виділені.
- Товщина лінії відповідає навантаженню елемента.
- Результати можна зберегти в текстовому файлі (ASCII).
- Виведення таблиці: для всієї мережі, індивідуально для кожної області/зони. Перелік потоків потужності між областями/зонами, перевантажені елементи, функція сортування, вибіркоковий вихід.
- Таблиця інтерфейсу з MS-Excel.

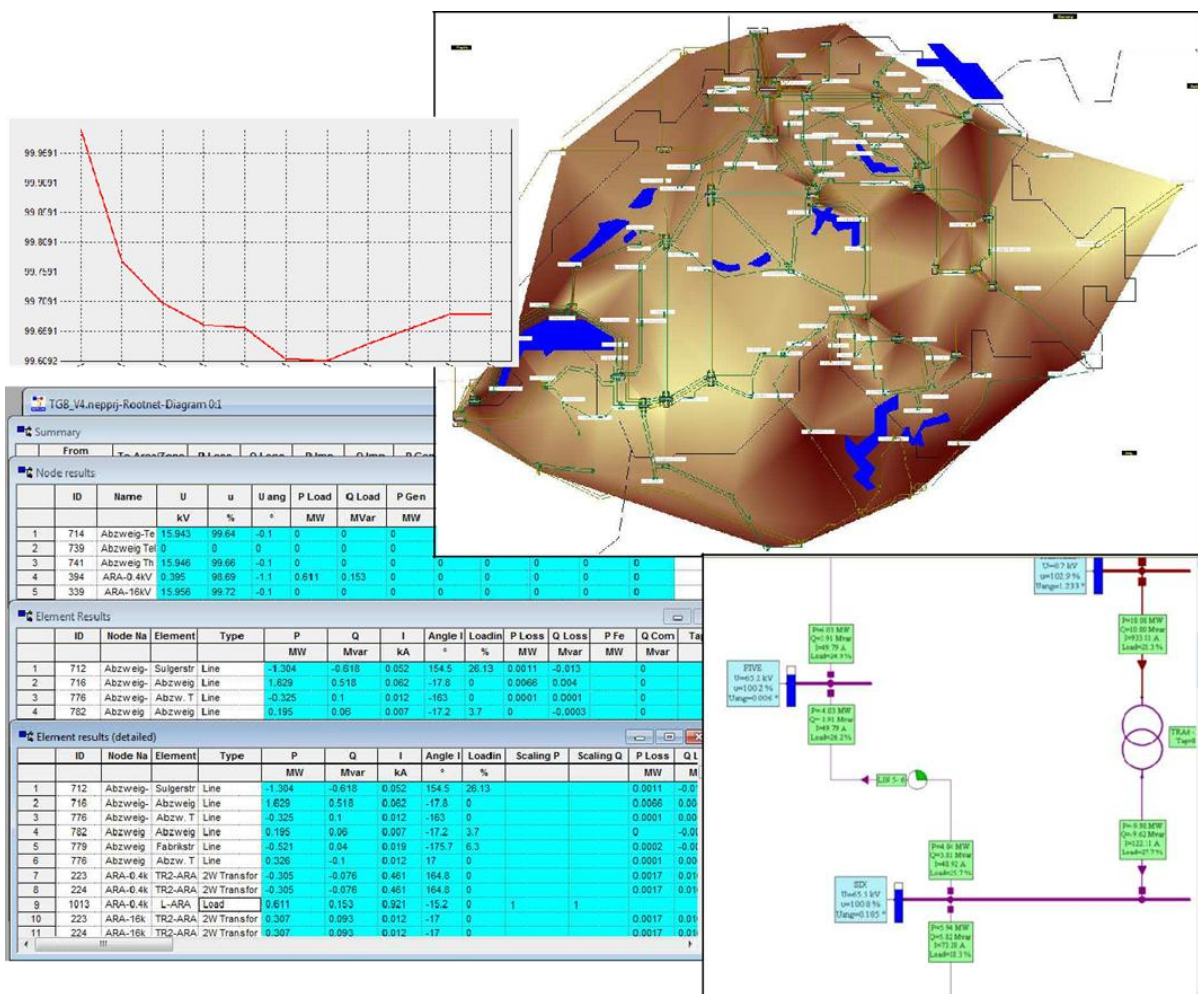


Рис. 10. Результати

Загальна характеристика

- Стандарти IEC 60909, ANSI/IEEE C37.10/C37.13
- IEC 61363-1 для офшорних/морських установок, IEC 61660 для мереж постійного струму
- 3-фазна, 2-фазна та 1-фазна система змінного струму або мережі постійного струму
- Метод суперпозиції з урахуванням передаварійних напруг від потоку навантаження.
- Розрахунок одно-, дво- (з і без заземлення) і трифазних замикань.
- Опція для обчислення визначених користувачем типів несправностей (наприклад, подвійне замикання на землю, замикання між двома рівнями напруги).
- Опція для обчислення несправностей лінії (місце несправності на лінії вибирається користувачем).
- Обчислювані типи струму замикання: початковий симетричний струм і потужність короткого замикання, пік, струм розриву, сталий стан, тепловий та асиметричний струм розриву, плюс постійний компонент.
- Розрахунок мінімального/максимального струму короткого замикання
- Точна модель для заземлення трансформатора.
- Налаштування котушки Петерсена в резонансно заземлених мережах
- Обмеження струму за рахунок автоматичних вимикачів і MOV.

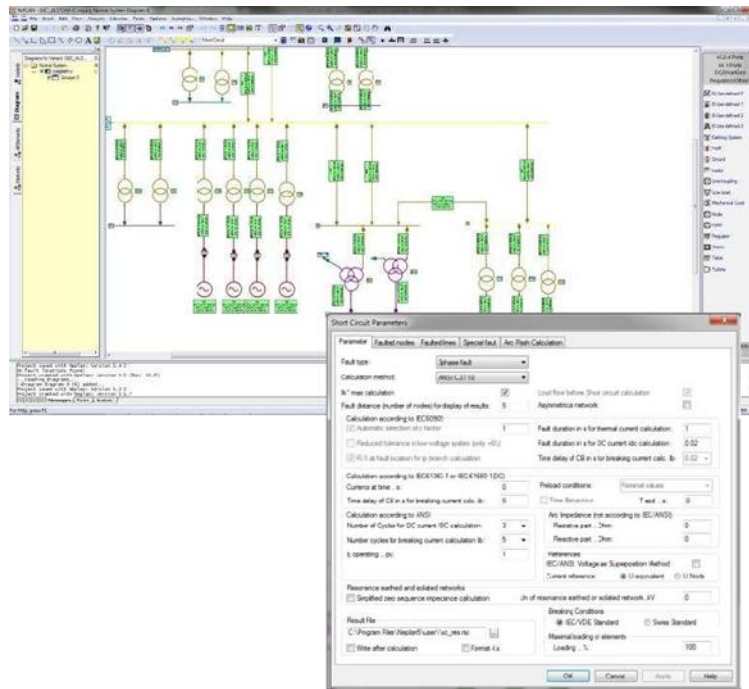


Рис. 11. Загальна характеристика

Лінійне сполучення

- При обчисленні струму короткого замикання допускаються взаємні імпеданси та ємності в системах прямої та зворотної послідовності.
- Параметри ланцюга та зв'язку повітряних ліній розраховуються з конфігурації провідника.
- Повітряні лінії з до 6 3-фазними системами та
Можна розрахувати 3 дроти заземлення (враховано заземлення 3-фазних систем).
- Можна ввести необмежену кількість повітряних ліній..
- Параметри та конфігурація провідника зберігаються в базі даних SQL.

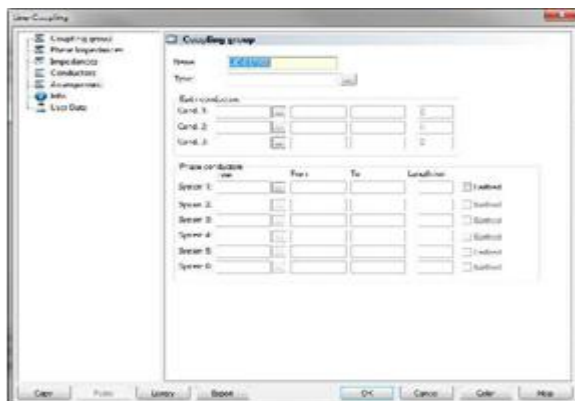


Рис.12 Лінійне сполучення

Результати

- Автоматичне відображення результатів.
- Функція переміщення та видалення для полів результатів.
- Виведення самостійних результатів щодо одиниць, форматів і типів струму пошкодження.
- Результати можна вставляти або в початковий і/або кінцевий вузол, або також у центр елемента.
- У разі короткого замикання всі перевантажені частини обладнання (трансформатори струму, трансформатори напруги, автоматичні вимикачі тощо) висвітлюються.
- Результати можна зберегти у файлі результатів (файл ASCII) і в базі даних SQL.
- Списки результатів можна зберігати в текстових файлах.
- Виведення списку: відсортовано за рівнями напруги. Імпеданс короткого замикання та всі обчислювані струми пошкодження виводяться як значення фази або як симетричні компоненти.

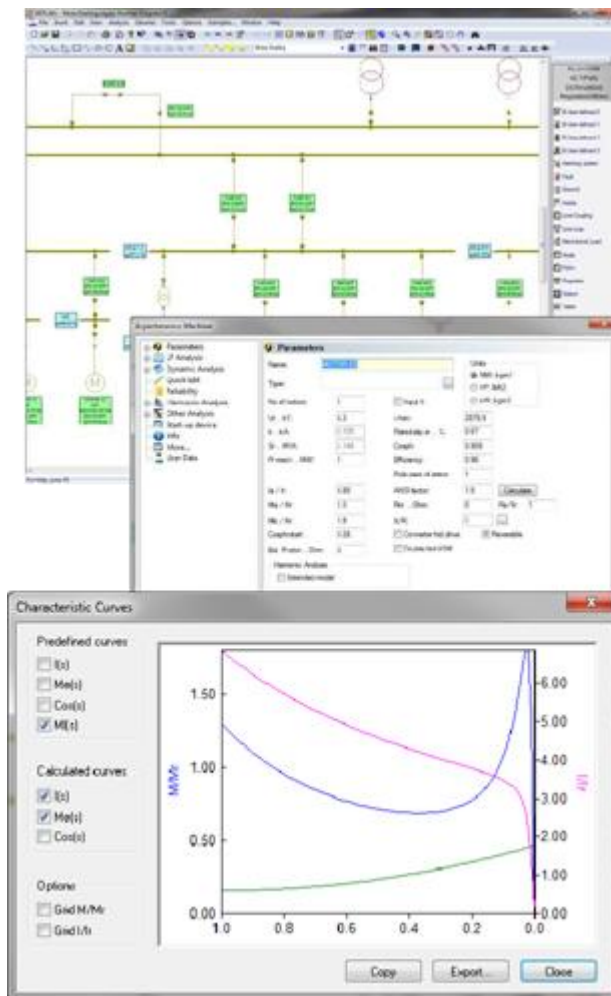


Рис. 13. Результати

Розрахунок запуску двигуна

- Моделювання запуску двигуна в необмежених мережах..
- Одночасний запуск або запуск із затримкою для будь-якої бажаної кількості двигунів.
- Ідентифікація параметрів двигуна за допомогою методу найменших квадратів на основі вхідних значень крутного моменту, струму та $\cos(\phi)$ у функції ковзання.
- Різні моделі двигунів, залежно від введених даних двигуна..
- Дозволені втрати на насичення та вихрові струми в двигуні (лінійні або точкові).
- Доступні бібліотеки для стандартних даних двигуна, а також додаткові бібліотеки для $M_e(s)$, $I(s)$ і $\cos\phi(s)$ (можуть розширюватися користувачем).

- Розрахунок робочої точки для всіх незапущених двигунів відповідно до їх характеристик навантаження (Ньютон-Рафсон)
- Автоматичне перемикання трансформаторів дозволяється після визначеного користувачем часу затримки.
- Момент навантаження, введений як характеристика або як лінійна чи квадратична крива крутного моменту навантаження.
- Доступні бібліотеки моментів навантаження (можуть розширюватися користувачем).
- Дозволено використовувати такі пускові пристрої, як пускач із зірки на трикутник, послідовний резистор, трансформатор, пристрій плавного пуску тощо.

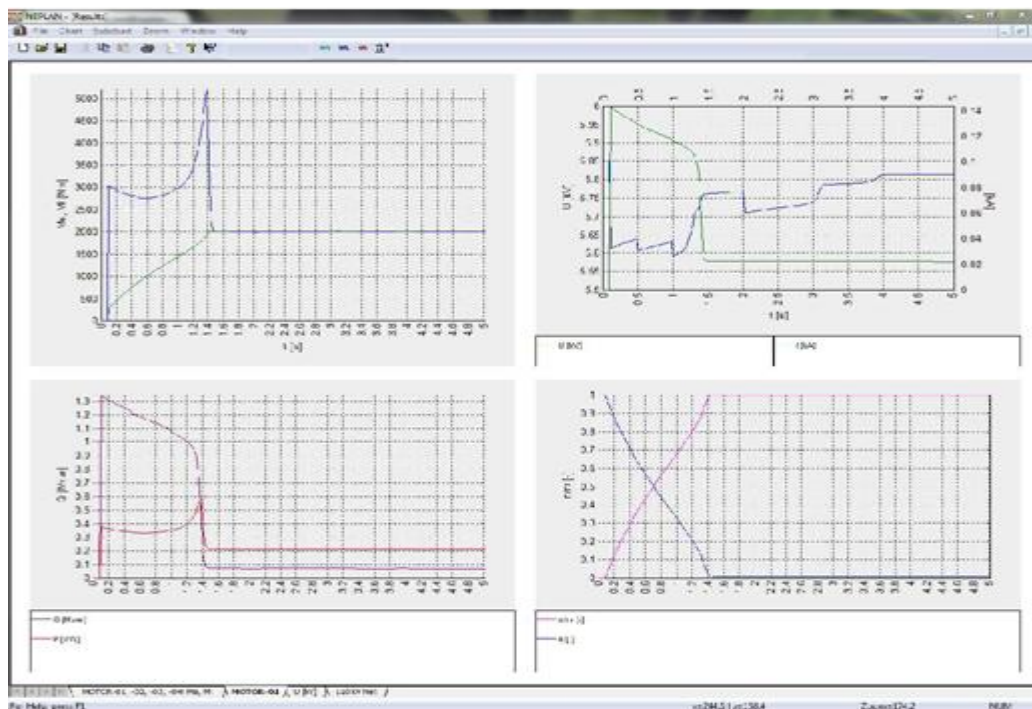
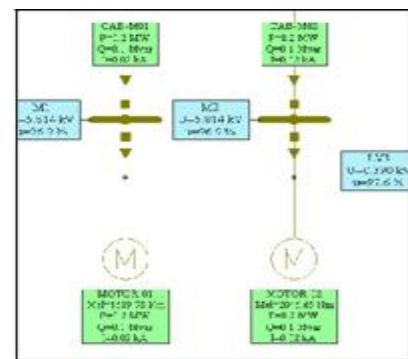


Рис. 14. Розрахунок запуску двигуна

Падіння напруги

- Розрахунок падіння напруги до моменту $t = 0$.
- Зменшено введення даних для двигунів і параметрів обчислення.
- Двигуни, що не запускаються, можуть бути імітовані за допомогою визначеного користувачем навантаження PQ (постійна потужність) або шунта.
- Підсвічуються перевантажені елементи, вимірювальні прилади та захисні пристрої або вузли з напругою поза визначеним діапазоном.
- Результати обчислення падіння напруги відображаються на однолінійній діаграмі.
- Доступ до введених даних двигуна та обчислених параметрів двигуна можна отримати, клацнувши відповідний двигун на однолінійній діаграмі.

Результати

- Розрахунок напруги $U(t)$ у попередньо визначених вузлах..
- Обчислення $I(t)$, $P(t)$, $Q(t)$ для кожного попередньо визначеного елемента..
- Розрахунок струму двигуна I , крутного моменту навантаження M , електромагнітного крутного моменту M_e , активної потужності P і реактивної потужності Q як функції часу або ковзання для двигунів, що запускаються та не запускаються.
- Графічний висновок характеристичних кривих і часових характеристик з автоматичним масштабуванням осей..
- Розміри та кольори можуть бути змінені.
- Списки результатів можна зберігати в текстових файлах.
- Результати можна зберегти у файлах результатів для оцінки за допомогою програм для роботи з електронними таблицями (таких як MS-Excel).

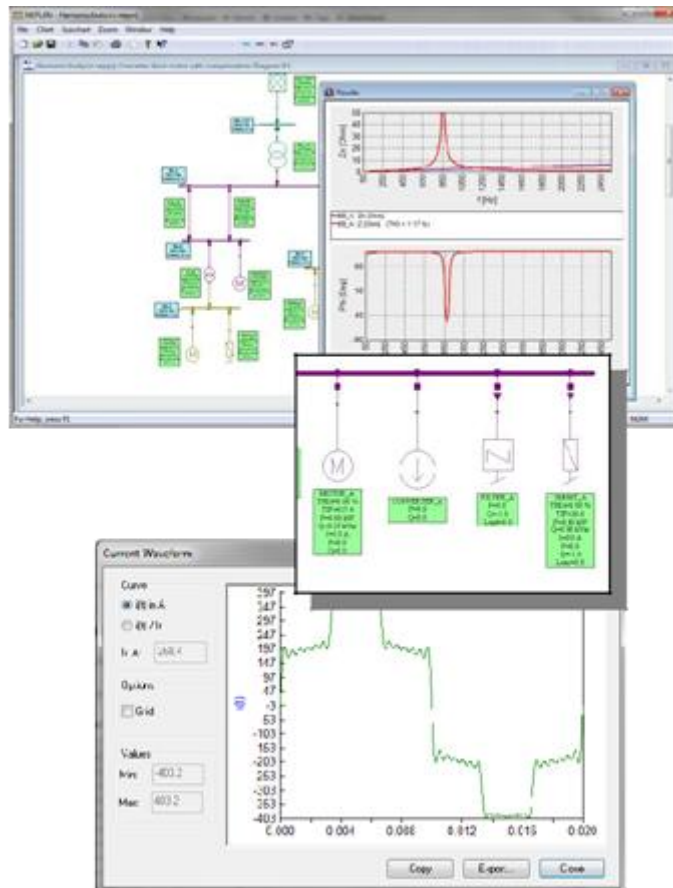


Рис.15. Падіння напруги

Загальна характеристика

- 3-фазні, 2-фазні, 1-фазні системи змінного струму.
- Планування систем контролю пульсацій, визначення розмірів компенсаторів (SVC) і фільтрів частоти, визначення опору мережі для субсинхронного резонансу або проектування фільтра..
- АЧХ сітчастих мереж.
- U-I та I-U чутливість для кожної частоти..
- Застосовано модель лінії розподілених параметрів. Розрахунок опору мережі тарівень частотний для кожної частоти і для кожного вузла..
- Розглянуто частотну залежність елементів. Доступні бібліотеки.
- Автоматичний контроль довжини кроку частоти під час обчислення імпедансу для виявлення резонансів.
- Розрахунок в системі позитивної складової (симетричної) або в системі фаз

- Розрахунок власних і взаємних лінійних імпедансів у функції частоти
- частотний потік навантаження (P, Q, I, U, втрати)
- Результати в частотній або часовій області..

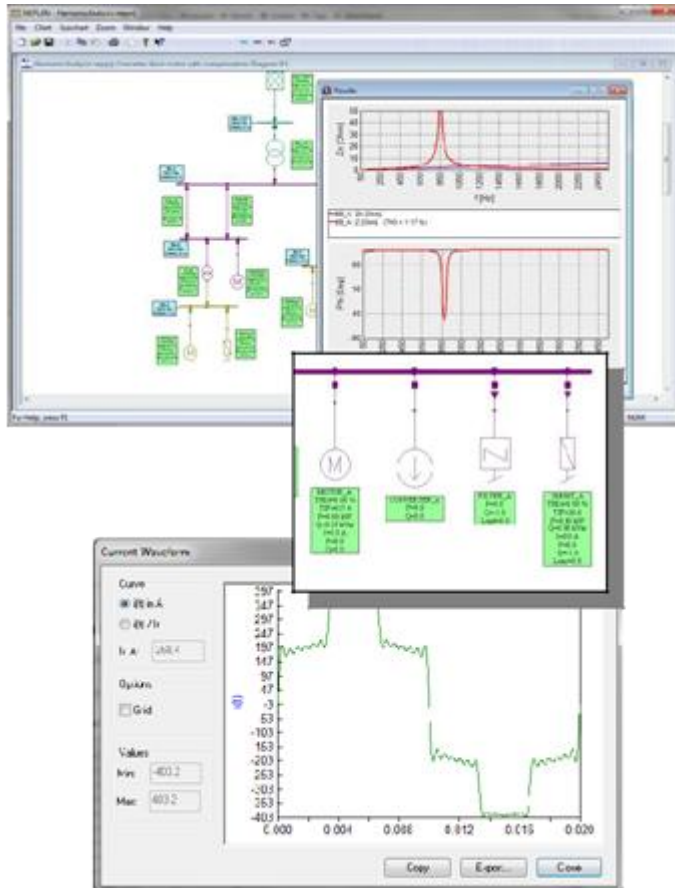


Рис. 16. Загальна характеристика

Гармонійні рівні

- Обчислення струму та напруги на всіх частотах і на всіх попередньо визначених вузлах і елементах.
- Розрахунок середньоквадратичного значення значення для частотних напруг і струмів з основною частотною напругою або струмом, взятими з потоку навантаження (необов'язково)
- Розрахунок загального коефіцієнта частоти напруги відповідно до DIN/IEC і коефіцієнта спотворення відповідно до IEEE.
- Розрахунок параметрів телефону (TIF, IT, KVT) або k-фактора трансформатора.

- Порівняння обчислених рівнів гармоній з граничними значеннями, встановленими будь-якими бажаними стандартами.
- Перелік вихідних струмів і напруг керування пульсаціями на будь-яких бажаних частотах і на кожному вузлі та кожному елементі.
- Автоматичне введення результатів в однолінійну діаграму.
- Розрахунок частотної суми: векторний, геометричний, арифметичний, за відповідно до ІЕС 1000-2-6

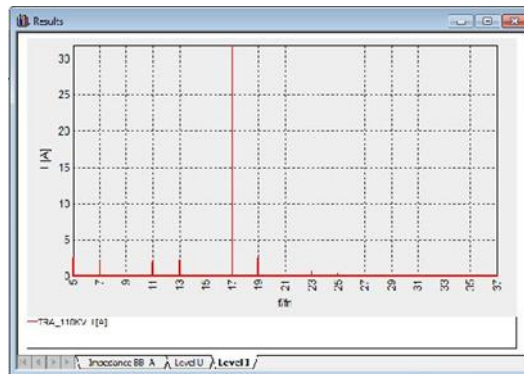


Рис.17. Гармонійні рівні

Загальна характеристика

- Можуть бути введені всі типи захисних пристроїв із струмочасовою характеристикою: запобіжники, автоматичні вимикачі, реле перевантаження по струму з незалежною та інверсною часом, електронні реле.
- Кожному захисному пристрою можна призначити кілька захисних функцій: ненаправлений або спрямований захист від перевантаження по струму та захист від замикань на землю).
- Точне моделювання діапазонів налаштування
- Доступні великі бібліотеки із захисними пристроями від різних виробників, які можна розширити за бажанням.
- Можливість введення визначених користувачем характеристик для імітації запуску двигуна або теплової здатності провідників, трансформаторів тощо.
- Характеристика може бути зміщена за допомогою k-фактора (реле зворотного часу).

- Варіанти введення характеристик: поточковий або формула відповідно до IEC або IEEE/ANSI.
- Симуляція процедури усунення несправності в сітчастих мережах, включає також дистанційний захист

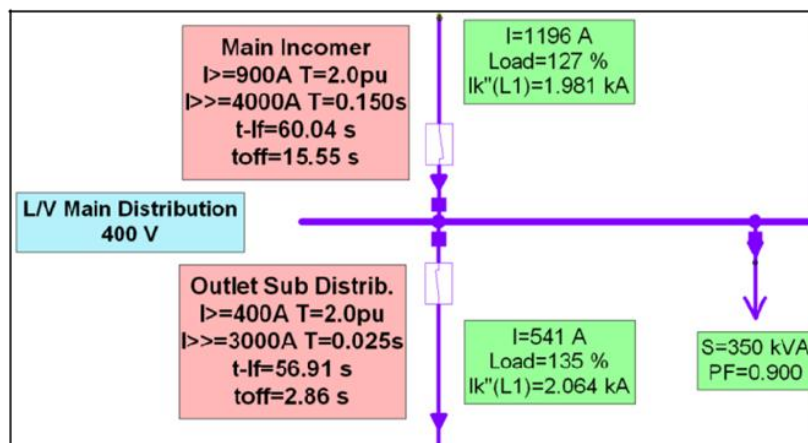
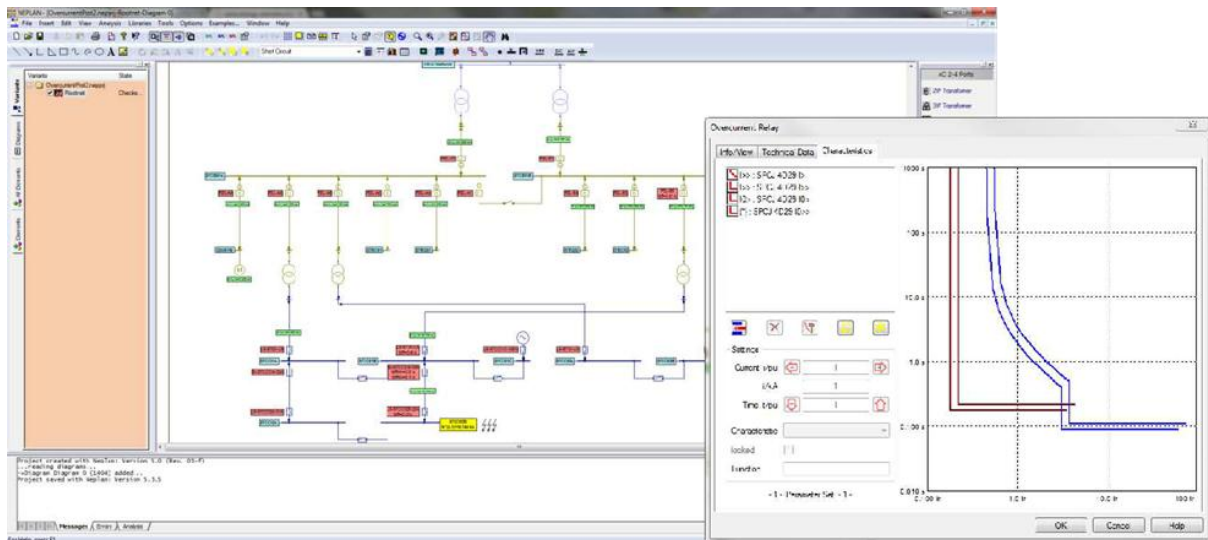


Рис.18. Загальна характеристика

Діаграма селективності

- Пристрої захисту та трансформатори струму розташовані на плані мережі графічно.
- Автоматичне формування діаграм селективності на основі s/c розрахунку
- В одну діаграму можна включити необмежену кількість характеристик.
- Зміна налаштувань реле безпосередньо в схемі селективності
- Одночасно можна обробляти необмежену кількість діаграм.

- Аналіз селективності на більш ніж одному рівні напруги незалежно від типу та розміру мережі.

- Дві опорні напруги для діаграм можуть бути визначені користувачем.

- Індивідуальне фарбування характеристик.

- Немає обмежень на кількість схем і захисних номерів для управління.

- Експорт повної діаграми в Word тощо через буфер обміну або emf-файли

Зміна

реле

налаштування

Передача поточних значень

- Пряме підключення від струму короткого замикання та модуля потоку навантаження для передачі струмів.

- В одну діаграму можна перенести необмежену кількість струмів.

- Функції імпорту/експорту.

Захист бібліотек

NEPLAN пропонує обширні бібліотеки з найбільш використовуваними типами реле, автоматичних вимикачів і запобіжників. Бібліотеки постійно оновлюються та розширюються. Воно буде надано безкоштовно в момент придбання програмного забезпечення NEPLAN або може бути будь-коли завантажено з Інтернету користувачами з дійсним договором на технічне обслуговування.

- Можна ввести всі типи реле дистанційного захисту (незалежно від виробника).

- Можна визначити до 4 зон імпедансу реле, 1 зону надходження, 1 зону назад і 1 зону автоматичного повторного вмикання для замикань лінія-лінія та лінія-земля.

- Характеристики запуску: перевантаження по струму, залежність від кута під опором, R/X-характеристика, спрямований/двонаправлений час закінчення.

- Обробляє аналогові та двійкові сигнали та надсилає двійкові сигнали під час динамічного моделювання. Двійкові сигнали можуть бути такими: блокування, увімкнення, взаємне відключення, розширення діапазону, зовнішній запуск, блокування автоматичного повторного вмикання тощо, напр. Можна імітувати РОТТ (дозволене перемикання при передачі за межами охоплення) і РУТТ (дозволене відключення при переміщенні під охопленням).

- Для динамічного моделювання можна визначити взаємодію між реле дистанційного захисту та будь-яким іншим типом реле.

- Реле можна моделювати в Matlab/Simulink або за допомогою функціональних блоків NEPLAN для динамічного моделювання.

- Введення будь-якої R/X-характеристики: МНО, коло, багатокутник, лінза тощо або визначено функціями

- Модулі для перевантаження по струму, перепаду потужності, полюсу.

- Інтерфейс до тестових пристроїв реле. Імпорт/Експорт RIO-Format (Relay Interface by Omicron).

- Моделювання процедури усунення несправності в сітчастих мережах на основі модуля короткого замикання. Це також передбачає захист від перевантаження по струму.

- Автоматичне налаштування реле з урахуванням кількох методик (на вибір).

Взаємні імпеданси та ємності систем прямої та нульової послідовності, а також стан навантаження мережі та підводів враховуються для розрахунку імпедансів мережі.

- Імпеданс/реактивний опір системи прямої послідовності або опори петлі розраховуються для будь-якого типу короткого замикання. Коефіцієнти компенсації через повний опір системи нульової послідовності та взаємний зв'язок враховуються при розрахунку опорних опорів петлі.

- Автоматичне та визначене користувачем створення графіка вибіркового відключення.

- Час відключення буде відображено на однолінійній діаграмі та в таблицях після розрахунку короткого замикання.

- Допускаються всі типи несправностей, а також ковзання модуля короткого замикання.

- Пошук місця несправності. Розташування несправності буде відображено на однолінійній діаграмі або перераховано відповідно до попередньо виміряного значення імпедансу. Толерантність буде розглянута.

- Інтерактивна зміна параметрів і характеристик налаштування реле.

NEPLAN-V535 є чудовим інструментом для тих, хто хоче оптимізувати процес проектування та експлуатації своєї енергосистеми. Незалежно від того, чи є ви інженером-електриком, який працює в енергетичній промисловості, чи дослідником, який вивчає енергетичні системи, цей програмний інструмент обов'язково допоможе вам ефективніше досягати ваших цілей.

Висновки

В даній роботі були проведені розрахунки СЕП заводу. Тобто розрахунок навантаження на саме підприємство, а також розрахунок навантаження цехів і розташування ТП які будуть жити виробничі цехи і спроектовано окрему ТП яка високовольтні двигуни. Були проведені релейного захисту і струмів короткого замикання, проведені розрахунки освітлення цех. Також було проаналізовано системи ппрограчного забезпечення AutoCAD, AutoCAD Electrical, NEPLAN.

Список використаної літератури

1. Сірий О. М., Шестеренко В. Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник-К. : ІС ДО, 1993.-592 с
2. Неклепаев Б. И., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования :Учеб. пособие для вузов. - 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. -608 с.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. С 74 Ю. Б. Айзенберга. - М. -Энергоатомиздат, 1993. - 472с.
4. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоиздат, 1981. - 408 с.
5. Правила устройства электроустановок 6-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
- 6.Электробезопасность на промышленных предприятиях: Справочник/ Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов, А.В.Слонченко-К.:Техніка,1985.
- 7.П.А.Долин.Основы техники безопасности в электроустановках- М.:Энергоатомиздат, 1984.-438 с.
8. <https://www.neplan.ch/wp-content/uploads/2015/01/Electricity.pdf>