

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ ЗА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ
УСТАНОВОК»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСЕ-
21м спеціальності 141 –
Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Проценко Л.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ

Кутіна М. В.

«10» листопада 2022 р.
(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., доцент каф. ЕСС

Телгеє В.В.
(прізвище та ініціали)

«19» листопада 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

Бурбело М. Й.
(прізвище та ініціали)

«19» 12 2022 р.

Вінницький національний технічний університет
 Факультет Електроенергетики та електромеханіки
 Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
 Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
ОП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

М. Й. Бурбело проф. М. Й. Бурбело
 “*14*” *вересня* 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Проценко Людмилі Олександрівні
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація режимів електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця за умов застосування біогазових установок

керівник роботи Кутіна М. В. к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “*14*” *09* 2022 року
 № *203*

2. Строк подання студентом роботи “*12*” грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства. Особливості використання біогазових установок

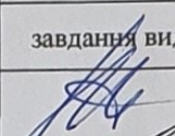
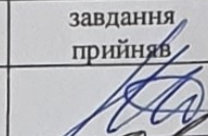
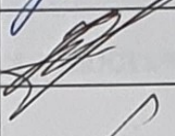
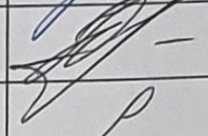
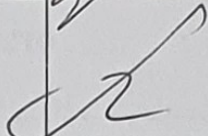

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика підприємства та технологічного процесу ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця. Аналіз ефективності використання

біогазових установок на ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Матеріал необхідний для висвітлення сутності проведених досліджень та впровадження розроблених методик.

6. Консультанти розділів роботи

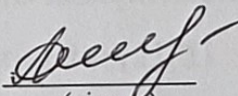
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Спеціальна частина | Кутіна М.В., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ |  |  |
| Економічна частина | Шулле Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ |  |  |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Кобилянський О.В., д.п.н., професор |  |  |

7. Дата видачі завдання « 3 » жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

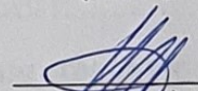
| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Характеристика підприємства та технологічного процесу ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 21.10.2022 | век. |
| 2 | Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 4.11.2022 | век. |
| 3 | Аналіз ефективності використання біогазових установок на ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 18.11.2022 | век. |
| 4 | Економічна частина | 25.11.2022 | век. |
| 5 | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 2.12.2022 | век. |
| 6 | Графічна частина | 9.12.2022 | век. |

Студент


(підпис)


Проценко Л. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кутіна М. В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль


(підпис)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ ЗА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ
УСТАНОВОК»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСЕ-
21м спеціальності 141 –
Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Проценко Л.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ
Кутіна М. В.

« _____ » _____ 2022 р.

(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., ст. викл. каф. ЕСС

(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. . Бурбело М. Й.

(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2022 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
ОП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ ___ ” _____ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Проценко Людмилі Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація режимів електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця за умов застосування біогазових установок

керівник роботи Кутіна М. В. к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ___ ” _____ 2022 року
№ _____

2. Строк подання студентом роботи “_12_” грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства. Особливості використання біогазових установок

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика підприємства та технологічного процесу ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця. Аналіз ефективності використання

біогазових установок на ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Матеріал необхідний для висвітлення сутності проведених досліджень та впровадження розроблених методик.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Спеціальна частина | Кутіна М.В., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ | | |
| Економічна частина | Шулле Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ | | |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Кобилянський О.В., д.п.н., професор | | |

7. Дата видачі завдання « 3 » жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Характеристика підприємства та технологічного процесу ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 21.10.2022 | |
| 2 | Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 4.11.2022 | |
| 3 | Аналіз ефективності використання біогазових установок на ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 18.11.2022 | |
| 4 | Економічна частина | 25.11.2022 | |
| 5 | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 2.12.2022 | |
| 6 | Графічна частина | 9.12.2022 | |

Студент _____ Проценко Л. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кутіна М. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Войтюк Ю. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

| | Стор. |
|---|-------|
| Анотація | 6 |
| Annotation..... | 7 |
| Вступ..... | 8 |
| 1. Характеристика підприємства та технологічного процесу ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця..... | 10 |
| 1.1 Про підприємство та знайомство з його технологічними процесами..... | 10 |
| 1.2 Відомості про навантаження підприємства | 13 |
| 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця..... | 15 |
| 2.1 Етап розробки бази вихідних даних підприємства та бази даних для силових трансформаторів, кабелів та проводів у Microsoft Excel... | 15 |
| 2.2 Розрахунки навантаження цехів підприємства за допомогою програми Excel, а саме застосування методу коефіцієнтів використа- ння та попиту..... | 18 |
| 2.3 Обчислення потужності цехових ТП і визначення їх кількості..... | 23 |
| 2.4 Втрати потужності в цехових ТП підприємства..... | 28 |
| 2.5 Оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення підприємства..... | 29 |
| 2.6 Знаходження оптимальних перерізів КЛ 10кВ підприємства..... | 35 |
| 2.7 Знаходимо оптимальні координати для розміщення ЦРП підприємства по критерію мінімуму затрат у СЕП..... | 37 |
| 2.8 По критерію мінімум затрат в СЕП підприємства розрахунок оптимальної потужності компенсувальних пристроїв напругою 0,38кВ..... | 42 |
| 3 Аналіз ефективності використання біогазових установок на ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 3.1 Загальна характеристика біогазу..... | 47 |
| 3.2 Процес виробництва біогазу та його технічні характеристики | 49 |
| 3.3 Розрахунок біогазових установок і вибір устаткування для біогазової станції..... | 57 |
| 4 Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи..... | 65 |
| 4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання..... | 65 |
| 4.2 Розрахунок поточних витрат..... | 67 |
| 4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі..... | 67 |
| 4.3 Розрахунок витрат по заробітній платі..... | 71 |
| 4.4 Планування вартості матеріалів, що витрачаються..... | 74 |
| 4.5 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат..... | 76 |
| 4.6 Розрахунок собівартості електроенергії..... | 77 |
| 4.6.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію..... | 77 |
| 4.6.2 Розрахунок собівартості електроенергії..... | 81 |
| 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях..... | 83 |
| 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта..... | 83 |
| 5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць..... | 83 |
| 5.1.2 Електробезпека..... | 86 |
| 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії..... | 87 |
| 5.2.1 Мікроклімат..... | 87 |
| 5.2.2 Виробниче освітлення | 88 |
| 5.2.3 Виробничий шум..... | 89 |
| 5.2.4 Виробнича вібрація..... | 90 |
| 5.2.5 Фактори умов праці..... | 91 |
| 5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій..... | 93 |
| 5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії іонізуючого випромінювання..... | 94 |

| | |
|--|-----|
| 5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії електромагнітного імпульсу..... | 96 |
| 5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії загрозливих чинників НС..... | 98 |
| Висновки..... | 100 |
| Список використаних джерел..... | 102 |
| Додатки..... | 104 |

АНОТАЦІЯ

УДК 621.315.17

Проценко Л.О. Оптимізація режимів електроспоживання на ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця за умов застосування біогазових установок. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, ОП - Електротехнічні системи електроспоживання. Вінниця: ВНТУ, 2022. 103с.

Іл.: 30 . Табл.: 26 . Бібліогр.: 8 .

У роботі проведена оптимізація системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат». Здійснено автоматизований вибір системи електропостачання підприємства. Проведено дослідження доцільності використання біогазових установок на підприємстві. На підставі проведеного дослідження запропоновано встановлення біогазової установки «FOGO» MAN 400 V 50 Hz.

Розраховано основні техніко-економічні показники СЕП підприємства.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електропостачання, біогаз, біогазові установки, оптимізація.

ABSTRACT

UDC 621.315.17

Protsenko L.O. Optimization of electricity consumption regimes at PJSC "Vinnytsia Oil and Fat Plant", Vinnytsia under the conditions of using biogas plants. Master's qualification thesis on specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics, OP - Electrotechnical systems of electricity consumption. Vinnytsia: VNTU, 2022. 103p.

Illustration: 30. Table: 26. Bibliography: 8.

In the work, the optimization of the power supply system of the Private Joint Stock Company "Vinnytsia Oil and Fat Combine" was carried out. Automated selection of the company's power supply system was carried out. A study of the feasibility of using biogas plants at the enterprise was conducted. On the basis of the conducted research, it is proposed to install a biogas plant «FOGO» MAN 400 V 50 Hz indicate the marking

The main technical and economic indicators of the SEP of the enterprise are calculated.

The issue of occupational health and safety in emergency situations was considered.

Key words: electricity supply, biogas, biogas plants, optimization.

ВСТУП

Актуальність роботи. На даний момент маневрування та балансування енергетичної системи України – критична ланка у роботі виробничої інфраструктури, через яке виникає потреба до стабілізації балансу шляхом постійного прогресу у сфері маневрування електросистем. Більшість традиційних електростанцій є важко маневровими, оскільки вони розраховані на фундаментальну підтримку енергосистеми України.

Децентралізація шляхом локального виробництва електроенергії є одним із напрямків вирішення цієї проблеми. Але частка локальних виробництв електроенергії на даний момент є незначною і потребує оптимізації щоб задовольнити інфраструктурні потреби виробництв. Оптимізація режиму електропостачання може відбуватись за рахунок багатьох факторів, таких як: генерування додаткової електричної енергії, зменшення втрат енергії під час її транспортування, впровадження та використання більш енергоефективного обладнання, застосування відновлювальних джерел енергії та їх диверсифікація (сонячні, вітрові, геотермальні, біогазові та інші).

Локальне виробництво електроенергії часто залежить від геолокації, як наприклад – ГЕС, якій потрібні водні ресурси. Аграрний сектор, а більш конкретно – сільськогосподарська діяльність дуже недооцінена галузь яка менш залежна від геолокації але при цьому становить в середньому 10% ВВП і близько 40% експортних надходжень(дані за 2020 рік). Саме в цій галузі є актуальним застосування біогазових установок.

Біогазові установки націлені на вирішення проблем маневрування, а також забезпечують маловідходне виробництво та переробку органічних відходів. Вони звісно не здатні повноцінно замінити традиційні електричні станції, але є цінним спеціалізованим інструментом для локальних сільськогосподарських підприємств, та в свою чергу підтримують децентралізацію енергетичної інфраструктури.

Мета роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» шляхом вибору оптимальних параметрів системи електропостачання та застосування біогазових установок.

Для реалізації поставленої мети сформульовано задачі:

- Дослідження процесів функціонування Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»
- Вибір оптимальних параметрів системи електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»
- Дослідження ефективності застосування та вибір біогазової установки для Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Предмет дослідження: Оптимізація режимів електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця за умов застосування біогазових установок

Наукова новизна. Підвищено ефективність системи електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» шляхом автоматизованого вибору оптимальної системи електропостачання та застосуванням біогазових установок.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати магістерської кваліфікаційної роботи були представлені на міжнародній науковій конференції КУСС-2022 та науковому семінарі кафедри ЕСЕЕМ у 2022 році.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ

1.1 Про підприємство та знайомство з його технологічними процесами

Одне з найбільших підприємств харчової промисловості у Вінницькій області – ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат». Фірма почала своє існування ще у

60-х роках. Займає площу приблизно 30 га. Належить до великих та потужних підприємств, що виробляють рослинні жири й олії у нашій країні. У склад підприємства входить:

1. Миловарний завод.
2. Олійноекстраційний завод.
3. Гідрогенезаційний.

Розщепленням гідрованого технічного жиру займається миловарний завод. Задачею його розщеплювати за допомогою тиску пару гідрований технічний жир в автоклавах. У наслідок цього утворюється гліцерин та жирні кислоти. Наступний етап це обробка жирних кислот двома видами соди, а також нагріванням до 100⁰С. У той ж час гліцерин частка відправляється на склад. У холодильних установках з мильної маси виходить вся волога, далі мило ріжуть на шматки теж за допомогою спеціального обладнання. Потім його запаковують та транспортують до складу, де зберігається готова до продажу продукція.

Завданням олійноекстракційного заводу є перетворення соняшникового зерна. Також, як відомо, насіння надходить сюди з багатьох регіонів України. Під час першого етапу нам потрібно очистити насіння, щоб утворити олію та комбікормові гранули. Також один з етапів для їх утворення це сушка насіння.

Після очищення насіння від лушпайок роблять кормову муку. А самі зерна відправляють до цеху. У ньому відбувається віджим зерна для отримання олії. Пізніше її фільтрують, а насіння, яке залишається, віддається для процесу екстракції. Після цього процесу отримують технічну олію, що входить до складу для виготовлення мила та гліцерину. Виготовлення комбікормових гранул відбувається з лузги та шрот.

Завод, який перетворює олію, яка надходить з олійноекстракційного заводу у очищену та гідрожировану носить назву гідрогенезаційний.

Першою чергою йде етап розподілення, тобто одна з частин прямує до фасувального цеху, а інша до станції, де відбувається розливання. Потім на самій ж станції відбувається також етап відвантаження у залізничні та автомобільні цистерни. Також це завод займається виготовленням саломасу. При поєднанні водню та олії, яку ми отримали з зерн соняшника утворюється саломас. Важливо щоб при створенні цього був задіяний каталізатор та тепло. Матеріал каталізатора має бути відповідним і для нього найкраще підходить мідно-нікелевий. Для того щоб отримати водень необхідно виконати електроліз у спеціально відведеному цеху, що носить назву електролізний цех. Коли отримуємо водень, то його відправляють на зберігання до газгольдерів, але якщо його необхідно використати, то його транспортують по трубі до гідрогенезаційного заводу. Також один з газгольдерів зберігає кисень, який заправляють у балони, які зберігаються на кисне-наповнювальній станції. Існує харчовий та технічний саломас. Перший використовують для виготовлення маргарину та іноді кондитерського жиру. Технічний використовують для миловаріння. Рафінований цех спеціалізується для виготовлення маргарину та кондитерського жиру і наступний етап це фасування та відправлення на склад.

Рисунок 1.1. зображає, як відбувається технологічний процес на підприємстві.

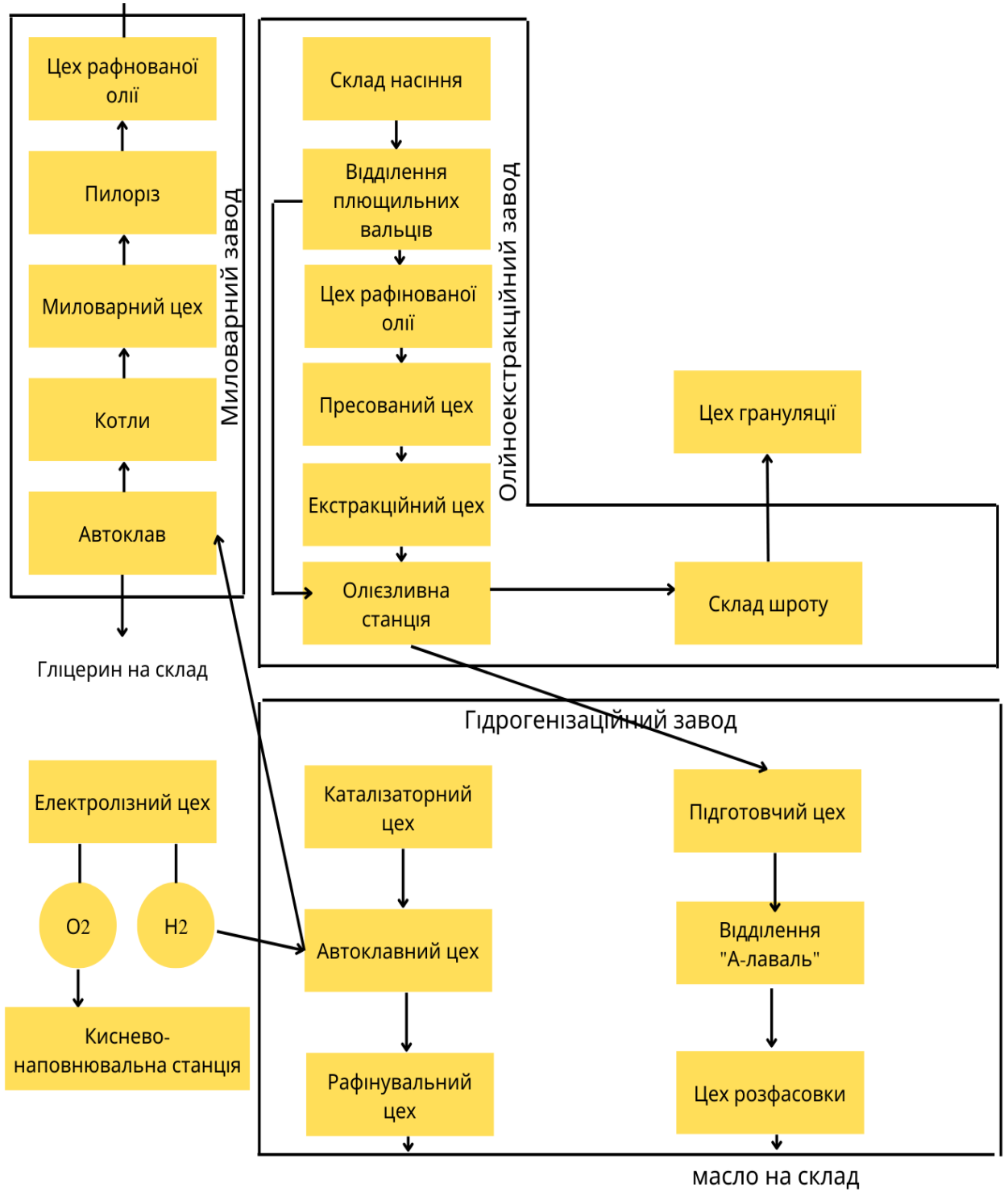


Рисунок 1.1 – Блок-схема технологічного процесу

1.2 Відомості про навантаження підприємства

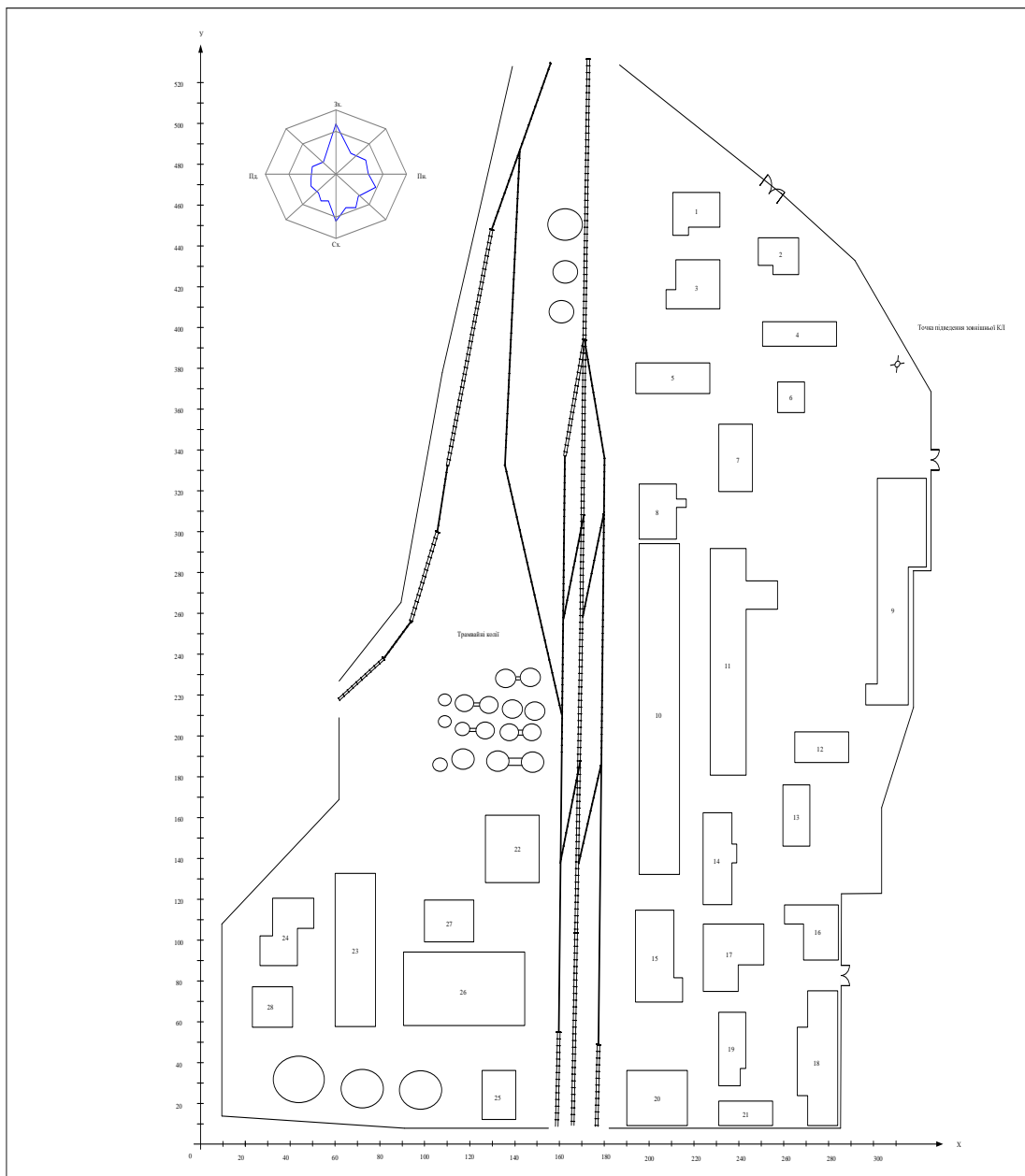


Рисунок 1.2 – Головна схема ПрАТ «ВОЖК»

Були зібрані відомості про навантаження підприємства, які внесені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Електричне навантаження ПрАТ «ВОЖК»

| № на генплані | Найменування | P_н, кВт |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Електролізний цех | 650 |
| 2 | Нагірна станція | 160 |
| 3 | Теплиця | 340 |
| 4 | КНС | 110 |
| 5 | Склад | 75 |
| 6 | Цех напірної флокації | 35 |
| 7 | Цех виробництва маргарину | 135 |
| 8 | Склад мила | 80 |
| 9 | Гараж | 30 |
| 10 | Миловарний завод | 650 |
| 11 | Гідрогазозаційний завод | 780 |
| 12 | Цех напірної флокації | 105 |
| 13 | Механічна майстерня | 75 |
| 14 | Механічна майстерня | 220 |
| 15 | Склад шрота | 70 |
| 16 | Їдальня | 45 |
| 17 | Масло-екстраційний цех | 165 |
| 18 | Адміністративний корпус | 40 |
| 19 | Пресовочний цех | 350 |
| 20 | Бензосховище | 50 |
| 21 | Насосна станція | 120 |
| 22 | Олієзливна | 165 |
| 23 | Елеватор шрота | 270 |
| 24 | Котельня | 620 |
| 25 | Склад шрота | 65 |
| 26 | Склад зерна | 95 |
| 27 | Склад мила | 65 |
| 28 | Склад жирів | 65 |

Висновок. У першому розділі розглянуто технологічний процес олійножирового комбінату. Також описано технологічний процес виробництва. Додано схему технологічного процесу. Отримані дані електричного навантаження виробництва. Потім ці дані використаємо для розробки математичного моделювання.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ КОМБІНАТ»

2.1 Етап розробки бази вихідних даних підприємства та бази даних для силових трансформаторів, кабелів та проводів у Microsoft Excel.

Добре створена та оформлена база даних вважається ключовою складовою за для автоматизованого проектування мережі ЕП підприємства.

Якщо, наша база даних гарно продумана, то це нам відкриває такі можливості:

- 1) Зберігати існуючі дані в одному варіанті, що дає нам змогу оминати весь потрібний контроль рівнозначностей всіх дублікатів даних;
- 2) Централізувати управління інформаційними ресурсами та відповідальність за їх адекватність;
- 3) Дані усіх користувачів синхронізувати;
- 4) Забезпечити:
 - а) щоб дані вводились єдиний раз та використовувались безліч разів;
 - б) зберігання, маніпулювання даними.

На аркуші Excel створено базу даних підприємства. Тут ми вказуємо: номінальну напругу мережі у точці короткого замикання, вхідну реактивну потужність, довжина лінії живлення, час тах втрат та використання тах навантаження, питома вартість втрат та ін. На рисунку 2.1 маємо базу даних у застосунку EXCEL.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|--|---|---|---|---|---|---|-------|---|-----------|--------------|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | БАЗА ДАНИХ | | | | | | | | | | | |
| 3 | ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЕКТУ | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Довжина лінії живлення, км | | | | | | | | | | L= 2 | |
| 6 | Номинальна напруга мережі в точці КЗ, кВ | | | | | | | | | | U= 10 | |
| 7 | Потужність КЗ в характерній точці джерела живлення, МВ. | | | | | | | | | | Skз= 50 | |
| 8 | Зхідна реактивна потужність на одну лінію живлення, кВА _d | | | | | | | | | | Qвх= 825 | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Час використання максимального навантаження, год | | | | | | | | | | Тм= 5000 | |
| 11 | Час максимальних втрат, год | | | | | | | | | | τ= 3410,9338 | |
| 12 | Тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год | | | | | | | | | | t= 2,33765 | |
| 13 | Питома вартість втрат, грн/кВт | | | | | | | | | | Bo= 7973,57 | |
| 14 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | | | Ee= 0,1 | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Відрахування на амортизацію | | | | | | | Ea, % | | Tc, років | | |
| 17 | ПЛ 0,4-10 кВ на з. б. опорах | | | | | | | 3% | | 33 | | |
| 18 | на дерев'яних опорах | | | | | | | 6% | | 17 | | |
| 19 | КЛ 6-10 кВ із свинцевою оболонкою | | | | | | | 2% | | 50 | | |
| 20 | алюмінієвою оболонкою | | | | | | | 4% | | 50 | | |
| 21 | пластмасовою оболонкою | | | | | | | 5% | | 25 | | |
| 22 | ТП 10-750 кВ - електрообладнання | | | | | | | 4,4% | | 23 | | |
| 23 | ТП в цілому | | | | | | | 3,6% | | --- | | |
| 24 | Мачтові ТП та КТП 6-35 кВ | | | | | | | 6,6% | | 16 | | |

Рисунок 2.1 – База загальних даних

Так само створюємо базу даних техніко- економічних даних для трансформаторів, повітряних і кабельних ліній, на тому самому аркуші. Дані записані на рисунок 2.2. Вказуємо такі параметри: потужність T_r (трансформаторів), напруга T_r високої сторони, втрати та напруга кз, втрати та струм хх.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|--|----------|-----------|----------|----------|---------|-------|-------|----------|----------|
| 28 | ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРІВ | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | |
| 30 | Параметри трансформаторів 10 кВ | | | | | | | | | |
| 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 32 | S_T | $U_{нт}$ | $DP_{хх}$ | $DP_{к}$ | $I_{хх}$ | $U_{к}$ | R_T | X_T | $K_{т1}$ | $K_{т2}$ |
| 33 | кВА | кВ | кВт | кВт | % | % | Ом | Ом | тис. грн | тис. грн |
| 34 | 63 | 10 | 0,24 | 1,28 | 2,8 | 4,5 | 32,25 | 63,73 | 110,87 | 269,38 |
| 35 | 100 | 10 | 0,33 | 1,97 | 2,6 | 4,5 | 19,70 | 40,46 | 124,79 | 286,06 |
| 36 | 160 | 10 | 0,51 | 3,1 | 2,4 | 4,5 | 12,11 | 25,38 | 141,69 | 307,83 |
| 37 | 250 | 10 | 0,74 | 4,2 | 2,3 | 4,5 | 6,72 | 16,70 | 165,29 | 335,98 |
| 38 | 400 | 10 | 0,95 | 5,9 | 2,1 | 4,5 | 3,69 | 10,63 | 185,61 | 397,01 |
| 39 | 630 | 10 | 1,31 | 8,5 | 2 | 5,5 | 2,14 | 8,46 | 216,86 | 417,43 |
| 40 | 1000 | 10 | 2,1 | 10,5 | 1,4 | 6 | 1,05 | 5,91 | 299,80 | 561,90 |
| 41 | 1600 | 10 | 2,8 | 18 | 1,3 | 5,5 | 0,70 | 3,36 | 346,01 | 690,63 |
| 42 | 2500 | 10 | 3,85 | 23,5 | 1 | 6,5 | 0,38 | 2,57 | 424,78 | 832,99 |

Рисунок 2.2 – Таблиця техніко-економічних даних силових T_r 10 кВ

Аналогічно, створюємо базу техніко-економічних даних проводів ПЛ та КЛ. Дані зображені на рисунку 2.3. У таблицю внесено активний та реактивний опір для кожного з перерізів повітряних та кабельних ліній, допустимі струми згідно ПУЕ.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|--|-------|-------|------|-------|------------|----------|---|
| 45 | ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛ | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | |
| 47 | АС; АлС; АСК; АлСК; АСКП; АлСКП; АСКС; АлСКС | | | | | | | |
| 48 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 49 | Пере- | Діа- | | | 10 кВ | Dcp = 1250 | | |
| 50 | різ, | метр, | Ro | Ідоп | Хо | Кo1, | Кo2, | |
| 51 | мм ² | мм | Ом/км | А | Ом/км | т.грн/км | т.грн/км | |
| 52 | 10 | 4,5 | 2,766 | 84 | 0,412 | 55,65 | 67,36 | |
| 53 | 16 | 5,6 | 1,801 | 111 | 0,399 | 60,43 | 91,8 | |
| 54 | 25 | 6,9 | 1,176 | 142 | 0,385 | 62,3 | 95,22 | |
| 55 | 35 | 8,4 | 0,79 | 175 | 0,373 | 65,2 | 99,27 | |
| 56 | 50 | 9,6 | 0,603 | 210 | 0,365 | 68,26 | 103,57 | |
| 57 | 70 | 11,4 | 0,428 | 265 | 0,354 | 77,69 | 113,51 | |
| 58 | 95 | 13,5 | 0,31 | 330 | 0,343 | 83,17 | 125,48 | |
| 59 | 120 | 15,2 | 0,25 | 390 | 0,336 | 87,98 | 134,76 | |
| 60 | 150 | 16,8 | 0,199 | 450 | 0,330 | 129,62 | 156,07 | |
| 61 | 185 | 18,8 | 0,158 | 520 | 0,323 | 148,63 | 195,4 | |
| 62 | 240 | 21,6 | 0,122 | 605 | 0,314 | 166,82 | 208,45 | |
| 63 | 300 | 24 | 0,099 | 710 | 0,307 | 178,72 | 226,74 | |

Рисунок 2.3 - База техніко-економічних даних ПЛ

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|---|-------|---------|------|----------|-------|------|----------|
| 66 | ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛ | | | | | | | |
| 67 | | | | | | | | |
| 68 | Алюмінієві кабельні лінії з паперовою ізоляцією | | | | | | | |
| 69 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 70 | Пере- | | 0,38 кВ | | | 10 кВ | | |
| 71 | різ, | Ro | Хо | Ідоп | Кo1, | Хо | Ідоп | Кo1, |
| 72 | мм ² | Ом/км | Ом/км | А | т.грн/км | Ом/км | А | т.грн/км |
| 73 | 10 | 3,1 | 0,073 | 65 | 16,875 | 0,122 | 75 | 21,461 |
| 74 | 16 | 1,94 | 0,0675 | 75 | 23,857 | 0,113 | 90 | 31,012 |
| 75 | 25 | 1,24 | 0,0662 | 90 | 34,362 | 0,099 | 115 | 44,669 |
| 76 | 35 | 0,89 | 0,0637 | 115 | 44,919 | 0,095 | 140 | 58,394 |
| 77 | 50 | 0,62 | 0,0625 | 140 | 63,911 | 0,09 | 165 | 83,084 |
| 78 | 70 | 0,403 | 0,0612 | 165 | 87,406 | 0,086 | 210 | 143,627 |
| 79 | 95 | 0,326 | 0,0602 | 205 | 113,281 | 0,083 | 240 | 177,265 |
| 80 | 120 | 0,258 | 0,0602 | 240 | 143,348 | 0,081 | 275 | 216,352 |
| 81 | 150 | 0,206 | 0,0596 | 275 | 176,726 | 0,079 | 310 | 259,745 |
| 82 | 185 | 0,167 | 0,0596 | 310 | 237,947 | 0,077 | 355 | 349,330 |
| 83 | 240 | 0,129 | 0,0587 | 355 | 330,010 | 0,075 | 385 | 459,012 |

Рисунок 2.4 - База техніко-економічних даних для КЛ

2.2 Розрахунки навантаження цехів підприємства за допомогою програми Excel, а саме застосування методу коефіцієнтів використання та попиту

Щоб визначити максимальну здатність споживання електричної енергії при нормальних умовах роботи електроприймачем, який виконує роботу. Нам потрібно зібрати дані номінальної потужності споживання електричної енергії і тоді ми отримаємо точні дані для знаходження електричних навантажень. Створимо таблицю, знайти розрахункову потужність цехів та підприємства. Для цього потрібно внести певні дані такі, як: потужність номінальна, коефіцієнти(потужності, використання, попиту, використання та попиту освітлювального навантаження), площі цехів, коефіцієнти питомої густини освітлювального навантаження та потужності висвітлення.

Активна потужність висвітлення i -того маслоцеху:

$$P_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot P_{numi} \cdot k_{npa}, \quad (2.1)$$

Реактивна потужність висвітлення i -того маслоцеху:

$$Q_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot P_{numi} \cdot k_{npa} \cdot tg\phi, \quad (2.2)$$

де K_{noi} - коефіцієнт попиту висвітлювального навантаження i -того виробничого цеху.

F_i - повна площа i -того виробничого цеху, м²;

P_{numi} - питома щільність висвітлювального навантаження i -того виробничого цеху, кВт/м²;

$k_{пра}$ - коефіцієнт розходу потужності в регулювальній апаратурі для виробничого цеху;

tg_o - коефіцієнт реактивної потужності освітлювальної мережі підприємства.

Середнє активне навантаження і-того цеху виробництва:

$$P_{ci} = K_{vi} \cdot P_{номі} + P_{poi}, \quad (2.3)$$

де $P_{номі}$ - номінальна потужність і-того виробничого цеху, кВт;

K_{vi} - коефіцієнт споживання і-того виробничого цеху

Середнє реактивне навантаження і-того виробничого цеху:

$$Q_{ci} = P_{ci} \cdot tg\varphi_i, \quad (2.4)$$

де $tg\varphi_i$ - коефіцієнт реактивної потужності і-того виробничого цеху.

Повне середнє навантаження і-того цеху підприємства:

$$S_{ci} = \sqrt{P_{cmi}^2 + Q_{cmi}^2}. \quad (2.5)$$

Активне обчислювальне навантаження і-того виробничого цеху:

$$P_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номі} + P_{poi}, \quad (2.6)$$

де K_{ni} - коефіцієнт споживання і-того виробничого цеху

Реактивне обчислювальне навантаження і-того виробничого цеху:

$$Q_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номі} \cdot tg\varphi_i + Q_{poi}, \quad (2.7)$$

Повне обчислювальне навантаження i -того виробничого цеху:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2}, \quad (2.8)$$

Обчислювальний струм i -того виробничого цеху підприємства:

$$I_{pi} = \frac{S_{pi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.9)$$

де $U_{ном}$ - номінальна напруга мережі для виробничого підприємства.

Навантаження всіх виробничих цехів:

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{ci}; \quad (2.10)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{ci}; \quad (2.11)$$

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{номi} \cdot k_{\Pi} \right) \cdot K_o + P_{po\Sigma}; \quad (2.12)$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{номi} \cdot k_{\Pi} \cdot tg_{\varphi} \right) \cdot K_o + Q_{po\Sigma}; \quad (2.13)$$

де $P_{c\Sigma}$ - сумарна середня активна потужність підприємства, кВт;

$Q_{c\Sigma}$ - сумарна середня реактивна потужність заводу, кВАр;

$Q_{P\Sigma}$ - сумарна розрахункова реактивна потужність виробництва, кВАр;

K_o - коефіцієнт одночасності максимумів навантаження підприємства.

N - кількість цехів підприємства.

Формула для обчислення повного сумарного навантаження виробництва:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2}, \quad (2.14)$$

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2}, \quad (2.15)$$

де $S_{c\Sigma}$ - повне середнє навантаження підприємства;

$S_{P\Sigma}$ - повне розрахункове навантаження підприємства;

Сумарний струм підприємства:

$$I_{P\Sigma} = \frac{S_{P\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}. \quad (2.16)$$

У програмі EXCEL для зручності використовуємо табличні форми на листі під назвою «Навантаження». Імена задаються потрібним коміркам та діапазонами, що задані на рисунку 2.5.

Розрахунки для різних величин наводяться з колонки O4:O31 до колонки V4:V31.

Отримали результати розрахунків: повна середня потужність заводу складає $S_{с\text{сум}}=3210,8$ кВА, а повна розрахункова потужність підприємства з урахуванням коефіцієнта одночасності максимумів навантаження становить $S_{р\text{сум}}=4208,14$ кВА.

| № | Цех | Дані сили | Світло | | | | | | | | | | | | Середні навантаження | | | | | | Розрах. навантаження | | | | | | U | V |
|----|---------------------------|-----------|--------|------|------|------|-------|---------|---------|-----|-------|-------|-------|----------|----------------------|----------|---------|---------|----------|---------|----------------------|-----------|--------|---|--|--|---|---|
| | | | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | | | | |
| № | Цех | н, кВт | cos | tg | Кл | Кв | Кв | поша, м | Кл0 шт. | Воз | Кл0ра | tg0 | квар | Рр0, кВт | Сс, кВт | Qс, квар | Sc, кВт | Рр, кВт | Qр, квар | Sp, кВт | Ur, А | Vr, кВт.м | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | | | | | | |
| 1 | Електролізний цех | 650 | 0,65 | 1,17 | 0,5 | 0,4 | 800 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 4,84 | 11,26 | 271,26 | 303,82 | 411,04 | 336,26 | 384,81 | 511,03 | 776,43 | 0,64 | 0,64 | | | | | | |
| 2 | Нагрівна станція | 160 | 0,8 | 0,75 | 0,6 | 0,4 | 358 | 0,7 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 1,90 | 4,41 | 68,41 | 49,90 | 84,67 | 100,41 | 73,90 | 124,67 | 189,42 | 0,35 | 0,35 | | | | | | |
| 3 | Теплиця | 340 | 0,8 | 0,75 | 0,2 | 0,15 | 673 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 2,67 | 6,22 | 57,22 | 40,92 | 70,35 | 74,22 | 53,67 | 91,59 | 139,16 | 0,14 | 0,14 | | | | | | |
| 4 | КНС | 110 | 0,65 | 1,17 | 0,5 | 0,35 | 433 | 0,7 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 2,29 | 5,33 | 43,83 | 47,31 | 64,49 | 60,33 | 66,60 | 89,86 | 136,53 | 0,21 | 0,21 | | | | | | |
| 5 | Склад | 75 | 0,7 | 1,02 | 0,35 | 0,15 | 589 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 2,34 | 5,44 | 16,69 | 11,82 | 21,67 | 31,69 | 29,12 | 43,04 | 65,39 | 0,07 | 0,07 | | | | | | |
| 6 | Цех напірної флокації | 35 | 0,8 | 0,75 | 0,6 | 0,4 | 200 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 1,21 | 2,82 | 16,82 | 11,71 | 20,49 | 23,82 | 16,96 | 29,24 | 44,42 | 0,15 | 0,15 | | | | | | |
| 7 | Цех виробництва маргарину | 135 | 0,7 | 1,02 | 0,4 | 0,25 | 465 | 0,9 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 3,17 | 7,37 | 41,12 | 37,60 | 55,72 | 61,37 | 58,26 | 84,62 | 128,56 | 0,18 | 0,18 | | | | | | |
| 8 | Склад мила | 80 | 0,7 | 1,02 | 0,5 | 0,35 | 370 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 1,47 | 3,42 | 31,42 | 30,04 | 43,47 | 43,42 | 42,28 | 60,60 | 92,08 | 0,16 | 0,16 | | | | | | |
| 9 | Гарж | 30 | 0,7 | 1,02 | 0,3 | 0,15 | 1775 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 7,05 | 16,40 | 20,90 | 11,64 | 23,93 | 25,40 | 16,23 | 30,15 | 45,30 | 0,02 | 0,02 | | | | | | |
| 10 | Міловарний завод | 650 | 0,5 | 1,73 | 0,5 | 0,4 | 3285 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 19,89 | 46,25 | 306,25 | 470,22 | 561,16 | 371,25 | 582,81 | 691,01 | 1049,88 | 0,21 | 0,21 | | | | | | |
| 11 | Гідрогемазіційний завод | 780 | 0,5 | 1,73 | 0,5 | 0,35 | 1780 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 10,78 | 25,06 | 298,06 | 483,63 | 568,10 | 415,06 | 686,28 | 802,03 | 1218,56 | 0,45 | 0,45 | | | | | | |
| 12 | Цех напірної флокації | 105 | 0,8 | 0,75 | 0,6 | 0,45 | 325 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 1,97 | 4,58 | 51,83 | 37,41 | 63,91 | 67,58 | 49,22 | 83,60 | 127,02 | 0,26 | 0,26 | | | | | | |
| 13 | Механічна майстерня | 75 | 0,6 | 1,33 | 0,4 | 0,25 | 386 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 2,34 | 5,43 | 24,18 | 27,34 | 36,50 | 35,43 | 42,34 | 55,21 | 83,38 | 0,14 | 0,14 | | | | | | |
| 14 | Механічна майстерня | 220 | 0,6 | 1,33 | 0,2 | 0,15 | 670 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 4,06 | 9,43 | 42,43 | 48,06 | 64,11 | 53,43 | 62,72 | 82,40 | 125,19 | 0,12 | 0,12 | | | | | | |
| 15 | Склад шроту | 70 | 0,7 | 1,02 | 0,3 | 0,2 | 750 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 2,98 | 6,93 | 20,93 | 17,26 | 27,13 | 27,93 | 24,40 | 37,09 | 56,35 | 0,05 | 0,05 | | | | | | |
| 16 | Дальня | 45 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,4 | 510 | 0,9 | 0,02 | 1,1 | 0,43 | 4,34 | 10,10 | 28,10 | 17,84 | 33,28 | 41,60 | 27,97 | 50,13 | 76,16 | 0,10 | 0,10 | | | | | | |
| 17 | Масло-екстраційний цех | 165 | 0,7 | 1,02 | 0,7 | 0,4 | 654 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 3,96 | 9,21 | 75,21 | 71,29 | 103,63 | 124,71 | 121,79 | 174,32 | 264,84 | 0,27 | 0,27 | | | | | | |
| 18 | Адміністративний корпус | 40 | 0,8 | 0,75 | 0,4 | 0,25 | 1000 | 0,9 | 0,02 | 1,1 | 0,43 | 8,51 | 19,80 | 29,80 | 16,01 | 33,83 | 35,80 | 20,51 | 41,26 | 62,69 | 0,04 | 0,04 | | | | | | |
| 19 | Прозовний цех | 350 | 0,7 | 1,02 | 0,4 | 0,2 | 365 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 2,21 | 5,14 | 75,14 | 73,62 | 105,20 | 145,14 | 145,04 | 205,19 | 311,75 | 0,56 | 0,56 | | | | | | |
| 20 | Веносховище | 50 | 0,7 | 1,02 | 0,2 | 0,15 | 601 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 2,39 | 5,55 | 13,05 | 10,04 | 16,47 | 15,55 | 12,59 | 20,01 | 30,40 | 0,03 | 0,03 | | | | | | |
| 21 | Нагнвня станція | 170 | 0,8 | 0,75 | 0,6 | 0,45 | 715 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 0,85 | 1,99 | 55,99 | 41,35 | 69,60 | 73,99 | 54,85 | 92,10 | 139,94 | 0,43 | 0,43 | | | | | | |
| 22 | Опізгнвня | 165 | 0,8 | 0,75 | 0,5 | 0,4 | 734 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 2,92 | 6,78 | 72,78 | 52,42 | 89,69 | 89,28 | 64,79 | 110,31 | 167,61 | 0,15 | 0,15 | | | | | | |
| 23 | Елеватор шроту | 270 | 0,7 | 1,02 | 0,4 | 0,35 | 1435 | 0,7 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 7,60 | 17,68 | 112,18 | 104,01 | 152,98 | 125,68 | 117,78 | 172,25 | 261,70 | 0,12 | 0,12 | | | | | | |
| 24 | Когельня | 620 | 0,6 | 1,33 | 0,6 | 0,4 | 610 | 0,8 | 0,016 | 1,1 | 0,43 | 3,69 | 8,59 | 256,59 | 334,36 | 421,47 | 380,59 | 499,69 | 628,13 | 954,34 | 1,03 | 1,03 | | | | | | |
| 25 | Склад шроту | 65 | 0,7 | 1,02 | 0,3 | 0,15 | 390 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 1,55 | 3,60 | 13,35 | 11,50 | 17,62 | 23,10 | 21,44 | 31,52 | 47,39 | 0,08 | 0,08 | | | | | | |
| 26 | Склад зерна | 95 | 0,8 | 0,75 | 0,2 | 0,15 | 2280 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 9,06 | 21,07 | 35,32 | 19,75 | 40,46 | 40,07 | 23,31 | 46,35 | 70,43 | 0,02 | 0,02 | | | | | | |
| 27 | Склад жирів | 65 | 0,7 | 1,02 | 0,3 | 0,15 | 1123 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 4,46 | 10,38 | 20,13 | 14,41 | 24,75 | 29,88 | 24,35 | 38,54 | 58,56 | 0,03 | 0,03 | | | | | | |
| 28 | Склад мила | 65 | 0,7 | 1,02 | 0,3 | 0,15 | 750 | 0,7 | 0,012 | 1,1 | 0,43 | 2,98 | 6,93 | 16,68 | 12,92 | 21,10 | 26,43 | 22,87 | 34,95 | 53,10 | 0,05 | 0,05 | | | | | | |
| 29 | Всього по підприємству | 5630 | | | | | 23526 | | | | | | | 123,485 | 287,174 | 2115,67 | 2415,19 | 3210,8 | 2749,81 | 3185,44 | 4208,14 | 6393,61 | 0,1789 | | | | | |

Рисунок 2.5 - Таблиця з розрахунками навантаження підприємства

2.3 Обчислення потужності цехових ТП і визначення їх кількості

Під час вибору трансформаторів для ТП, необхідно дотримуватись таких вимог технічного завдання:

- річні приведені затрати в підстанцію є показником, який впливає на ефективність вибору трансформаторів ТП;
- кількість стандартних потужностей трансформаторів цехових ТП підприємства не повинна перевищувати дві або максимум 3.

Наше підприємство відноситься до 2-ої категорії ЕП(електропостачання), отже необхідно, щоб наша система ЕП була надійною, через це всі цехи заживлено дво-трансформаторними підстанціями. Враховуючи питому густину навантаження $\Sigma\rho_0 = 0,17$ кВА/м², рекомендується обирати трансформатори потужністю більше ніж тисяча кВА. Доцільним рішенням є розподілити навантаження між 4-ма ЦТП, оскільки територія підприємства є дуже великою на якій розташовані споживачі 2 категорії. Оскільки, не можна допускати значних перерв в ЕП, то ЦТП мають бути обрані двотрансформаторні. Прийнято рішення, що 1-ша ЦТП буде жити з першого по восьмий цех підприємства, тоді 2-га ЦТП з дев'ятого по чотирнадцятий, а 3-тя та 4-та ЦТП цехи з п'ятнадцятого по сімнадцятий і з двадцять другого по двадцять восьмий відповідно. Також при встановленні чотирьох ЦТП допоможе нам знизити довжину кабельних ліній 0,38 кВ і це призведе до зменшення втрат потужності.

Розподілення цехів підприємства поміж ЦТП та навантаження на кожне ЦТП зображено на рисунку 2.6.

| | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|------|--------|---------------------------|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| | № ТП | № цеху | Назва цеху | Розрахункова активна потужність Pr, кВт | Розрахункова реактивна потужність Qr, кВАр | Повна розрахункова потужність Sp, кВА | Середня активна потужність Ps, кВт | Середня реактивна потужність Qs, кВАр | Повна середня потужність Sc, кВА |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | ТП1 | 1 | Електролізний цех | 336,26 | 384,81 | 511,03 | 271,26 | 308,82 | 411,04 |
| 3 | | 2 | Напірна станція | 100,41 | 73,90 | 124,67 | 68,41 | 49,90 | 84,67 |
| 4 | | 3 | Теплиця | 74,22 | 53,67 | 91,59 | 57,22 | 40,92 | 70,35 |
| 5 | | 4 | КНС | 60,33 | 66,60 | 89,86 | 43,83 | 47,31 | 64,49 |
| 6 | | 5 | Склад | 31,69 | 29,12 | 43,04 | 16,69 | 13,82 | 21,67 |
| 7 | | 6 | Цех напірної флокації | 23,82 | 16,96 | 29,24 | 16,82 | 11,71 | 20,49 |
| 8 | | 7 | Цех виробництва маргарину | 61,37 | 58,26 | 84,62 | 41,12 | 37,60 | 55,72 |
| 9 | | 8 | Склад мила | 43,42 | 42,28 | 60,60 | 31,42 | 30,04 | 43,47 |
| 10 | | | | Всього по ТП1 | 731,52 | 725,60 | 1030,34 | 546,77 | 540,11 |
| 11 | ТП2 | 9 | Гараж | 25,40 | 16,23 | 30,15 | 20,90 | 11,64 | 23,93 |
| 12 | | 10 | Милловарний завод | 371,25 | 582,81 | 691,01 | 306,25 | 470,22 | 561,16 |
| 13 | | 11 | Гідрогенезаційний завод | 415,06 | 686,28 | 802,03 | 298,06 | 483,63 | 568,10 |
| 14 | | 12 | Цех напірної флокації | 67,58 | 49,22 | 83,60 | 51,83 | 37,41 | 63,91 |
| 15 | | 13 | Механічна майстерня | 35,43 | 42,34 | 55,21 | 24,18 | 27,34 | 36,50 |
| 16 | | 14 | Механічна майстерня | 53,43 | 62,72 | 82,40 | 42,43 | 48,06 | 64,11 |
| 17 | | | | Всього по ТП2 | 968,16 | 1439,59 | 1734,87 | 743,66 | 1078,29 |
| 18 | ТП3 | 15 | Склад шрота | 27,93 | 24,40 | 37,09 | 20,93 | 17,26 | 27,13 |
| 19 | | 18 | Адміністративний корпус | 35,80 | 20,51 | 41,26 | 29,80 | 16,01 | 33,83 |
| 20 | | 19 | Пресовочний цех | 145,14 | 145,04 | 205,19 | 75,14 | 73,62 | 105,20 |
| 21 | | 20 | Бензосховище | 15,55 | 12,59 | 20,01 | 13,05 | 10,04 | 16,47 |
| 22 | | 21 | Насосна станція | 73,99 | 54,85 | 92,10 | 55,99 | 41,35 | 69,60 |
| 23 | | 16 | Ідальня | 41,60 | 27,97 | 50,13 | 28,10 | 17,84 | 33,28 |
| 24 | | 17 | Масло-екстраційний цех | 124,71 | 121,79 | 174,32 | 75,21 | 71,29 | 103,63 |
| 25 | | | | Всього по ТП3 | 464,72 | 407,16 | 617,85 | 298,22 | 247,43 |
| 26 | ТП4 | 22 | Олієзливна | 89,28 | 64,79 | 110,31 | 72,78 | 52,42 | 89,69 |
| 27 | | 23 | Елеватор шрота | 125,68 | 117,78 | 172,25 | 112,18 | 104,01 | 152,98 |
| 28 | | 24 | Котельня | 380,59 | 499,69 | 628,13 | 256,59 | 334,36 | 421,47 |
| 29 | | 25 | Склад шрота | 23,10 | 21,44 | 31,52 | 13,35 | 11,50 | 17,62 |
| 30 | | 26 | Склад зерна | 40,07 | 23,31 | 46,35 | 35,32 | 19,75 | 40,46 |
| 31 | | 27 | Склад жирів | 29,88 | 24,35 | 38,54 | 20,13 | 14,41 | 24,75 |
| 32 | | 28 | Склад мила | 26,43 | 22,87 | 34,95 | 16,68 | 12,92 | 21,10 |
| 33 | | | | Всього по ТП4 | 715,03 | 774,24 | 1053,91 | 527,03 | 549,36 |

Рисунок 2.6 – Розподіл цехів між ЦТП

Застосовуємо програму EXCEL за для автоматизованого розв'язку задачі вибору Тр, визначивши необхідні дані:

- 1) моделі трансформаторів (ТМ);
- 2) середню потужність та розрахункову потужність по ТП підприємства;
- 3) нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень в ТП підприємства = 0,1 ;
- 4) коефіцієнт виробничих відрахувань на амортизацію в ТП підприємства
- 5) питому вартість виробничих втрат V_0 , грн./кВт, записано та розраховано в загальній базі даних;
- 6) кількість трансформаторів ТП підприємства k_T , шт.;
- 7) коефіцієнт навантаження в нормальному стані $k_H=1$.

Створимо математичну модель для обрання потужності трансформаторів цехових ТП підприємства. Змінною даної моделі буде S_T - потужність

трансформатора, яка є керованою, а показником ефективності Z - річні приведені затрати в ТП підприємства.

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T) \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}}, \quad (2.17)$$

де $B_{ТП}(S_T)$ - щорічні виробничі витрати в ТП підприємства S_T :

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.18)$$

де E_e - коефіцієнт результативності інвестицій підприємства;

E_a - коефіцієнт виробничих відрахувань на амортизацію підприємства;

$K_{ТП}(S_T, K_T)$ - інвестиція в ТП підприємства в залежності від виробничої потужності S_T та численності трансформаторів k_T .

$B_B(S_T)$ - вартість річних розходів електроенергії підприємства, визначається як:

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K_3^2) \cdot k_T \cdot t \cdot \tau, \quad (2.19)$$

де $\Delta P_{xx}(S_T)$ - розходи xx трансформатора потужністю S_T ;

$\Delta P_{кз}(S_T)$ - розходи $кз$ трансформатора потужністю S_T ;

k_T - чисельність трансформаторів;

K_3 - коефіцієнт загрузки T_r ;

S_{CT} - множина базових потужностей трансформаторів, МВА;

τ - кількість годин які призводять до максимальних розходів.

Формула для розрахування коефіцієнту загрузки трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_{ТП}}{S_{ТП} \cdot k_T}. \quad (2.20)$$

Змінні втрати активної потужності в Тр:

$$\Delta P_{зм} = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_p^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right), \quad (2.21)$$

$\Delta P_{кз}$ - втрати кз Тр;

S_T - потужність Тр ТП;

k_T - кількість Тр.

Постійні втрати активної потужності:

$$\Delta P_{пс} = \Delta P_{хх} \cdot k_T. \quad (2.22)$$

Для визначення загальних втрат активної енергії, застосовуємо наступну формулу:

$$\Delta P = \Delta P_{пс} + \Delta P_{зм}. \quad (2.23)$$

Враховуємо обмеження для розв'язку задачі[5]:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{ТПсм}, \quad (2.24)$$

де $S_{ТПсм}$ - середня потужність ТП.

$$k_T \geq 1 \Rightarrow k_{на} \cdot S_T \geq k_{нна} \cdot S_{ТП}, \quad (2.25)$$

По мінімуму створено таблицю у Excel на листі ТП1, автоматизовано обрати оптимальну потужність ЦТП 1(рисунок 2.7).

Коефіцієнт $k_{\text{нпа}} = 0,8$ тому, що при аварійній ситуації дозволено відключити до 20% навантаження цехів підприємства, що живляться від ЦТП 1.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|---|---------|-----------|-----------|----------------|----------------|-----------|-----------|---------|--------------------------|--------------|---------|-----|----------|----------|
| 1 | Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Дані нормального режиму | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Розрахункова потужність ТП, кВА | | | | | | | | | | Sp= | 1030,34 | | | |
| 4 | Середня потужність ТП, кВА | | | | | | | | | | Sc= | 768,552 | | | |
| 5 | Кількість трансформаторів | | | | | | | | | | kt= | 2 | | | |
| 6 | Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі | | | | | | | | | | kn= | 1 | | | |
| 7 | Дані післяаварійного режиму | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі | | | | | | | | | | kpa= | 1,3 | | | |
| 9 | Доля навантаження в п.а. режимі | | | | | | | | | | knpa= | 0,8 | | | |
| 10 | Економічні характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Питома вартість втрат, грн/кВт | | | | | | | | | | Bo= | 7973,57 | | | |
| 12 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | | | Ee= | 0,1 | | | |
| 13 | Коефіцієнт відрахувань на амортизацію | | | | | | | | | | Ea= | 0,036 | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | * | St, кВА | dPкз, кВт | dPxx, кВт | Kтп, тис. грн. | E*K, тис. грн. | dPзм, кВт | dPпс, кВт | dP, кВт | Вв, тис. грн. | З, тис. грн. | * | X | обмеж. 1 | обмеж. 2 |
| 16 | | 63 | 1,28 | 0,24 | 269,381 | 36,6358 | 171,184 | 0,48 | 171,664 | 1368,78 | --- | | --- | --- | --- |
| 17 | | 100 | 1,97 | 0,33 | 286,059 | 38,904 | 104,569 | 0,66 | 105,229 | 839,048 | --- | | --- | --- | --- |
| 18 | | 160 | 3,1 | 0,51 | 307,828 | 41,8646 | 64,2772 | 1,02 | 65,2972 | 520,652 | --- | | --- | --- | --- |
| 19 | | 250 | 4,2 | 0,74 | 335,981 | 45,6934 | 35,6701 | 1,48 | 37,1501 | 296,219 | --- | | --- | --- | --- |
| 20 | | 400 | 5,9 | 0,95 | 397,006 | 53,9928 | 19,5734 | 1,9 | 21,4734 | 171,22 | --- | | --- | + | --- |
| 21 | | 630 | 8,5 | 1,31 | 417,428 | 56,7702 | 11,3677 | 2,62 | 13,9877 | 111,532 | --- | | --- | + | --- |
| 22 | V | 1000 | 10,5 | 2,1 | 561,896 | 76,4179 | 5,57345 | 4,2 | 9,77345 | 77,9293 | 154,347 | V | + | + | + |
| 23 | | 1600 | 18 | 2,8 | 690,625 | 93,925 | 3,73222 | 5,6 | 9,33222 | 74,4111 | 168,336 | | + | + | + |
| 24 | | 2500 | 23,5 | 3,85 | 832,99 | 113,287 | 1,99583 | 7,7 | 9,69583 | 77,3104 | 190,597 | | + | + | + |
| 25 | | | | | | | | | | Zмін= | 154,347 | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | Опт. Пот. Трансформатора | St*= | 1000 | | | |

Рисунок 2.7 – Обрання потужності для ЦТП1

Виконавши розрахунки бачимо, що оптимальна потужність T_p для ЦТП1 має = 1000кВА. Затрати для встановлення двотрансформаторної ЦТП1 = 154,4 тис. грн.

Такі самі розрахунки робимо для ЦТП2-ЦТП4 на листах Excel «ТП2»-«ТП4» відповідно результати записані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Вибір потужності ТП

| Ділянка | Sc, кВА | Sp, кВА | Марка ТА | Sn, кВА | Кількість | Приведені затрати тис.грн. |
|---------|---------|---------|------------|---------|-----------|----------------------------|
| ТП1 | 768,552 | 1030,34 | ТМ-1000/10 | 1000 | 2 | 154,347 |
| ТП2 | 1309,9 | 1734,9 | ТМ-2500/10 | 2500 | 2 | 219,8 |
| ТП3 | 387,497 | 617,852 | ТМ-630/10 | 630 | 2 | 110,254 |
| ТП4 | 761,28 | 1053,9 | ТМ-1000/10 | 1000 | 2 | 156,40 |

2.4 Втрати потужності в цехових ТП підприємства

Для вибору зовнішньої лінії живлення потрібно провести розрахунок розходів потужності в трансформаторах ЦТП. По цій лінії протікатиме не тільки потужність навантаження, а ще й розхідна потужність в трансформаторах ЦТП. Якщо не брати до уваги ці втрати, це спричинить вибір перерізу зовнішньої лінії по зниженій потужності, а це в свою чергу призведе до недопустимих умов роботи лінії живлення.

Розходи потужності в ТП для виробничих цехів розраховують за формулами втрат реактивної та активної потужності. Створюємо в застосунку Excel аркуш під назвою втрати та проводимо там розрахунки.

Формула для розрахування втрат активної потужності для всіх ТП виробничих цехів:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2, \quad (2.26)$$

де ΔP_{TP} - втрати активної потужності ТП, кВт;

n - чисельність Тр в ТП;

ΔP_{xx} - втрати холостого ходу Тр, кВт;

$\Delta P_{кз}$ - втрати короткого замикання Тр, кВт;

S_p - загальна розрахункова потужність на ТП, кВА;

$S_{ном.тр}$ - номінальна повна потужність Тр ТП.

Втрати реактивної потужності для всіх ТП виробничих цехів розраховують за формулою:

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{ном.тр} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_p^2}{S_{ном.тр}}, \quad (2.27)$$

де ΔQ_{TP} - втрати реактивного навантаження ТП, кВАр;

I_{xx} - струм хх Тр, А;

$U_{кз}$ - напруга кз, % від номінальної.

Розрахунки втрат потужності в цехових ТП підприємства та назви діапазонів, комірок задані на рисунку 2.8.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|---|--------|----------------|----|--------------|--------------|--------|-------|---------|-------------|---------|--------------|---------------|--------------|---------|------------|
| 2 | № ТП | Sном_т, кВА | кг | dPxx, кВт | dPкз, кВт | Ixx, % | Uк, % | Pp, кВт | Qp, кВАр | Sp, кВА | dPтр, кВт | dQтр, кВАр | dSтр, кВА | P, кВт | Q, кВАр |
| 3 | 1 | 1000 | 2 | 2,1 | 10,5 | 1,4 | 6 | 731,52 | 725,595 | 1030,34 | 9,77345 | 59,8483 | 60,6411 | 741,294 | 785,443347 |
| 4 | 2 | 2500 | 2 | 3,85 | 23,5 | 1 | 6,5 | 968,161 | 1439,59 | 1734,87 | 13,3584 | 89,127 | 90,1225 | 981,519 | 1528,72088 |
| 5 | 3 | 630 | 2 | 1,31 | 8,5 | 2 | 5,5 | 464,715 | 407,161 | 617,852 | 6,70767 | 41,8633 | 42,3972 | 471,423 | 449,024344 |
| 6 | 4 | 1000 | 2 | 2,1 | 10,5 | 1,4 | 6 | 715,027 | 774,243 | 1053,91 | 10,0313 | 61,3215 | 62,1366 | 725,059 | 835,564322 |
| 7 | Всього | | | | | | | 2749,81 | 3185,44 | | 39,8707 | 252,16 | 255,293 | 2789,68 | 3437,59749 |

Рисунок 2.8 - Втрати потужності в цехових ТП підприємства

2.5 Оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення підприємства

Компанія розташована на відстані 1.8 км від розподільчої підстанції 110/10 кВ. Щоб ми могли зажити наші ЦРП, потрібно зробити оптимальний вибір щодо перерізу зовнішньої лінії живлення, який буде жити все підприємство від п/ст.

Створюємо лист Excel під назвою "КЛ-ЦРП" та створюємо електронну таблицю, щоб обрати оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення, що буде містити у собі стандартні перерізи КЛ та допустимі струми. Таблиця буде сама розраховувати мінімум річних приведених затрат від перерізу КЛ, що є керованою змінною. Мінімум річних приведених затрат взято за критерій оптимальності.

Складемо математичну модель вибору оптимальних перерізів КЛ 10 кВ [13].

Керована змінна: переріз КЛ (мм²).

Множина доступних рішень: множина всіх стандартних перерізів КЛ 10 кВ.

ПЕР – річні приведені затрати.

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_l \\ k_{\text{на}} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{\text{на}} \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ \Delta U_{\text{на}}(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ F \geq F_{\text{кз}} \\ F \in X \end{array} \right. \quad (2.28)$$

де $K_0(F)$ – питома вартість КЛ, яка залежна від чисельності ліній та їх перерізу;

I_l – струм однієї лінії;

$I_{\text{доп}}(F)$ – допустимий струм по перерізу;

$K_{\text{доп}}(F)$ - коефіцієнт допустимого навантаження;

$\Delta U_n(F)$ – втрати напруги в лінії в нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{на}}F$ – втрати напруги в лінії перерізом x в після аварійному режимі;

$\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимі втрати напруги;

$k_{\text{доп}}$ – коефіцієнт допустимого навантаження, $k_{\text{доп}} = k_{\text{п}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{зр}}$;

$I_{\text{кз}}$ – струм кз на початку лінії;

t_n – наведений час кз (с) $\approx 1,5$ с;

C – тепловий коефіцієнт $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{\text{мм}^2}$.

Обмеження керованої змінної:

1) В нормальному режимі переріз КЛ за умовою допустимості нагрівання обирається за цим виразом:

$$k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot k_l}, \quad (2.29)$$

де $k_{\text{доп}}$ - корегувальний коефіцієнт струмів, який залежить від температури землі і повітря, згідно ПУЕ[1] (таблиця 1.3.3);

$I_{\partial on}(x)$ - нормований довготривалий струм навантаження, що залежить від перерізу КЛ, А;

S_p - загальна потужність навантаження, кВА;

$U_{ном}$ - номінальна напруга КЛ.

Формула для визначення коефіцієнту $k_{\partial on}$:

$$k_{\partial on} = k_{сер} \cdot k_{зр} \cdot k_{пр}, \quad (2.30)$$

де $k_{сер}$ - коефіцієнт середовища (ПУЕ[1], табл. 1.3.49). Через те, що ПУЕ не передбачає ніяких додаткових умов прокладання $k_{сер} = 1$;

$k_{пр}$ - коефіцієнт протягання, включає особливості та тип прокладки ліній.

Якщо вважати, що прокладається повітряна лінія $k_{пр} = 1$;

$k_{зр}$ - коефіцієнт, який включає особливості та тип ґрунту. Оскільки, живляча лінія буде повітряною, то $k_{зр}$ не враховується.

$$k_{\partial on} = 1 \cdot 1 = 1.$$

2) У післяаварійному режимі переріз КЛ за умовою допустимості нагрівання в визначаємо за формулою:

$$k_{на} \cdot k_{\partial on} \cdot I_{\partial on}(x) \geq k_{л} \cdot I_{л} \cdot k_{н.на}, \quad (2.31)$$

де $k_{на}$ - коефіцієнт перевантаження для кабельних ліній у післяаварійному режимі;

$k_{н.на}$ - доля навантаження в післяаварійному режимі;

3) Для нормального режиму переріз для КЛ при умові втрат напруги обраховуємо за таким виразом:

$$\Delta U_{\partial on} \geq \Delta U_{л}(F) = \frac{P_p \cdot r_0(F) + Q_p \cdot x_0(F)}{k_{л} \cdot U_{ном}^2 \cdot 1000} \cdot L \cdot 100\% \quad (2.32)$$

де $\Delta U_{\text{доп}}$ - допустимі втрати напруги в ЛЕП, %;

$\Delta U_{\text{л}}(F)$ - фактичні втрати напруги в ЛЕП, залежно від перерізу, %;

P_p - активне навантаження, кВт;

Q_p - реактивне навантаження, кВАр;

$x_0(F)$ - реактивний опір кабелю, залежно від перерізу, Ом/км.

4) У післяаварійному режимі умова допустимості втрат напруги знаходиться так:

$$\Delta U_{\text{на.доп}} \geq \Delta U_{\text{на.л}}(F), \quad (2.33)$$

де $\Delta U_{\text{на.доп}}$ - допустимі втрати напруги в ЛЕП в післяаварійному режимі, %;

$\Delta U_{\text{на.л}}(F)$ - фактичні втрати напруги в ЛЕП в післяаварійному режимі, залежно від перерізу, %.

5) Оскільки, ЛЕП обладнана пристроями швидкодіючого автоматичного повторного включення, тому відповідно до необхідно зробити перевірку термічної стійкості ЛЕП до дії струмів к.з.:

$$F \geq F_{\text{кз}}, \quad (2.34)$$

де $F_{\text{кз}}$ - мінімальний переріз, що може витримати термічний вплив струмів к.з.

Формула для визначення перерізу $F_{\text{кз}}$:

$$F_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_n}}{C}, \quad (2.35)$$

де $I_{\text{кз}}$ - струм кз зі сторони 10 кВ, А;

t_n - наведений час кз, с;

C – коефіцієнт термімічного впливу, $A \cdot c^{0.5}/\text{мм}^2$. Відповідно до ГОСТ 30323-95 таблиця 9 для АС(алюмінієвого дроту) коли допустима температура нагріву проводів при к.з. 200°C , тоді $C=90 A \cdot c^{0.5}/\text{мм}^2$.

Коефіцієнт прокладання $k_{np}=1$ (ПУЕ таб. 1.3.28) для КЛ, для підключення ТП по два кабеля в одній траншеї.

Враховуючи особливості прокладки та ґрунту $k_{gp}=1$ відповідно до ПУЕ табл. 1.3.26.

Коефіцієнт середовища $k_{сер}$ відповідно до ПУЕ, табл. 1.3.10. Так як корегування відносно температури землі не вказано $k_{сер}=1$.

У післяаварійному режимі коефіцієнт перевантаження буде $k_{па}=1,25$ відповідно ПУЕ табл. 1.3.32. А попереднього навантаження коефіцієнт = 0,6, оскільки $I_n/(I_{доп}k_{доп})=0,2$, що наближене до 0,6; вид прокладки – в землі, 6 год триватиме допустиме перевантаження.

Створюємо таблицю у Excel та називаємо лист "КЛ-ЦРП", щоб обрати автоматизовано оптимальний переріз КЛ від підстанції до ЦРП. Таблиця задана на рисунку 2.9 .

| Початкові дані | | | | | | | | | | Поправочні коефіцієнти | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-----------|-----------|---------|-------------|-------------|----------------|---------|--------|------------------------|-----------|-----------|--------|------------------|--------------------|--------------|-----------------|---------|--------|--|
| Економічні характеристики | | | | | | | | | | Коефіцієнти середовища | | | | | | | | | | |
| 3 | Питома вартість втрат, грн/кВт | | | | | | | | | Вс= 7973,569304 | | | | | | | | | | |
| 4 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | | Ес= 0,1 | | | | | | | | | | |
| 5 | Коефіцієнт відрахувань на амортизацію | | | | | | | | | Еа= 0,05 | | | | | | | | | | |
| Нормальний режим | | | | | | | | | | Кноп= 1 | | | | | | | | | | |
| 7 | Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н режимі | | | | | | | | | Кноп= 1 | | | | | | | | | | |
| 8 | Напруга, кВ | | | | | | | | | U= 10 | | | | | | | | | | |
| 9 | Довжина КЛ, км | | | | | | | | | L= 2,040515713 | | | | | | | | | | |
| 10 | Активна розрахункова потужність, кВт | | | | | | | | | P= 2789,682166 | | | | | | | | | | |
| 11 | Реактивна потужність, квар | | | | | | | | | Q= 3437,597487 | | | | | | | | | | |
| 12 | Розрахунковий струм окремого кабелю, А | | | | | | | | | Iп= 127,7999839 | | | | | | | | | | |
| 13 | Кількість КЛ | | | | | | | | | k= 2 | | | | | | | | | | |
| 14 | Мінімально допуст. переріз КЛ за умовою механ. міцності | | | | | | | | | Fмех= 70 | | | | | | | | | | |
| 15 | Допустима втрата напруги в КЛ, % | | | | | | | | | ΔUдоп= 5 | | | | | | | | | | |
| Аварійний режим | | | | | | | | | | Кпа= 1,25 | | | | | | | | | | |
| 17 | Струм КЗ на початку лінії, кА | | | | | | | | | Ikз= 3,358547272 | | | | | | | | | | |
| 18 | Приведений час КЗ, с | | | | | | | | | tn= 1,5 | | | | | | | | | | |
| 19 | Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм^2 | | | | | | | | | C= 90 | | | | | | | | | | |
| 20 | Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2 | | | | | | | | | Fкз= 45,70403941 | | | | | | | | | | |
| Після аварійний режим | | | | | | | | | | Кпа= 1,25 | | | | | | | | | | |
| 22 | Максимально допустимий коефіцієнт навантаження | | | | | | | | | Кпа= 1,25 | | | | | | | | | | |
| 23 | Доля навантаження в післяаварійному режимі | | | | | | | | | Кпа= 0,8 | | | | | | | | | | |
| 24 | Допустима втрата напруги в КЛ, % | | | | | | | | | ΔUпадоп= 5 | | | | | | | | | | |
| 27 | F, мм^2 | Ro, Ом/км | Xo, Ом/км | Iдоп, А | dUn, % | dUpa, % | Co, тис.грн/км | dP, кВт | K | E*K, т.грн | Ва, т.грн | З. т. грн | Доп. | Кноп*I доп >= Iп | Кпа*Kдоп >= Iп*Kпа | ΔUn <= ΔUдоп | ΔUpa <= ΔUпадоп | F>=Fмех | F>=Fкз | |
| 28 | 10 | 3,1 | 0,122 | 75 | 9,251087731 | 14,80174037 | 21,4605 | 619,89 | 43,79 | 6,568573 | 4942,73 | - | недоп | - | - | - | - | - | - | |
| 29 | 16 | 1,94 | 0,113 | 90 | 5,917936237 | 9,468697979 | 31,01175 | 387,931 | 63,28 | 9,491994 | 3093,19 | - | недоп | - | - | - | - | - | - | |
| 30 | 25 | 1,24 | 0,099 | 115 | 3,876498332 | 6,202397331 | 44,66925 | 247,956 | 91,148 | 13,67225 | 1977,09 | - | недоп | - | + | - | - | - | - | |
| 31 | 35 | 0,89 | 0,095 | 140 | 2,866301087 | 4,586081739 | 58,39425 | 177,968 | 119,15 | 17,87316 | 1419,04 | - | недоп | + | - | + | - | - | - | |
| 32 | 50 | 0,62 | 0,09 | 165 | 2,080292218 | 3,328467548 | 83,0835 | 123,978 | 169,53 | 25,42998 | 988,547 | - | недоп | + | + | + | - | - | + | |
| 33 | 70 | 0,403 | 0,086 | 210 | 1,448638927 | 2,317822283 | 143,62725 | 80,5857 | 293,07 | 43,96105 | 642,555 | 686,52 | доп | + | + | + | + | + | + | |
| 34 | 95 | 0,326 | 0,083 | 240 | 1,218960193 | 1,950336309 | 177,26475 | 65,1884 | 361,71 | 54,25873 | 519,784 | 574,04 | доп | + | + | + | + | + | + | |
| 35 | 120 | 0,258 | 0,081 | 275 | 1,018404452 | 1,629447122 | 216,35175 | 51,5908 | 441,47 | 66,22037 | 411,363 | 477,58 | доп | + | + | + | + | + | + | |
| 36 | 150 | 0,206 | 0,079 | 310 | 0,863387832 | 1,381420531 | 259,74525 | 41,1927 | 530,01 | 79,50214 | 328,453 | 407,95 | доп | + | + | + | + | + | + | |
| 37 | 185 | 0,167 | 0,077 | 355 | 0,74537175 | 1,1925948 | 349,33 | 33,3941 | 712,81 | 106,922 | 266,27 | 373,19 | доп | + | + | + | + | + | + | |
| 38 | 240 | 0,129 | 0,075 | 385 | 0,630201862 | 1,00832298 | 459,012 | 25,7934 | 936,62 | 140,4932 | 205,682 | 346,17 | доп | + | + | + | + | + | + | |
| 40 | мін затрати | | | | | | | | | | | | 346,17 | | | | | | | |
| 41 | Опт. Переріз КЛ | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | |
| 42 | Ropt= | | | | | | | | | | | | 0,129 | | | | | | | |
| 43 | Xopt= | | | | | | | | | | | | 0,075 | | | | | | | |

Рисунок 2.9 – Таблиця для обрання КЛ від підстанції до ЦРП

Виконавши розрахунки в табличній формі "КЛ-ЦРП", можемо обрати кабель для зовнішньої лінії живлення. Гарним рішенням буде обрати кабельну лінію марки ААБл перерізом 240 мм², в такому разі значення мінімальних приведених затрат, а також в залежності від КЗ становитиме 183,58 тис. грн.

Для розрахунку струму к.з на початку лінії ЦРП – ТП потрібно перевірити наявність обмежень по мінімальному перерізу по струму к.з..

У відповідності з ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 здійснюємо обчислення струму к.з..

Спочатку будемо схему заміщення для розрахунків, що зображена на рисунку 2.10.

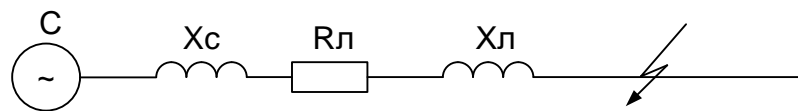


Рисунок 2.10 – Схематичне зображення заміщення для розрахунку струму к.з.

За формулою 2.36 розраховуємо струм КЗ для зовнішньої живлячої лінії:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot X_c} \quad (2.36)$$

де $I_{кз}$ - струм кз, кА;

U - напруга мережі що живить підприємство, кВ;

X_c - опір виробничої системи підприємства, Ом.

X_c - розраховується за формулою:

$$X_c = \frac{(0,95 \cdot U)^2}{S_{кз}}, \quad (2.37)$$

де $S_{кз}$ - потужність кз зі сторони 10 кВ, МВА.

Формула для розрахунку розподільчих ліній струму КЗ:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{кз}} \quad (2.38)$$

де $Z_{кз}$ - загальний опір лінії що живить систему, Ом.

$$Z = \sqrt{R_{л}^2 + (X_{л} + X_{с})^2}, \quad (2.39)$$

де $R_{л}$ - активний опір лінії що живить систему, Ом;

$X_{л}$ - реактивний опір лінії що живить систему, Ом;

Створюємо таблицю вказуємо у ній відповідні формули для розрахунків струмів КЗ. Таблиця з розрахунками наведена на рисунку рисунок 2.11.

| | A | B | C | D | E | F |
|----|-------------------------------------|---|---|---|-------|--------|
| 1 | Розрахунок струмів КЗ | | | | | |
| 2 | Дані системи | | | | | |
| 3 | Напруга, кВ | | | | U= | 10 |
| 4 | Потужність коротко замикання, МВА | | | | Skз = | 50 |
| 5 | Опір системи, Ом | | | | Xс = | 1,805 |
| 6 | Струм КЗ для ЗЛЖ, кА | | | | Iкз = | 3,359 |
| 7 | | | | | | |
| 8 | Довжина КЛ, км | | | | L= | 2 |
| 9 | Переріз КЛ, мм ² | | | | F= | 240 |
| 10 | Активний опір КЛ, Ом | | | | Rл = | 0,263 |
| 11 | Реактивний опір КЛ, Ом | | | | Xл = | 0,153 |
| 12 | Результат | | | | | |
| 13 | Сумарний повний опір, Ом | | | | Z= | 1,976 |
| 14 | Струм КЗ для розподільчих ліній, кА | | | | Iкз= | 3,0684 |

Рисунок 2.11 – Обчислення струмів короткого замикання

2.6 Знаходження оптимальних перерізів КЛ 10кВ підприємства

Коефіцієнт прокладки $k_{np}=1$ відповідно до ПУЕ таблиця 1.3.28 для КЛ, що підходять до ТП в одній траншеї по два дроти, $k_{np}=1$.

Враховуючи особливості прокладки та ґрунту коефіцієнт $k_{gp}=1$ відповідно до ПУЕ таблиця 1.3.26.

Оскільки, поправка на температуру землі не вказана, то коефіцієнт середовища $k_{сер}=1$ відповідно до ПУЕ, табл. 1.3.10.

У післяварійному режимі відповідно до ПУЕ таблиця 1.3.32 коефіцієнт перевантаження $k_{ПА}=1,25$. Відношення $I_L/(I_{доп}k_{доп})=0,2$, що приблизно = 0,6, тому коефіцієнт попереднього навантаження 0,6; вид прокладання – земельний, що допускає перевантаження тривалістю в 6 год.

У програмі Excel утворюємо табличну формулу та називаємо її "КЛ1-ТП1", щоб автоматизовано обрати оптимальний переріз КЛ від ЦРП до ТП1 зображено на рисунок 2.12.

| № | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|----|--|------------------------|------------------------|---------|----------------------------|--------|---------|-------------|------------|--------------|-----------------------|------------|--------|------------------|-------------------------|---------------|-----------------|----------|---|---|
| 1 | Початкові дані | | | | | | | | | | Коефіцієнт середовища | | | | | | | | | |
| 2 | Нормальний режим | | | | | | | | | | Коефіцієнт прокладки | | | | | | | | | |
| 3 | Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі | | | | | | | | | | Коефіцієнт ґрунту | | | | | | | | | |
| 4 | Напруга, кВ | | | | | | | | | | Кноп= 1 | | | | | | | | | |
| 5 | Довжина КЛ, км | | | | | | | | | | U= 10 | | | | | | | | | |
| 6 | Активна розрахункова потужність, кВт | | | | | | | | | | I= 0,02798 | | | | | | | | | |
| 7 | Реактивна потужність, кВар | | | | | | | | | | P= 741,3 | | | | | | | | | |
| 8 | Розрахунковий струм окремого кабелю, А | | | | | | | | | | Q= 785,4 | | | | | | | | | |
| 9 | Кількість кабелів | | | | | | | | | | Iл= 31,18 | | | | | | | | | |
| 10 | Допустима втрата напруги в КЛ, % | | | | | | | | | | k= 2 | | | | | | | | | |
| 11 | Аварійний режим | | | | | | | | | | ΔUдоп= 5 | | | | | | | | | |
| 12 | Струм КЗ на початку лінії, кА | | | | | | | | | | Iкз= 3,0684 | | | | | | | | | |
| 13 | Приведений час КЗ, с | | | | | | | | | | tn= 1,5 | | | | | | | | | |
| 14 | Тепловий коефіцієнт C, (А*с ² /(1/2))/ ² | | | | | | | | | | C= 90 | | | | | | | | | |
| 15 | Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ² | | | | | | | | | | Fкз= 41,76 | | | | | | | | | |
| 16 | Післяварійний режим | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Максимально допустимий коефіцієнт навантаження | | | | | | | | | | Кпа= 1,25 | | | | | | | | | |
| 18 | Доля навантаження в післяварійному режимі | | | | | | | | | | Кпап= 0,8 | | | | | | | | | |
| 19 | Допустима втрата напруги в КЛ, % | | | | | | | | | | ΔUпадоп= 5 | | | | | | | | | |
| 20 | Економічні характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Питома вартість втрат | | | | | | | | | | Вв= 7973,57 | | | | | | | | | |
| 22 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | | | Ев= 10,00% | | | | | | | | | |
| 23 | Коефіцієнт відрахувань на амортизацію | | | | | | | | | | Еа= 5,00% | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | F, мм ² | R ₀ , Ом/км | X ₀ , Ом/км | Iдоп, А | К ₀ , т. грн/км | δУн, % | δUпа, % | δP, кВт | К, т. грн. | Е*К, т. грн. | Вв, т. грн. | З, т. грн. | Доп | Кноп*1 доп >= Ір | Кпа*Кпап*Ідоп >= Кпа*Ір | ΔUн <= ΔUндоп | ΔUпа <= ΔUпадоп | F >= Fкз | V | |
| 26 | 10 | 3,1 | 0,122 | 75 | 21,4605 | 0,0335 | 0,05359 | 0,505960151 | 1,2011 | 0,1802 | 4,0343 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 27 | 16 | 1,94 | 0,113 | 90 | 31,01175 | 0,0214 | 0,03418 | 0,316633127 | 1,7357 | 0,2604 | 2,5247 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 28 | 25 | 1,24 | 0,099 | 115 | 44,66925 | 0,0139 | 0,02232 | 0,202384061 | 2,5001 | 0,375 | 1,6137 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 29 | 35 | 0,89 | 0,095 | 140 | 58,39425 | 0,0103 | 0,01644 | 0,145259527 | 3,2683 | 0,4902 | 1,1582 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 30 | 50 | 0,62 | 0,09 | 165 | 83,0835 | 0,0074 | 0,01187 | 0,10119203 | 4,6502 | 0,6975 | 0,8069 | 1,5044 | ДОП | + | + | + | + | --- | V | |
| 31 | 70 | 0,403 | 0,086 | 210 | 143,6273 | 0,0051 | 0,0082 | 0,06577482 | 8,0388 | 1,2058 | 0,5245 | 1,7303 | ДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 32 | 95 | 0,326 | 0,083 | 240 | 177,2648 | 0,0043 | 0,00687 | 0,053207422 | 9,9215 | 1,4882 | 0,4243 | 1,9125 | ДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 33 | 120 | 0,258 | 0,081 | 275 | 216,3518 | 0,0036 | 0,00571 | 0,042108942 | 12,109 | 1,8164 | 0,3358 | 2,1521 | ДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 34 | 150 | 0,206 | 0,079 | 310 | 259,7453 | 0,003 | 0,00481 | 0,033621868 | 14,538 | 2,1807 | 0,2681 | 2,4488 | ДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 35 | 185 | 0,167 | 0,077 | 355 | 349,33 | 0,0026 | 0,00413 | 0,027256563 | 19,552 | 2,9328 | 0,2173 | 3,1501 | ДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 36 | 240 | 0,129 | 0,075 | 385 | 459,012 | 0,0022 | 0,00346 | 0,021054471 | 25,691 | 3,8536 | 0,1679 | 4,0215 | ДОП | + | + | + | + | --- | | |
| 37 | Мінімальні затрати на КЛ | | | | | | | | | | | | 1,5044 | | | | | | | |
| 38 | Оптимальний переріз КЛ | | | | | | | | | | | | 50 | | | | | | | |

Рисунок 2.12 – Обчислення для автоматичного вибору кабельних ліній від ЦРП до ТП1

Таким самим чином робимо розрахунки для КЛ2-КЛ4. Відповідно створюючи таблиці для кожного ТП та називаємо листи на яких розташовано таблиці «КЛ-ТП2» - «КЛ-ТП4» відповідно. Всі розрахунки наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Вибір перерізу живильних ліній

| Ділянка | Марк | переріз | Приведені затрати тис |
|---------|------|---------|-----------------------|
| С-ЦРП | ААБл | 240 | 346,17 |
| ЦРП-ТП1 | ААБл | 50 | 1,504 |
| ЦРП-ТП2 | ААБл | 95 | 19,88 |
| ЦРП-ТП3 | ААБл | 50 | 11,22 |
| ЦРП-ТП4 | ААБл | 50 | 11,22 |

Отже, було прийнято обрати: для кожного ЦТП 1,3,4 кабелі марки ААБл, перерізом 50 мм², а для ЦТП 2 обираємо кабелі марки ААБл, перерізом 95 мм².

2.7 Знаходимо оптимальні координати для розміщення ЦРП підприємства по критерію мінімуму затрат у СЕП

Необхідно встановити ЦРП для 4-х ЦТП на території нашого підприємства, щоб підвести лінії живлення. Щоб це зробити потрібно знайти оптимальні координати розміщення ЦРП на генплані нашого підприємства використовуючи критерії мінімуму затрат у системі електропостачання. Також потрібно врахувати, що ЦРП має бути розміщений у довільному місці незайнятим будівлями та дорогою на території підприємства.

Повна математична модель буде записана так:

$$\left. \begin{aligned} & Z(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{аж}) \cdot (a_{аж} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot k_{жс} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ & \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ & \min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \\ & \min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i). \end{aligned} \right\} \quad (2.40)$$

де $Z(x_0, y_0)$ - приведені затрати за рік;

E_e - коефіцієнт ефективності інвестицій;

E_a - коефіцієнт виробничих відрахувань на амортизацію;

$K_0(F_i)$ - питома вартість ПЛ перерізом F_i ;
 I_i - струм виділеної ПЛ від ЦМ до i -тої ЦТП виробництва;
 $r_0(F_i)$ - питомий опір ПЛ перерізом F_i ;
 B_0 - питома вартість втрат лініями активної потужності;
 $I_{жс}$ - струм ПЛ що живить систему;
 k_l - чисельність кабелів що живлять ПЛ підприємства;
 $a_{жс}$ - складова питомої вартості ПЛ що живить систему на 1 км;
 k_i - чисельність кабелів від ЦРП до i -тої ЦТП підприємства;
 F_i - переріз i -тої КЛ підприємства;
 $F_{жс}$ - переріз живлячої ПЛ підприємства;
 a - складова питомої вартості КЛ на 1 км, не залежна від перерізу;
 n - чисельність ЦТП підприємства;
 x_0, y_0 - розташування ЦМ підприємства у системі координат;
 x_i, y_i - розташування i -тої ЦТП підприємства у системі координат;
 $x_{жс}, y_{жс}$ - координати точки підведення зовнішньої лінії живлення підприємства.

Використовуємо евклідову метрику, коли визначаємо довжину проводів живлення від центру підведення зовнішньої лінії живлення до ЦРП підприємства, оскільки ЛЕП можна прокласти по прямій лінії.

Довжину лінії обраховуємо таки чином:

$$L = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (2.41)$$

Прокладаючи КЛ від ЦРП до ЦТП підприємства включаємо неевклідову метрику, оскільки прокладання кабелів відбувається під кутом 90° . Тоді розрахунок довжини кабелю між двома координатами будемо обчислювати по формулі [13]:

$$L = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i| \quad (2.42)$$

У програмному застосунку EXCEL розраховуємо оптимальні координати центру мережі та називаємо лист «ЦМ». Таблиця зображена на рисунку 2.12.

| | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | |
|----|--|-------|------|--------------------|---|---------|---------|--------|-----------|--------------|---------|-------------|-----|
| 3 | Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ | | | | | | | | | Uж= | 10 | | |
| 4 | Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ) | | | | | | | | | МетрикаЖ = | НЕ | | |
| 5 | Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ) | | | | | | | | | МетрикаР = | НЕ | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Економічні характеристики мережі | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км | | | | | | | | | a= | 10 | | |
| 9 | Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої РЛ тис.грн/км | | | | | | | | | аж= | 8 | | |
| 10 | Питома вартість втрат, грн/кВт | | | | | | | | | Во= | 7973,57 | | |
| 11 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | | Ее= | 0,1 | | |
| 12 | Коефіцієнт вірахувань на амортизацію | | | | | | | | | Еа= | 4,00% | | |
| 13 | Коефіцієнт вірахувань на амортизацію живлячої лінії | | | | | | | | | Еаж= | 5,00% | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Лінії живлення | X, м | Y, м | F, мм ² | k | P, кВт | Q, кВт | I, А | Ro, Ом/км | Ko, т.грн/км | L, м | З, тис. грн | |
| 17 | ЖЛ | 310,5 | 382 | 240 | 2 | 2789,68 | 3437,60 | 127,80 | 0,129 | 459,012 | 40,52 | 6,922 | |
| 18 | ТП1 | 265 | 405 | 50 | 2 | 741,294 | 785,443 | 31,18 | 0,62 | 83,0835 | 27,98 | 1,497 | |
| 19 | ТП2 | 250 | 195 | 95 | 2 | 981,519 | 1528,72 | 52,44 | 0,326 | 177,26475 | 206,98 | 19,442 | |
| 20 | ТП3 | 270 | 65 | 50 | 2 | 471,423 | 449,024 | 18,79 | 0,62 | 83,0835 | 317,02 | 11,140 | |
| 21 | ТП4 | 115 | 110 | 50 | 2 | 725,059 | 835,564 | 31,94 | 0,62 | 83,0835 | 426,98 | 23,448 | |
| 22 | Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн. | | | | | | | | | | | 62,449 | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Координати ЦЕМ, м | | | | | | | | | Xo = | 270 | Yo = | 382 |
| 26 | Оптимальні координати ЦЕМ, м | | | | | | | | | Xo = | 270 | Yo = | 380 |
| 27 | Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн. | | | | | | | | | | | 62,449 | |

Рисунок 2.12 – Обрання оптимальних координат розміщення ЦРП

Оптимальні координати розміщення ЦРП знаходимо способом «Пошук рішень» рисунок 2.13

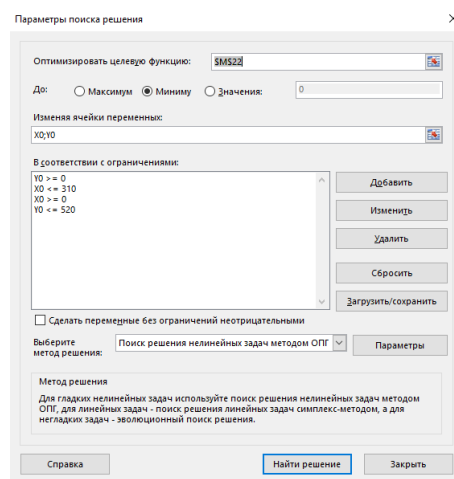


Рисунок 2.13 – Діалогове вікно засобу «Пошук рішень» для визначення ЦМ

Оптимальні координати центру мережі $X_0=270$, $Y_0=380$ знайдені за допомогою функції «Пошук рішень». Сумарні річні приведені затрати в мережу = 62,449 тис. грн. Генплан підприємства та розміщені ЦРП та ТП побудовані на рисунку 2.14.

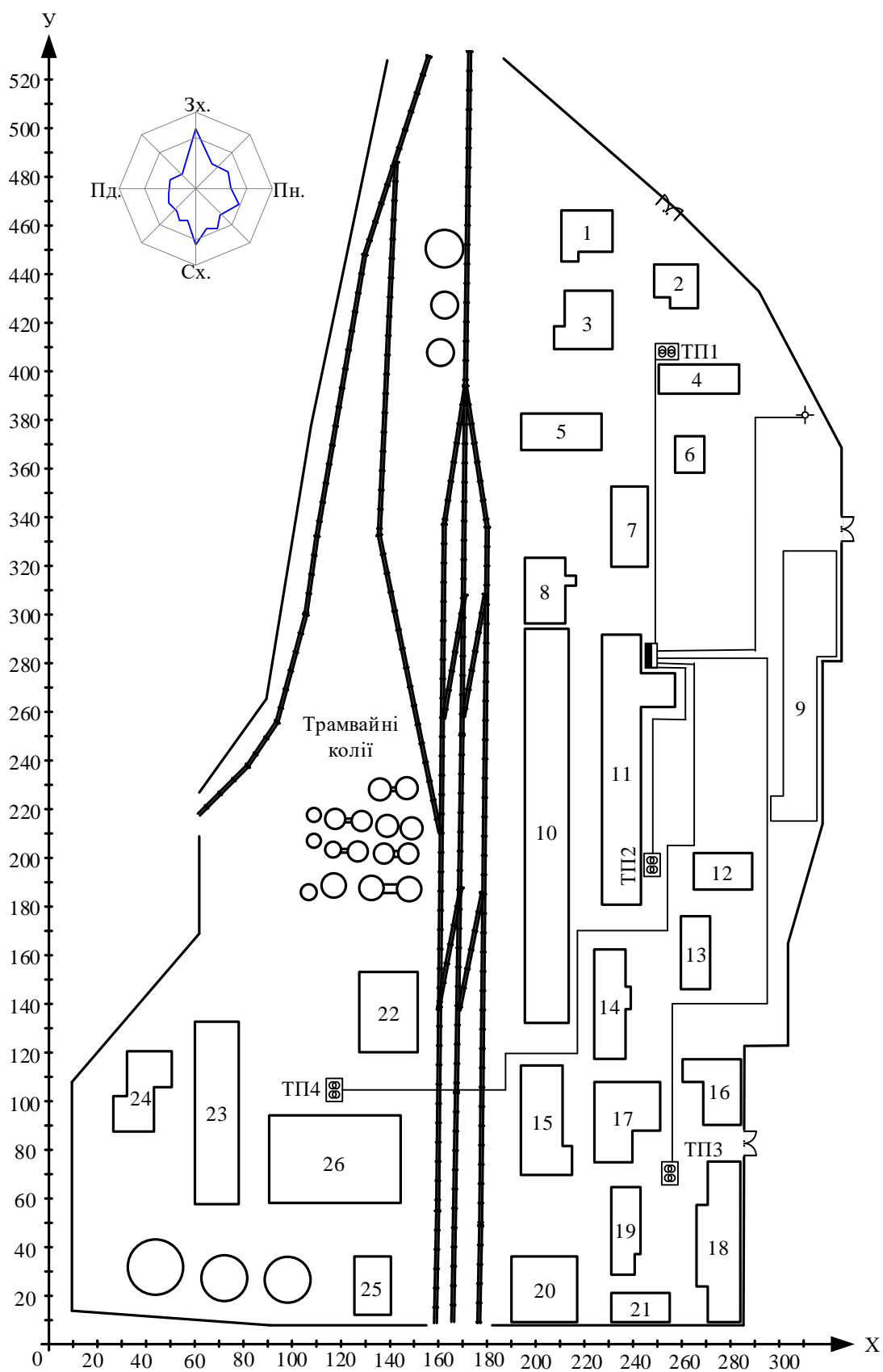


Рисунок 2.14 - Генплан підприємства та розташування на ньому ЦРП та ЦТП

2.8 По критерію мінімум затрат в СЕП підприємства розрахунок оптимальної потужності компенсувальних пристроїв напругою 0,38кВ

Мета цієї задачі є обрання потужності батарей конденсаторів (БК) у вузлах навантаження. Потужність БК у точках навантаження є керованою змінною $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$

ПЕР – річні приведені затрати.

Щоб спростити розрахунки вводимо наступне припущення:

- 1) вплив компенсацій реактивних навантажень (КРН) на обрання силових елементів СЕП не враховуємо;
 - 2) в компенсувальні установки (КУ) не враховуємо постійну складову затрат;
 - 3) у вузлах мережі напругу приймаємо приблизно рівній номінальній.
- Таким чином можемо не включати втрати активної потужності від протікання реактивної потужності споживача.

На рисунку 2.15 намальована однолінійна схема електропостачання ПрАТ «ВОЖК» а схема заміщення для розрахунку балансової задачі КРН зображена на рисунку 2.16 .

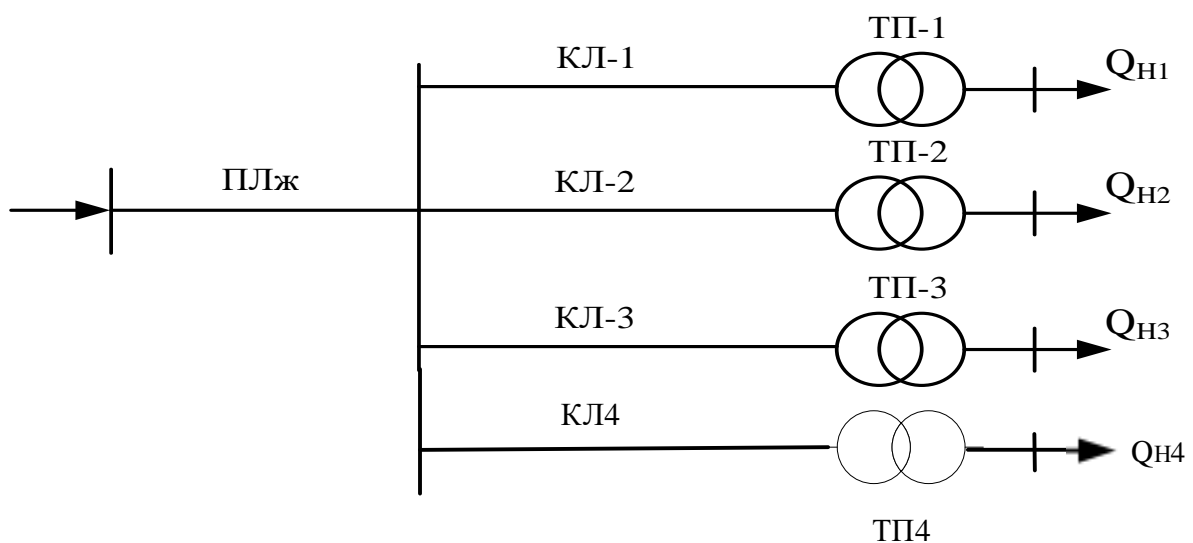


Рисунок 2.15 – Однолінійна схема ЕП ПрАТ «ВОЖК»

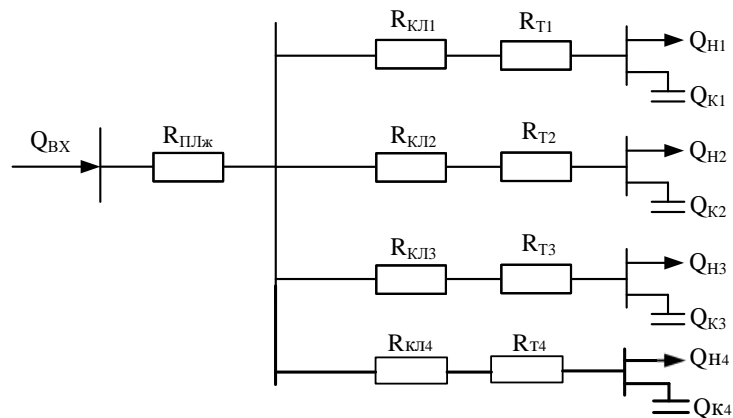


Рисунок 2.16 – Схема заміщення мережі ЕП ПрАТ «ВОЖК»

Щоб спростити розрахунки робимо наступне:

- 1) при виборі силових елементів СЕП вплив КРН на них не враховуємо;
- 2) постійна складова затрат КУ не враховується;
- 3) напруга у вузлах мережі є рівна до номінальної.

Формуємо математичну модель балансової задачі КРН

Керовані змінні, ті що визначають потужність БК у вузлах навантаження

$$q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$$

Річні приведені затрати - ПЕР.

$$\left\{ \begin{array}{l} z(Q_k) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n [(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{КЛi} + R_{Ti})] + \\ + [(E_e + E_a) \cdot B_{к0} + B_0 \cdot \Delta P_{к}] \times \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \rightarrow \min_{Q_k}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1, 2..n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = Q_{ВХ} \end{array} \right. \quad (2.43)$$

де B_0 – питома вартість втрат активної потужності;

U – номінальна напруга, включаючи приведені схеми заміщення з активним опором;

n – чисельність ЦТП та РП 10 кВ;

Q_{Hi} – загальна чисельність реактивних навантажень, що живляться через i -ту розгалудження мережі, кВАр;

Q_{Ki} – загальна кількість потужностей КУ тільки тих вузлів мережі, що живляться через і-те розгалуження мережі, кВАр;

R_{KLi} – активний опір виділеної лінії;

R_{Ti} – активний опір і-тої ЦТП підприємства для виділеного трансформатора;

ΔP_K – питомі втрати реактивного навантаження в КУ, кВт/МВАр;

B_{k0} – питома вартість КУ;

E_e – коефіцієнт результативності інвестицій, %;

E_a – коефіцієнт виробничих відрахувань на амортизацію, %;

Q_{BX} – вхідна реактивна потужність.

На листі MathCad створемо комп'ютерну модель відповідно до наведеної матмоделі задачі (2.43). результати розрахунку та вихідні дані зображені на рисунку 2.44. Аналогічно виконуємо цю ж задачу у програмі EXCEL за функцією «Пошук рішень». У EXCEL створюємо лист під назвою "КРП" робимо певні розрахунки, які зображені на рисунку 2.45.

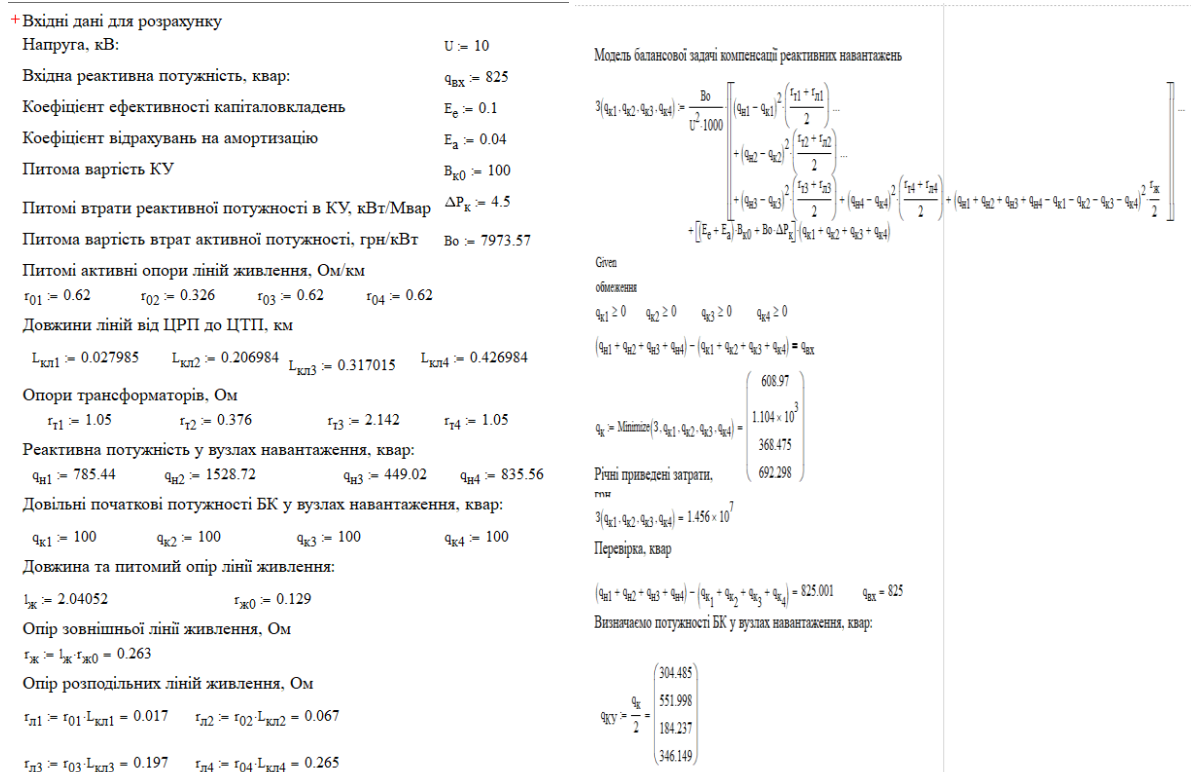


Рисунок 2.44 – Розрахунок задачі КРП в програмі MathCad

| | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------------|----------------------|----------|-------------------|---------------|--------------|
| Вхідна реактивна потужність | $Q_{вх} =$ | 825 | квар | | | | |
| Напруга | | $U =$ | 10 | кВ | | | |
| Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | 0,1 | | | | |
| Коефіцієнт відрахувань на амортизацію | | | 0,04 | | | | |
| Питома вартість КУ | | | 100 | | | | |
| Питомі РП втратив КУ | | | 4,5 | кВт/Мвар | | | |
| Питома вартість втрат АП | | | 7973,57 | грн/кВт | | | |
| | | $Vo/(U^2 \cdot 1000) =$ | 0,07974 | | | | |
| ЛЖ | Питомі активні опори ліній | Довжини ліній | Реактивні нав., квар | Опір ТП | Повні актив. опір | Пот. КУ, квар | ПЕР $h(Q_k)$ |
| ЖЛ | 0,129 | 2040,52 | | | 0,263 | | 166398,23 |
| ТП1 | 0,62 | 27,98 | 785,443 | 1,050 | 1,067 | 494,3865 | 45209,822 |
| ТП2 | 0,326 | 206,98 | 1528,721 | 0,376 | 0,443 | 828,2314 | 108803,85 |
| ТП3 | 0,62 | 317,02 | 449,024 | 2,142 | 2,338 | 316,1612 | 20637,2 |
| ТП4 | 0,62 | 426,98 | 835,564 | 1,050 | 1,315 | 299,4661 | 188927,6 |
| | Разом | | 2763,189 | | | 1938,245 | 69615687 |
| Перевірка: | | | | | | | |
| | $Q_n - Q_k =$ | 824,943 | | | | | |
| | $Q_{вх} =$ | 825 | | | | | |

Рисунок – 2.45 Розрахунок та запис матмоделі КРН в програмі EXCEL

Обираємо такі конденсаторні установки для кожного ЦТП: ЦТП1: 2 КУ моделі 0,4-400/10-40; ЦТП2: 4 КУ моделі УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП3: 2 КУ моделі УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП4: КУ моделі УКРМ -0,4-400/10-40.

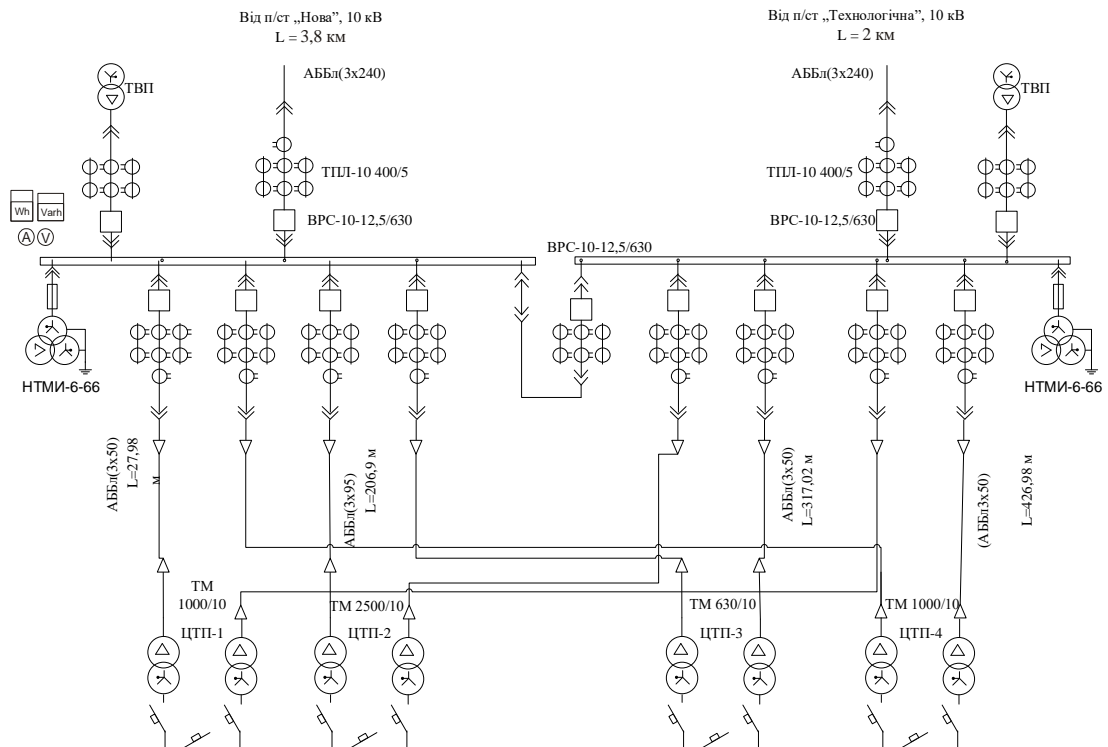


Рисунок 2.46 – Однолінійна схема електропостачання підприємства

Висновки: у розділі зроблене автоматизоване проектування СЕП ПрАТ «ВОЖК». А саме створено база вхідних даних у електронному процесорі EXCEL. База даних яка включає техніко-економічні дані силових Тр та КЛ. За допомогою методу коефіцієнту використання та попиту за допомогою програми Excel розраховували середні та розрахункові навантаження цехів підприємства та підприємства в цілому. Обчислено питому густоту навантаження підприємства і завдяки цьому знайдені рекомендовані потужності цехових ТП. Розділили споживачів підприємства між чотирьома ЦТП, а саме ЦТП1 – ТМ 2х1000, ЦТП2 – ТМ 2х2500 та ЦТП3 – ТМ 2х630, ЦТП – ТМ 2х1000. Обрано оптимальний переріз лінії живлення та оптимальні перерізи внутрішньовиробничої розподільчої мережі напругою 10 кВ, які виконані двоколовою кабельною лінією напругою 10 кВ марки ААБл перерізом 240 мм² та кабелями марки ААБл з перерізами для ТП1, ТП3 та ТП4 50 мм², а для ТП2 переріз 95 мм² відповідно та прокладені в траншеях.

За допомогою функції «Пошук рішень» у програмі EXCEL знайшли та прийняли рішення, що до розміщення ЦРП ($X_0=270$, $Y_0=382$) та розраховавши сумарні річні приведені затрати в мережу вияснили, що вони становлять 62,449 тис. грн.

Також, розраховано оптимальну потужність для компенсуючих пристроїв 0,38кВ та обрано КУ ЦТП для усіх чотирьох ТП, а саме ЦТП1: 2 КУ моделі 0,4-400/10-40; ЦТП2: 4 КУ моделі УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП3: 2 КУ моделі УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП4: КУ моделі УКРМ -0,4-400/10-40.

3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК НА ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРНОВИЙ КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ

3.1 Загальна характеристика біогазу

Біогаз - це такий газ, що створюється за технологією анаеробного метанового бродіння біомаси, тобто органічних відходів у спеціальних біогазових установках. Біогазові установки – агрегати, що об'єднані одним технологічним процесом, апаратами та комплексом технологічних споруд. Сам газ складається з сполук метану (CH_4) орієнтовно вміст може досягати з 50% до 87%, вуглекислого газу приблизно з 13% до 50% та трохи домішок водню і сірководню, які утворюється у наслідок бродіння біомаси. Для створення Біомаси можуть слугувати: стічні води, свинячий гній, кінський гній, відходи від рослин.

Після процесу очищення біогазу від вуглекислого газу виходить біометан. Біометан – це повний аналог природного газу, з однією тільки відмінністю у походженні.

Об'єм газу залежить від таких чинників, як температура і тиск. Високі показники температури сприяють розширенню газу та зменшенню обсягу ступеню калорійності та інакше. Окрім, того на калорійність нашого біопалива також впливає такий чинник, як вологість. Оскільки, якщо вона буде зростати, калорійність буде понижуватися. Коли, полягає необхідність дослідити виходити біопалива ми будемо порівнювати з так званими ідеальними умовами, що вказують на температуру та відносну вологість при значенні 0°C та 0% відповідно, а значення атмосферного тиску = 1,01325 бар.

Зібрані дані по виробництву біогазу подають у таких одиницях вимірювання, як літри(л) чи метри кубічні (m^3) на 1 кг органічної сухої речовини (ОСР), оскільки, це є краще ніж у m^3 біопалива в m^3 свіжого субстрату.

Для розкладання метанової біомаси потребується три види бактерій, а саме гідролізні, кислотоутворюючі та метаноутворюючі. Тому, утворення

біогазу можна розділити на чотири етапи, які зображені на рисунку 3.1. Суть виробництва біогазу в тому, що він є проміжною речовиною метаболізму певних бактерій. Оскільки, органічна речовина в анаеробному оточенні поділяється з участі бактерій. Тому, у ланцюжку живлення слідуючі бактерії живляться продуктами життєдіяльності їх попередників. Анаеробне бродіння – це основний спосіб для отримання біогазу. Саме цей спосіб бродіння використовується в країнах Європи.



Рисунок 3.1 - Розкладання аеробних бактерій зображене блок-схемою

Також одним із різновидів біогазу є не лише «біометан», а і «біоводень», де результатом життєдіяльності наших бактерій є водень, а не метан.

У два етапи відбувається розпад органічної речовини, що відбувається під час анаеробної ферментації. Етап перший отримуємо основні продукти з

вуглеводів, жирів та білків, а саме жирні кислоти, вуглекислий газ, спирти, аміак і амінокислоти.

Бактерії, що здійснюють зброджування облогу, являються факультативними анаеробами виду маслянокислих, протеїнових, та інших кислот.

Вихідними є кислоутворюючі бактерії для створення метану, а саме: оцтова кислота, вуглекислий газ і водень. Завершальний етап – це створення метану, води та вуглекислого газу. Близько 90 відсотків метану сформується саме на цьому етапі. В наступній фазі буде створюватися середовище для руйнування кислот, що утворюються під час першої фази з створенням вуглекислоти, метану, водню та окису вуглецю в незначних кількостях.

Біопаливо можна застосовувати для домашнього господарства, як паливо. При згорянні біогазу видляється приблизно 23 – 25,1 МДж/м³. Орієнтовно, щоб приготувати вечерю для чотирьох осіб, нам потрібно 1 м³/добу біогазу, а щоб обігріти будинок площею у 50 м² у зимню пору нам потрібно витратити 4 м³/добу біогазу. Вистачить гною від однієї корови щоб орієнтовно виготовити 1 м³ біогазу.

3.2 Процес виробництва біогазу та його технічні характеристики

Орієнтовно з однієї тони енергетичних носіїв можна отримати близько до 300 м³ біогазу. В залежності від вмісту сухої речовини (СР) і типу сировини змінюється кількість видобутого біогазу. Якщо порівнювати тенденцію виробництва біогазу, то можемо зазначити, що з 50х та 70х років виробітка збільшилась з 20-30% до 60-95%. На це вплинуло застосування так званих бустерів для створення штучної деградації сировини та ензимів.

Увесь передбачуваний національний потенціал, що технічно можливий являє собою технічний потенціал. З застосуванням обмежень економічний потенціал опирається на технічний, що визначається вимогами до рентабельності. Таблиця 3.1 відображає вихід біогазу з вмістом метану, що залежить від первинної сировини.

Таблиця 3.1 – виробітка біогазу залежно від первинної сировини

| Опис первинної сировини | Вихід біогазу(м ³ /t) | Вміст метану в біогазі, % |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Постійні відходи забою худоби | 260-280 | 50-60 |
| Свинячий гній | 561 | |
| Кінський гній | 200-300 | |
| Трава | 630 | 70 |
| Стебла льону | 359 | |
| Квіткові луски злакових | 432 | 59 |
| Листя дерев | 210-294 | 58 |
| Жом | 640 | 50 |
| Стічні води винних заводів | 300-600 | 58 |
| Углеводи | 750 | 49 |
| Ліпіди | 1440 | 72 |
| Білок | 980 | 50 |

Існує поняття сухої речовини(CP) чи сухого залишку(CЗ), що використовують для «біогазових» розрахунків.

Коефіцієнт корисної дії пристроїв, що здійснюють переробку біомаси у теплову енергію приблизно дорівнює від 0,7 до 0,9, як і в електричну орієнтовно дорівнює 0,8.

У нашому випадку розглянемо наскільки вигідне використання відходів від соняшника. Оскільки, підприємство спеціалізується на виробітку продукції з роду соняшникових рослин. Провівши дослідження можемо бачити ефективність використання відходів з соняшника. Побічні відходи від соняшника можуть бути вологими, що може створити труднощі для того, щоб її зберігати та потім перетворити в біопаливо. Хоча волога біомаса теж може бути використана за для виготовлення біогазу. Розглянувши ситуацію з іншої сторони, якщо враховувати великий вміст лігноцелюлозних хімічних сполук у самій побічній продукції соняшнику, тому пред тим як піддати ферментації її необхідно першою чергою піддати обробці за для механічного, фізичного або хімічного руйнування. Звернемо увагу на графіки потенціалу метану отриманого з оброблених та необроблених кошиків, стебел соняшнику на рисунку 3.2 та 3.3 відповідно.

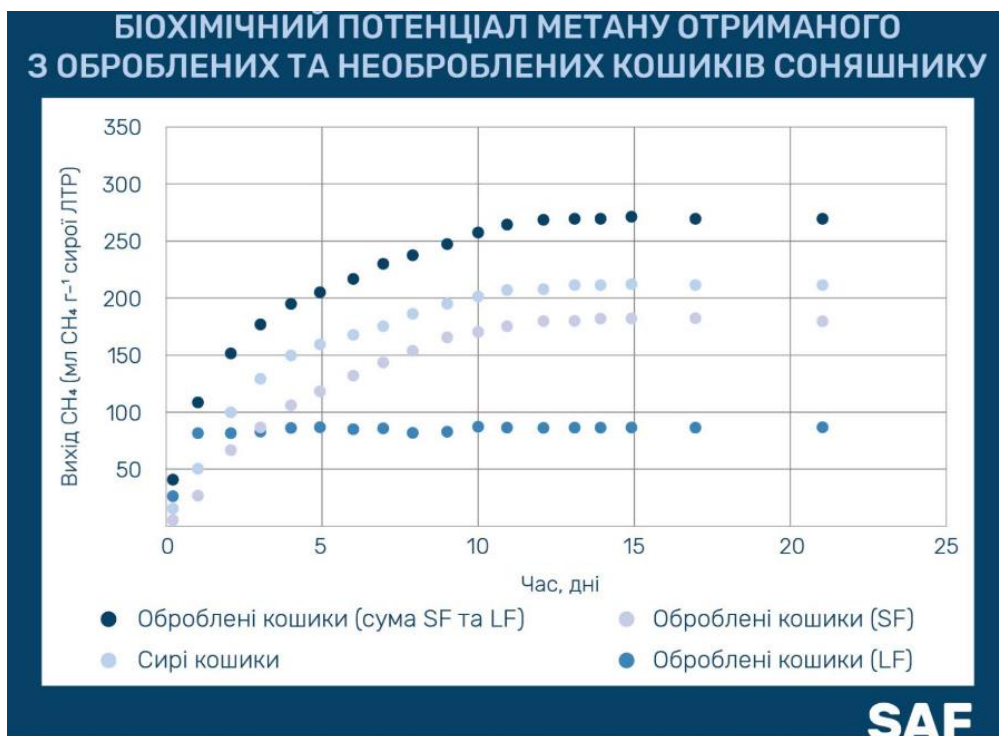


Рисунок 3.2 – потенціал метану отриманого з оброблених та необроблених кошиків соняшнику

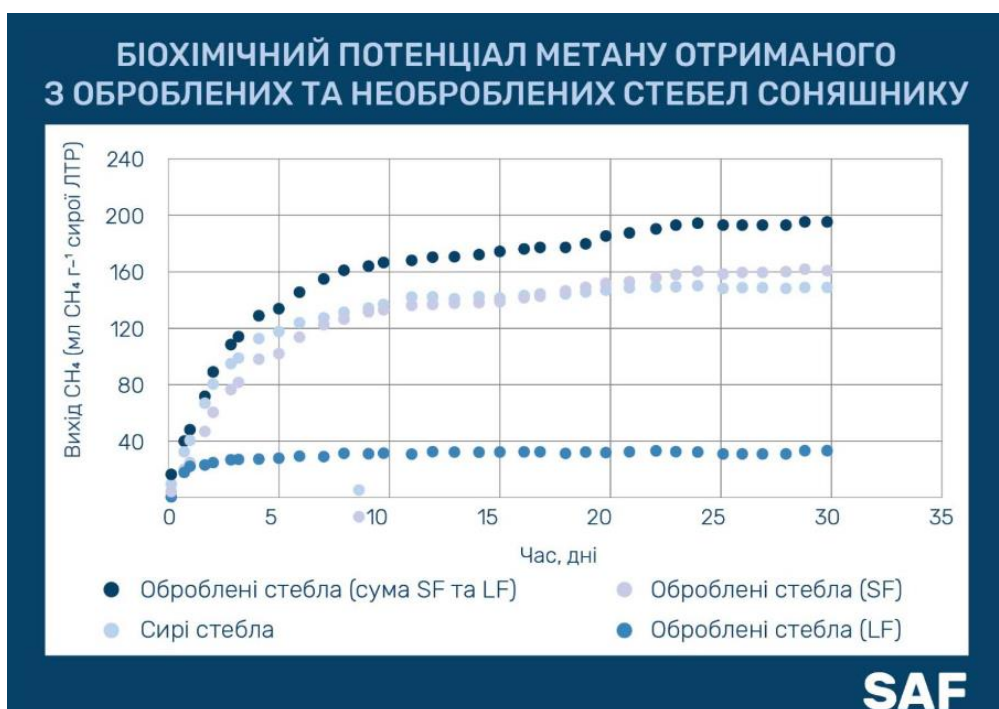


Рисунок 3.3 – потенціал метану отриманого з оброблених та необроблених стебел соняшнику

Можемо зазначити, що біохімічний потенціал метану необроблених кошиків приблизно дорівнює $210,01 \pm 1,96$ мл метану/г летючих твердих речовин(ЛТР), а необроблених стебел – $127,99 \pm 5,18$ мл метану/г ЛТР. З

графіків бачимо, що кращою сировиною для утворення біогазу є кошики ніж стебла. Після того, як відбудеться попередня обробка лугом ми побачимо, що буде досягнуто вихід метану з залишків кошиків $268,36 \pm 0,12$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР, а з оброблених стебел соняшнику вихід метану рівний приблизно $168,17 \pm 6,87$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР. Відповідно до досліджених даних вміст ЛТР у кошиках був $79,9 \pm 0,5\%$ від сухої маси, а що до стебл соняшника – $87,7 \pm 0,1\%$ від сухої речовини(СР). Отже, з 1 тони СР кошиків можемо одержати до 214 м^3 метану, а з 1 тони СР стебел соняшнику приблизно до 154 м^3 метану. На рисунку 3.5 зображено таблицю виходу метану із різних рослинних субстратів.

| ВИХІД МЕТАНУ ІЗ ОКРЕМИХ РОСЛИН ТА ЧАСТИН РОСЛИН | |
|---|---------------------------------------|
| Рослина | Вихід метану, $\text{м}^3/\text{ЛТР}$ |
| Кукурудза (вся рослина) | 205–450 |
| Трава | 298–467 |
| Конюшина | 290–390 |
| Соняшник | 154–400 |
| Ріпак | 240–340 |
| Картопля | 275–400 |
| Цукровий буряк | 236–381 |
| Кормовий буряк | 420–500 |
| Солома | 242–324 |
| Листя | 417–453 |

Рисунок 3.5 – Вихід метану з окремих рослин та частин рослин

Найбільший ефект виробітки виходу метану ($259,11 \pm 6,23$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР) було досягнуто після попередньої обробки стебел лугом 4% гідроксиду натрію за температури 56°C протягом 24 годин.

Таким чином, попередня обробка лугами побічної продукції соняшнику, як і інших лігноцелюлозних субстратів перед анаеробною ферментацією, підвищує вихід метану. Але щоб забезпечити високу ефективність технологічного процесу треба застосовувати системи для утилізації тепла та субстрати з більшою концентрацією (понад 35 г СР/л)

Застосування біогазової установки (БГУ) є ефективним, коли величина коефіцієнта відтворення енергії установки є більше ніж одиниця. Коефіцієнт відтворення знаходимо за формулою:

$$\pi^{\text{бг}} = \frac{q_1^{\text{бг}}}{q_{\text{зе}}^1} \quad (3.1)$$

де, $q_1^{\text{бг}}$ - питома теплота, отримана від біогазу, Дж/рік;

$q_{\text{зе}}^1$ - реальні витрати первинної теплоти для виробництва біогазу, Дж / рік.

Формула для розрахунку реальних витрат енергії, Дж/рік:

$$q_{\text{зе}}^{\text{бг}} = q_{\text{роб}}^{\text{бг}} + q_{\text{екс}}^{\text{бг}} + q_{\text{кап}}^{\text{бг}} + q_{\text{пр}}^{\text{бг}} \quad (3.2)$$

де, $q_{\text{роб}}^{\text{бг}}$ - питома теплота, витрачена на отримання біогазу, Дж / рік;

$q_{\text{екс}}^{\text{бг}}$ - розходи первинної питомої теплоти у період розрахунків, Дж / рік;

$q_{\text{кап}}^{\text{бг}}$ - втрати первинної питомої теплоти на капітальні витрати, Дж / рік;

$q_{\text{пр}}^{\text{бг}}$ - розходи праці та інші витрати первинної питомої теплоти, Дж / рік.

Якщо, коефіцієнт відтворення менший одиниці, то вкладати фінанси в таку розробку не доцільно.

У загальному випадку, ККД БГУ обраховується за формулою:

$$\eta = \frac{q_1^{\text{бг}}}{q_{\text{мак}}} \quad (3.3)$$

де $q_1^{\text{бг}}$ - теплота (енергія), яку відпускають споживачеві, Дж / рік;

$q_{\text{мак}}$ - максимальна теплота, при річному споживанні БГУ, Дж / рік.

Значення коефіцієнтів являють собою загальну кількість енергетичних еквівалентів виробничих і експлуатаційних розходів на одиницю маси БГУ:

Сума енергетичних еквівалентів виробничих та експлуатаційних витрат на одиницю маси біогазової установки:

$$q_{\text{роб}}^{\text{бг}} + q_{\text{екс}}^{\text{бг}} = 106600 (\text{МДж} / \text{год}).$$

Аналогічно розраховуємо:

$$q_{\text{проб}}^{\text{бр}} + q_{\text{зкс}}^{\text{бр}} = 106600 + 882,5 (\text{МДж} / \text{год}).$$

Розрахуємо коефіцієнт відтворення енергії для біогазової установки(БУ):

$$\pi_{\text{б}}^{\text{бр}} = \frac{109500}{106470,5} = 1,03.$$

Процес вироблення біогазу ділимо на чотири етапи. Головним завданням БУ – найкраща робота при якій виробництво сягає максимальних обсягів біогазу. Розглянемо чотири головних етапи процесу виробництва.

Етап I: управління субстратом

Для того щоб запустити біогазову установку необхідно першим ділом завантажити субстрат до ферментатору. Попередня підготовка та зберігання субстрату залежить на ефективне виробництво біогазу. Вид субстрату для установки і спосіб ферментації впливає на результат показника загального виробництва. Резервуар біогазової станції (БС) слугує для виконання підготовчих робіт. Подрібнення та гомогенізування субстрату відбувається у приймальному резервуарі БС і там ж створюються задовільні умови для метаногенних мікроорганізмів. Також цей етап добре впливає на оптимізацію наступних виробничих етапів.

Етап II: виробництво біогазу

Головною частиною є метантенк, тому що є важливим в основній частині БУ. Робота метантенку є простою, а саме забезпечує підтримання постійної температури процесу виробництва для метаногенних мікроорганізмів, фізичну взаємодію субстрату.

Обов'язковими умовами для підтримки виробництва біогазу є :

- При будівництві метантенку необхідно враховувати те, що він має бути абсолютно герметичним, та непрозорим;
- Пристрої, що слугують для перемішування повинні мати необхідний ступінь перемішування субстратів. Також їхня швидкість мішання не має зашкодити життєдіяльності метаногенних мікроорганізмів;

- Температура на протязі всього процесу вироблення метаногенних бактерій бути постійна чи автоматика повинна забезпечувати контролювати внутрішню чи зовнішню систему опалення;
- Для забезпечення оптимальних умов роботи БС важливо уникати теплових втрат завдяки щільній теплоізоляції.

Етап III: зберігання дигестату

Дигестат - прості органічні сполуки, мінералізовані речовини, мікробна біомаса та біогаз, що складається переважно з метану та вуглекислого газу, які отримують у результаті бродіння органічних відходів. Його накопичують і тимчасово зберігають в спеціальних резервуарах закритого типу. Такі сховища використовують через те, що вони дозволяють отримати залишковий біогаз, що в залежності від субстрату, може складати від 4 до 6 відсотків. На рисунку 3.6 зображено виробництво дигестату.



Рисунок 3.6 – Виробництво дигестату під час метанового бродіння.

Етап IV: перетворення біогазу в електричну та теплову енергію

Чим вище технологічний процес ферментації, тим більшу вихідну здатність матиме біогазова установка. Це прямо впливає на її ефективність.

В залежності від виду субстратів - представлені різні варіанти схем біогазових станцій. У разі завчасної підготовки, є можливість збільшити швидкість та ступінь розпаду сировини в біореакторах, що в свою чергу збільшує виробництво біогазу. При використанні багатьох субстратів одночасно, з різною теплотворною здатністю, або структурою (тверді і рідкі відходи), їх накопичення та попередня підготовка проводяться окремо. Після цього їх змішують перед подачею в біореактори, або подають у різних потоках.

Очікувана кількість біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні субстрату, м³, розраховується за формулою:

$$V_{p.б} = P_{\text{субстрату}} \cdot K_{\text{л.о.}} \cdot (1 - Z) \cdot K_p; \quad (3.4)$$

де $V_{p.б}$ - розрахункова кількість біогазу, м³ ;

$P_{\text{субстрату}}$ - загальна маса субстрату, кг;

$K_{\text{л.о.}}$ - загальна кількість органіки, що легко розкладається на 1 т відходів ($K_{\text{л.о.}} = 0,41...0,71$);

Z - вміст незгораючого залишку органічної речовини ($Z = 0,2...0,3$);

K_p - максимально можливий ступінь розкладання при анаеробному бродінні органічної речовини ($K_p = 0,4...0,5$).

$$V_{p.б} = 20000 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,2) \cdot 0,4 = 3200(\text{м}^3);$$

Отже, ми розрахували, що на кожні 20 т сировини, ми зможемо отримати 3200 м³ біогазу.

Якщо враховувати інші умови обставин питомий об'єм біогазу, що отримаємо з 1 тони твердих відходів за весь період експлуатації системи біогазу, розраховується за формулою:

$$V'_{p.б} = V_{p.б} \cdot K_c \cdot K; \quad (3.5)$$

де $V'_{p.б}$ - об'єм біогазу, що можна отримати з 1 тони ТВ, м³ ;

K_c - коефіцієнт ефективного накопичення біогазу у системі ($K_c = 0,5$);

K - коефіцієнт виключення похибки при непередбачених обставинах ($K = 0,65...0,70$).

$$V'_{p.б} = 3200 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 1120(\text{м}^3);$$

Щоб розрахувати обсяг біогазу, який створюється на полігоні, застосована пряма залежність виробітки метану за кількістю збереженого субстрату, визначаємо за формулою:

$$Q = L_0 \cdot R \cdot (e^{-kc} - e^{-kt}); \quad (3.6)$$

де Q – загальний обсяг метану, що виготовляється з періодичністю в один рік, $\text{м}^3/\text{рік}$;

L_0 – здатність утворення метану, $\text{м}^3/\text{тону}$ субстрату;

R – середня кількість субстрату, $\text{т}/\text{рік}$;

k – константа утворення метану, $1/\text{рік}$;

c – час при закритті полігону, років;

t – час при відкритті полігону, років.

$$Q = 0,16 \cdot 27703 \cdot (2,7 - 3,3 \cdot 10^3 - 2,7 - 3,3 \cdot 10^3) = 1,3 \cdot 10^6(\text{м}^3).$$

3.3 Розрахунок біогазових установок і вибір устаткування для біогазової станції

Процес вироблення біогазу визначає впровадження комплексу головного обладнання, що буде встановлене на БС, таке як: реактор анаеробного зброджування з когенераційною установкою. Є два види за якими розрізняють біогазові установки за технологією бродіння та технологією підготовки сировини. Існує технологія «мокра», де вологість бродильної пульпи буде сягати від 85 до 95 відсотків, а візуально буде мати вигляд пульпи за в'язкість схожою до кефіру. А друга технологія «суха», де вологість пульпи близько від 50 до 60 відсотків, а в'язкість пульпи схожа до густої суміші сиру зі сметаною.

Обрахунку БУ передує вибір схеми, конструктивного виконання і технологій генерування біогазу. Це означає вибір послідуєчих параметрів, таких як:

- обрання розпорядку анаеробного зброджування;
- розпорядок надходження субстрату в метантенк;
- система забезпечення тепlopостачання метантенка і його ізоляція;

- система для збору біогазу;
- метод розгрузки біогазу, система для очищення та інше допоміжне обладнання;
- будова метантенку.

Головні структурні елементи звичайної біогазової установки зображені на рисунку 3.7.

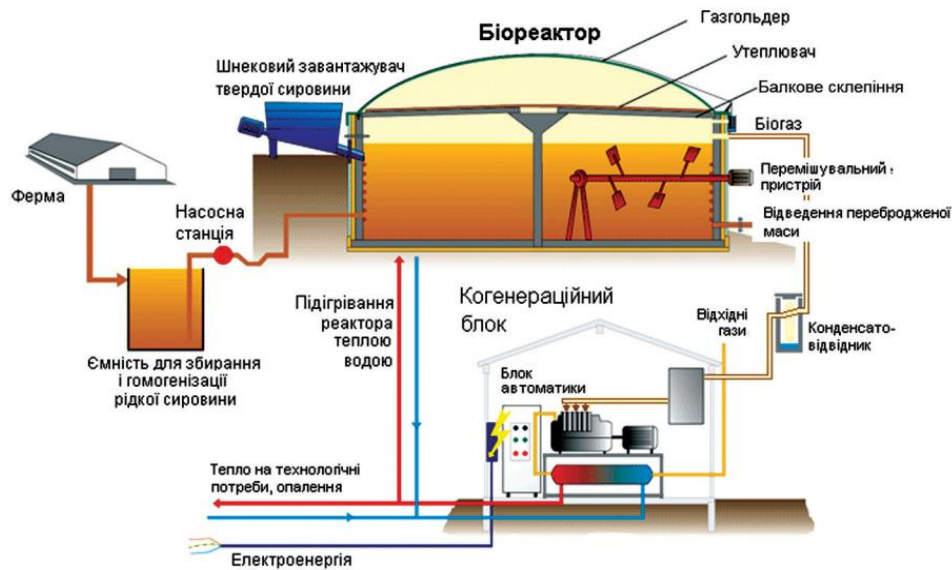


Рисунок 3.7 – Технічне устаткування біогазової установки

При застосуванні стандартного метантенку обирають той, що має найбільший обсяг, але при індивідуальному виготовленні обсяг розраховують в залежності від геометричних розмірів.

Поширеною практикою є вибір метантенку циліндричної форми. Верхня та нижня частини мають вигляд обрізаного конуса з дугою у верхній частині.

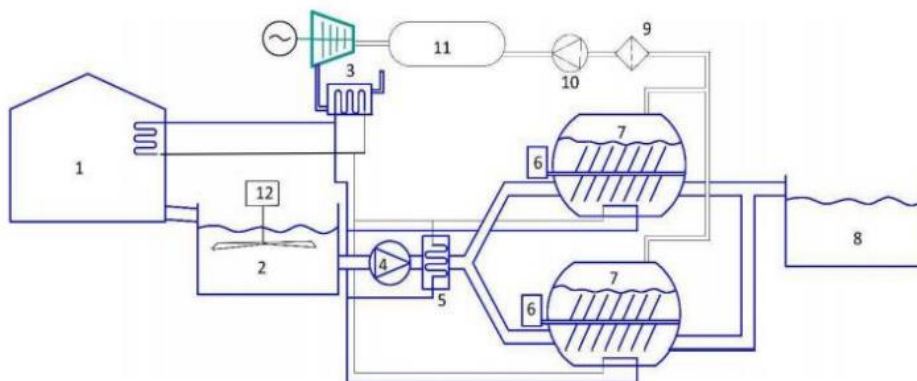


Рисунок 3.7 – Принципова схема БУ, яка проектується

1 - ферма, 2 – резервуар для приймання відходів, 3 - когенератори, 4 – насос для перекачування субстрату, 5 - теплообмінник для попереднього нагрівання субстрату, 6 - перемішувачі, 7 - метантенк, 8 - лагуна, 9 - газовий фільтр, 10 - компресор, 11 – резервуар для збереження газу.

Вихідні дані записуються наступними фізичними величинами:

- об'єм метантенка циліндричної форми 60 м^3 ($l = 10,3$ метри, $d = 2,8$ метри);
- питомий вихід рослинних відходів на добу - $m_{\text{відходів}} = 3,2$ кг/добу;
- вологість маси відходів - $W_{\text{відходів}} = 85$ %;
- частка сухої органічної речовини у рослинних відходах – $P_{\text{сов}}, \% = 80$ % ;
- вихід біогазу на 1 кг сухої органічної речовини - $n_{\text{ек}} = 0,42$ $\text{ м}^3 / \text{ кг}$;
- частка виходу біогазу від вхідної речовини при заданому періоді метанового процесу - $n_t = 60\%$;
- тривалість бродіння – $t = 20$;
- питома щільність бродильної маси - $\rho_H = 1185$ $\text{ кг} / \text{ м}^3$;
- теплоємність субстрату - $c_c = 0,0029$ $\text{ МДж} / (\text{ кг} \cdot \text{ К})$;
- температура бродіння - $t_{\text{пб}} = 50^\circ\text{ C}$;
- температура завантажувального субстрату - $t_{\text{зс}} = 5$ $^\circ\text{ C}$;
- термоопір від субстрату до внутрішньої поверхні стінки метантенка - $\alpha 1 = 835$ $\text{ Вт} / \text{ м}^2 \cdot \text{ К}$;
- термоопір від зовнішньої поверхні теплоізоляції метантенка до навколишнього середовища - $\alpha 2 = 16$ $\text{ Вт} / \text{ м}^2 \cdot \text{ К}$;
- товщина стінки метантенку - $\delta_{\text{ст}} = 0,0075$ м ;
- теплопровідність сталі - $\lambda_{\text{ст}} = 47$ $\text{ Вт} / \text{ м}^2 \cdot \text{ К}$;
- теплотворна здатність біогазу - $C_6 = 21,6$ $\text{ МДж} / \text{ м}^3$;

Переходимо до розрахунків біогазової установки. Першим етапом зробимо розрахунок метантенку. Розробляємо розрахунок, що дозволяє обрахувати теоретичний валовий потенціал біогазу проектованої БС.

Спочатку визначаємо обсяг одноразового завантаження метантенка, який орієнтовно дорівнює $m_{\text{зав}} = 4800$ $\text{ кг} / \text{ добу}$.

Розрахунок частки сухої речовини у переданому матеріалі визначається за формулою:

$$m_{\text{cp}} = m_{\text{зав}} \cdot \left(1 - \frac{W_e \%}{100}\right); \quad (3.7)$$

$$m_{\text{cp}} = 4800 \cdot \left(1 - \frac{85}{100}\right) = 720 (\text{кг} / \text{добу});$$

Розраховуємо частку сухої органічної речовини в рослинних відходах за формулою:

$$m_{\text{cop}} = m_{\text{cp}} \cdot \frac{P_{\text{cop}} \%}{100}; \quad (3.8)$$

$$m_{\text{cop}} = 720 \cdot 100 = 576 (\text{кг} / \text{добу});$$

Вихід біогазу при повному розкладанні СОВ, обчислюємо за формулою:

$$V_{\text{пов}} = n_{\text{ек}} \cdot m_{\text{cop}}; \quad (3.9)$$

$$V_{\text{пов}} = 0,42 \cdot 576 = 241,9 (\text{м}^3 / \text{добу});$$

Об'єм отриманого біогазу при вибраній тривалості метанового бродіння, розраховуємо за формулою:

$$V_6 = V_{\text{пов}} \cdot \frac{n_t}{100}; \quad (3.10)$$

$$V_6 = 241,9 \cdot \frac{60}{100} = 145,1 (\text{м}^3 / \text{добу});$$

Об'єм повного завантаження метантенка розраховуємо по такій формулі формулі:

$$V_{\text{пов.заг}} = m_{\text{доб.рос.}} \cdot t_{\text{доб.}} \cdot \frac{1}{\rho_n}; \quad (3.11)$$

$$V_{\text{пов.заг}} = 4800 \cdot 20 \cdot \frac{1}{1200} = 80 (\text{м}^3);$$

Оскільки, як і до цього об'єм реактора обраний 60 м³, то є виникає необхідність при зроблені схеми встановити установку з двох реакторів, що будуть працювати паралельно. Також це дозволить досягти резервування

обладнання, також це позитивно вплине на надійності теплопостачання та електропостачання. У таблиці 3.2 зведені результати отриманих розрахунків.

Таблиця 3.2 – Отримані результати головних характеристик біогазової установки

| | |
|---|-------|
| Обсяг одноразового завантаження метантенка, кг /добу | 4800 |
| Частка СВ у завантажувемому матеріалі, кг /добу | 720 |
| Доля COB, кг/добу | 576 |
| Вихід біогазу при повному розкладанні COB, м ³ /добу | 241,9 |
| Обсяг отриманого біогазу при обраній тривалості метанового бродіння, м ³ /добу | 145,2 |
| Об'ємом повного завантаження метантенка, м ³ | 80 |

Обираємо матеріал теплової ізоляції нашої установки. Оскільки, теплова ізоляція є важливою, то ізоляційний матеріал має бути з хорошими властивостями, доступним та дешевим. Товщина ізоляції буде залежати від форми та розміру нашого реактору. Тому, як матеріал для ізоляції візьмемо Isover типу «Профі». Всі характеристики матеріалу подані в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 - Параметри ізоляційного матеріалу Isover «Профі»

| | |
|---|----------------|
| Параметр матеріалу | |
| Товщина мату, мм | 50/100/150 |
| Ширина мата, мм | 1220 |
| Довжина мата, мм | 5000/5000/4000 |
| Кількість матеріалу в Упаковці $S_{\text{мат}}, \text{м}^2$ | 12,2/6,1/4,88 |
| Обсяг матеріалу в упаковці $V_{\text{мат}}, \text{м}^3$ | 0,61/0,61/0,73 |
| Водопоглинання по ГОСТ Р ЕН 1609, кг / м ² , не більше | 1 |
| Коефіцієнт теплопровідності, Вт / (м · К) | 0,037 |
| Клас горючості | НГ |

Далі розраховуємо габарити заданого метантенка та розраховуємо площу поверхні реактора, м²:

$$S = 2\pi \cdot r^2 + 2\pi r l ; \quad (3.12)$$

$$S = 2\pi \cdot 1,42 \cdot 2\pi \cdot 1,4 \cdot 10,3 = 103(\text{m}^2).$$

Оскільки, метантенки мають працювати паралельно, то їх сумарна площа поверхні буде дорівнювати $S_M = 206 \text{ m}^2$.

Розраховуємо кількість теплоти, що втрачається субстратом крізь стінку реактора при лютих морозах мінімальній температурі -48°C .

Теплові втрати при мінімальній температурі повітря зовні, розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{пот}} = k \cdot P(T_{\text{ПР}} - T_{\text{довк}}); \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{пот}} = 0,183 \cdot 273(50 - (-48)) = 17,6(\text{МДж} / \text{год}).$$

Кількість теплоти, щоб підігріти маси що завантажується, щоб утворити температуру бродіння, розраховуємо так:

$$Q_{\text{под}} = \frac{m_{\text{доб.суб}} \cdot C_c (T_{\text{ПР}} - T_{\text{заг}})}{\eta}; \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{под}} = \frac{4800 \cdot 0,0025(50 - 5)}{0,95} = 568,4(\text{МДж} / \text{добу});$$

Загальні витрати теплової енергії на підтримку процесу будуть олзраховуватися за наступною формуою:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}} \cdot 24 + Q_{\text{мех}} \cdot t_{\text{роб}}; \quad (3.15)$$

$$Q_{\text{заг}} = 568,4 + 17,6 \cdot 24 = 991,7(\text{МДж} / \text{добу}) = 11,5(\text{кВт}).$$

Розраховуємо потенційні запаси енергії біогазу, що вироблений за 1 добу:

$$Q_{\text{вир}} = V_6 \cdot C_6; \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{вир}} = 141,1 \cdot 1,6 = 3135,3(\text{МДж} / \text{добу}).$$

Коефіцієнт товарності БУ розраховуємо по формулі:

$$k_m = \frac{Q_{\text{заг}} - Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{заг}}}; \quad (3.17)$$

$$k_m = \frac{3135,3 - 991,7}{1095} = 2,16.$$

Обраховуємо валовий потенціал енергії біогазу за формулою:

$$W_{\text{БГУ}} = \frac{Q_{\text{вир}} \cdot 277,78}{1000}; \quad (3.18)$$

$$W_{\text{БГУ}} = \frac{3135,3 \cdot 277,78}{1000} = 870,9 (\text{кВт} / \text{доба}).$$

Цей показник відображає теоретичний електричний потенціал енергії біогазу без додавання ККДкогенератора.

Знаходимо валовий потенціал теплової енергії біогазу за формулою дорівнює:

$$Q_{\text{БГУ}} = \frac{W_{\text{БГУ}} \cdot 0,86}{1000}; \quad (3.19)$$

$$Q_{\text{БГУ}} = \frac{870,9 \cdot 0,86}{1000} = 0,74 (\text{Гкал}) = 0,3 (\text{кДж}).$$

Середня потужність, яку може підтримувати БУ на протязі тривалого часу виходячи з біогазового потенціалу розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{БГУ}}}{24}; \quad (3.20)$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{870,9}{24} = 36,3 (\text{кВт}).$$

Розглянута установка буде мати такі характеристики:

Розташування: Україна, м.Вінниця.

Період будівництва: 2022/2023.

Субстрати: відходи від соняшника, гній великої рогатої худоби, стічні води.

Встановлена потужність: 330 кВт.

Застосування біогазу: переробка біогазу в електричну енергію та продаж її в електромережу чи на використання на потреби підприємства.

Особливості проекту: 1 метантенк первинний з резервуаром для збереження газу, 1 лагуна, використання відходів виробництва у якості біодобрив, мезофільні режими зброджування.

Виробництво біогазу за добу - 3630 м³.

Вихід (на рік): Електрична енергія - 2635 МВт · год. Теплова енергія - 3155 МВт · год.

Тому прийнято рішення застосувати біогазову установку FOGO від виробника MAN. Електричною потужністю 526 кВт. ККД 84,4% Номінальна теплова потужність 589кВт. Температура води на виході 85/65 градусів по Цельсію. Установка зображена на рисунку 3.8. Такі установки мають високу якість виробництва, зручний монтаж, що є максимально зрозумілим у використанні.

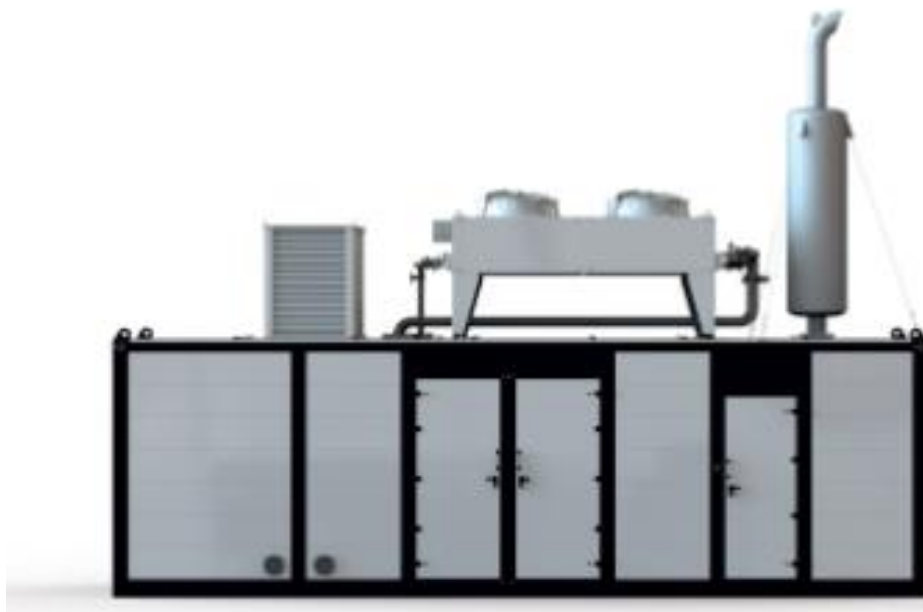


Рисунок 3.8 – Біогазова установка «FOGO»

Висновки: у третьому розділі було розглянуто, що таке біогаз. Наскільки вигідно використовувати біогазові установки. Проведено дослідження що до застосування сировини для створення біогазу з відходів соняшника. Проведено розрахунки, що до отримання біогазу з відходів соняшника. Також розрахована та підібрана біогазова установка, також підібрана ізоляція метантенку. Вибір біогазової установки зупинили на «FOGO» MAN 400 V 50 Hz.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Однолінійна схема задана на рисунку 2.46. Створимо таблиці у які занесемо всі типи обладнання ТП, КБ, які отримані у розділі 2.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

| Підстанція | Тип трансформатора | Кількість трансформаторів | Факт. потужність підстанції, кВА |
|------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|
| ТП 1 | ТМ-1000 | 2 | 1030 |
| ТП 2 | ТМ-2500 | 2 | 1734 |
| ТП 3 | ТМ-630 | 2 | 617 |
| ТП 4 | ТМ-1000 | 2 | 1053 |

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

| Найменування ліній | Довжина лінії від ТП до ГПП, м | Марка кабелю | К-сть |
|--------------------|--------------------------------|--------------|-------|
| ГПП - ТП1 | 27,98 | АББл 3х50 | 2 |
| ГПП - ТП2 | 206,98 | АББл 3х95 | 2 |
| ГПП - ТП3 | 317,02 | АББл 3х50 | 2 |
| ГПП - ТП4 | 426,98 | АББл 3х50 | 2 |

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн.;

l – кількість підстанцій;

$K_{\text{пост}}$ – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{пс1} = 280 + 56 = 336 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

| № | Тип тр-ра | Кількість тр-рів | $K_{од}$, тис.грн | $K_{пост}$, тис.грн | $K_{пс}$, тис.грн |
|--------|----------------|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| КТП-1 | ТМ-1000 | 2 | 280 | 56 | 336 |
| КТП-2 | ТМ-2500 | 2 | 540 | 108 | 648 |
| КТП-3 | ТМ-630 | 2 | 140 | 28 | 168 |
| КТП-4 | ТМ-1000 | 2 | 280 | 56 | 336 |
| ГПП | ГПП-110-2x6300 | 2 | 4510,6 | 902,12 | 5412,7 |
| Всього | | | | | 6900 |

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання.

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.2)$$

де $K_{пит}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{прок}$ – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ГПП до ТП1 (АББл 3x50) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) L = (68,07 \cdot 2 + 2,73) \cdot 0,02798 = 3,885 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

| Назва лінії | Марка кабелю | Кіль-ть | Довжина, км | К _{пит} , тис.грн | К _{прок} , тис.грн | К _л , тис.грн |
|-------------|--------------|---------|-------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ГПП-ТП1 | АББл 3х50 | 2 | 0,02798 | 68,08 | 2,73 | 3,886 |
| ГПП-ТП2 | АББл 3х95 | 2 | 0,20698 | 112,21 | 2,73 | 47,016 |
| ГПП-ТП3 | АББл 3х50 | 2 | 0,31702 | 68,08 | 2,73 | 44,031 |
| ГПП-ТП4 | АББл 3х50 | 2 | 0,42698 | 68,08 | 2,73 | 59,303 |
| Всього | | | | | | 59,303 |

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 1, кількість вимикачів 10 кВ – 14 шт., а вимикачів 110 кВ – 2 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 58 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 110 тис.грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 14 \cdot 22,5 + 4 \cdot 55 = 535 \text{ тис.грн.}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 6900 + 535 = 7435 \text{ тис.грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 154,24 + 7435 = 7589,23 \text{ тис.грн.}$$

4.2. Розрахунок поточних витрат

4.2.1. Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоукомплектування та мереж, визначається виходячи з трудомісткості виконуваних робіт. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж.

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

Планова трудомісткість, відповідно, визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.3)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год.;

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Для схеми, представленої на рис.1 трудомісткість ремонту вимикачів 110кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.5.

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при $K_{\text{зм}}=2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт β_p , який знаходимо за табл. 2.15 [1].

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.4)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год.;

K_{cp} – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування одиниці енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{c.p} = 0,1$.

n – кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 110 кВ, люд-год/рік:

$$T_{го} = 12 \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2 = 96.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.6.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

| Обладнання | К-ть | Поточний ремонт | | | Огляд | | |
|------------------------|-----------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | | К-сть на одиницю обладнання рем/рік | Норма трудомісткості люд.год | Заг. трудмісткість люд.год | К-сть на одиницю обладнання огл/рік | Норма трудомісткості люд.год | Заг. трудмісткість люд.год |
| Вимикач 110кВ | 4 | 1 | 20 | 80 | 12 | 2 | 96 |
| Роз'єднувач 110кВ | 8 | 1 | 12 | 96 | 12 | 2 | 192 |
| Трансформатор 110/10кВ | 4 | 0,33 | 300 | 396 | 12 | 20 | 960 |
| Вимикач 10кВ | 14 | 1 | 16 | 224 | 12 | 2 | 336 |
| ТМ-1000 | 4 | 0,33 | 120 | 158,4 | 12 | 12 | 576 |
| ТМ-2500 | 2 | 0,33 | 180 | 118,8 | 12 | 20 | 480 |
| ТМ-630 | 2 | 0,33 | 160 | 105,6 | 12 | 9 | 216 |
| КЛ 50мм ² | 0,24 | 1 | 36,47 | 8,87 | 1 | 11,19 | 2,72 |
| КЛ 50 мм ² | 0,63 | 1 | 95,11 | 60,30 | 1 | 29,17 | 18,49 |
| КЛ 95 мм ² | 0,85 4 | 1 | 153,71 | 131,26 | 1 | 46,11 | 39,38 |
| Разом | | | | 1379,2 3 | | | 2916,5 9 |

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

| Обладнання | К-ть | Технічне обслуговування | | | | Загальна трудомісткість обслуговування люд.год. |
|------------------------|----------|-------------------------|------------------|--------------|--------------------------------|---|
| | | Змінність роботи | Коеф. складності | К-ть місяців | Загал. трудомісткість люд.год. | |
| Вимикач 110кВ | 4 | 2 | 0,1 | 12 | 192 | 288 |
| Роз'єднувач 110кВ | 8 | 2 | 0,1 | 12 | 230,4 | 422,4 |
| Трансформатор 110/10кВ | 4 | 2 | 0,1 | 12 | 2880 | 3840 |
| Вимикач 10кВ | 14 | 2 | 0,1 | 12 | 537,60 | 873,6 |
| ТМ-1000 | 4 | 2 | 0,1 | 12 | 1152 | 1728 |
| ТМ-630 | 2 | 2 | 0,1 | 12 | 768 | 984 |
| ТМ-2500 | 6 | 2 | 0,1 | 12 | 2592 | 3072 |
| КЛ 50 мм ² | 0,2 4 | 2 | 0,1 | 12 | 21,28 | 24 |
| КЛ 50 мм ² | 0,6 3 | 2 | 0,1 | 12 | 144,72 | 163,21 |
| КЛ 95 мм ² | 0,8 5 | 2 | 0,1 | 12 | 315,03 | 354,41 |
| Разом | | | | | 8833,04 | 11749,63 |

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

$$H_{np} = \frac{T_{np}}{\Phi_d \cdot K_{в.н}}, \quad (4.5)$$

експлуатаційні робітники, чол.:

$$H_{обс} = \frac{T_{обс}}{\Phi_{обс} \cdot K_{в.н}}, \quad (4.6)$$

де T_{np} – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд.год;

Φ_d – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год;

$K_{в.н}$ – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках приймаємо для ремонтного персоналу $K_{в.н} = 1,10$, а для експлуатаційного – $K_{в.н} = 1,05$;

$T_{\text{обс}}$ – річна планова трудомісткість технічного обслуговування з урахуванням витрат праці на огляди, люд·год.

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{11749,63}{1900 \cdot 1,1} = 5,62$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{2916}{1900 \cdot 1,05} = 1,46$$

Приймаємо $N_{\text{тр}} = 2$ чол., $N_{\text{обс}} = 6$ чол.

4.3. Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_{\epsilon} = N_{\text{обс}} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_{\text{д}} \quad (4.7)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_{\text{I}}, \quad (4.8)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [1];

C_1 – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{Z_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.9)$$

де Z_{\min} – мінімальний розмір заробітної плати;

$k_{r,i}$ – тарифний коефіцієнт робітника i-го розряду;

Φ_H – номінальний місячний фонд робочого часу ($\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$ год).

Законом України „Про Державний бюджет України на 2021 рік та про внесення змін до деяких законодавчих актів України” від 15.12.2020 р. № 1082-IX встановлено розміри мінімальної заробітної плати – 6000,00 грн.

$$C_1 = 6000 \cdot 1 / 176 = 34,09 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{re} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 34,09 = 41,76 \text{ грн./год.};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 5 \cdot 0,9 \cdot 41,76 \cdot 1900 = 428457,60 \text{ грн./рік};$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр},$$

$$t_{гр} = (K4 + K5) / 2 \cdot C_1,$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно.

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 34,09 = 44,83 \text{ грн./год};$$

$$\Phi_p = 2916,59 \cdot 44,83 = 130749,47 \text{ грн./рік.}$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \quad (4.10)$$

де Φ - тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oc} = 428457,60 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 539856,58 \text{ грн./рік,}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 130749,47 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 171281,8 \text{ грн./рік.}$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (4.11)$$

$$\Phi_{оed} = 539856,58 \cdot 1,15 = 620835,06 \text{ грн./рік;}$$

$$\Phi_{орд} = 171281,8 \cdot 1,15 = 196974,07 \text{ грн./рік.}$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.12)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 32\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 620835,06 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 838127,33 \text{ грн./рік. ;}$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 196974,07 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 265914,99 \text{ грн./рік.}$$

Таблиця 4.7 – Розрахунок витрат по заробітній платі

| | | |
|-----------------------------|---|----------------|
| Ф _е | Заробітна плата робітників-погодинників | 428457,6 грн. |
| Ф _р | Заробітна плата робітників-ремонтників | 130749,47 грн. |
| Ф _{о_е} | Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу | 539856,58 грн. |
| Ф _{о_р} | Величина основної ЗП ремонтного персоналу | 171281,8 грн. |
| Ф _{о_{ед}} | Основний фонд ЗП погодинників | 620835,06 грн. |
| Ф _{о_{рд}} | Основний фонд ЗП ремонтників | 196974,07 грн. |
| С _{з_{пе}} | Витрати по ЗП погодинників | 838127,33 грн. |
| С _{з_{пр}} | Витрати по ЗП ремонтників | 265914,99 грн. |

4.4. Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.8

Таблиця 4.8 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

| Матеріал | Ціна матеріалу, грн. | Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування | | | Вартість матеріалу, грн. | | |
|-------------------------------|----------------------|---|------|------|--------------------------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Силові трансформатори | | 1000 | 2500 | 6300 | 1000 | 2500 | 6300 |
| Сталь сортова, кг | 2,497 | 6 | 7 | 10 | 14,9 | 17,5 | 24,9 |
| Провід установлюваний, м | 1,036 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,3 | 0,52 | 0,5 |
| Мідь-алюміній (гола), кг | 23,25 | 62 | 73 | 79 | 1441 | 1697 | 1836 |
| Картон електроізоляційний, кг | 11,21 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 15,7 | 17,9 | 19,1 |
| Лакотканина (ширина 700мм), м | 31,09 | 0,2 | 0,21 | 0,3 | 6,2 | 6,5 | 9,3 |
| Кабельний папір, кг | 9,167 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 5,5 | 5,5 | 5,5 |
| Стрічка кіперна, кг | 112,1 | 40 | 41 | 42 | 4484 | 4596 | 4708 |
| Стрічка тафтяна, кг | 83,28 | 18 | 24 | 28 | 1499 | 1999 | 2331 |
| Стрічка азбестова, м | 2,454 | 0,05 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,20 | 0,22 |
| Лаки ізоляційні, кг | 13,41 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 20,11 | 21,45 | 24,13 |

Продовження таблиці 4.8 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

| 1 | 2 | 3 | | | 4 | | |
|-------------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Емалі ґрунтові, кг | 14,71 | 2,5 | 3,1 | 3,2 | 36,78 | 45,60 | 47,07 |
| Масло трансформаторне, кг | 4,545 | 0,58 | 1,2 | 1,3 | 2,64 | 5,45 | 5,91 |
| Бензин, кг | 2,306 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1,61 | 2,08 | 2,31 |
| Розчинники кг | 6,499 | 0,8 | 1 | 1,2 | 5,20 | 6,50 | 7,80 |
| Маслостійка гума, кг | 16,67 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 6,67 | 8,33 | 10,00 |
| Гума профільна, кг | 16,67 | 0,13 | 0,09 | 0,09 | 2,17 | 1,50 | 1,50 |
| Припій олов'яно-свинцевий, кг | 158,7 | 0,02 | 0,02 | - | 3,18 | 3,18 | - |
| Припій мідно-фосфорний, кг | 29,5 | 0,03 | 0,03 | - | 0,89 | 0,89 | - |
| Електроди, кг | 5,48 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,82 | 1,10 | 1,65 |
| Засоби кріплення, кг | 6,98 | 2 | 2,5 | 3 | 13,97 | 17,46 | 20,95 |
| Дріт кручений, | 0,91 | 0,3 | 0,3 | 0,37 | 0,27 | 0,27 | 0,34 |
| Матеріали обтиску, кг | 9,09 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 3,64 | 4,55 | 4,55 |
| | | | | | 7566 | 8459 | 9063 |
| Сталь сортова, кг | 2,497 | | | | 4,99 | | |
| Електроди, кг | 5,484 | | | | 0,55 | | |
| | | | | | 5,54 | | |

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \times \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right) \quad (4.13)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Вартість матеріалів, потрібних на ремонт і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування розраховані в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Планування вартості матеріалів, що витрачаються

| Вартість матеріалу | |
|--------------------|----------|
| ТМ-1000 | 37833,8 |
| ТМ-630 | 42295,65 |
| ТМ-2500 | 42295,65 |
| Силовий тр. 110/10 | 45315,8 |
| КЛ-10кВ | 27,7 |

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.14)$$

$$C_{\text{обс}} = 838727,33 + 4109556,38 = 4947683,71 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.15)$$

$$C_{\text{пр}} = 334346,2661 + 265914,99 = 600261,26 \text{ грн/рік}.$$

4.5. Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.16)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 7589,23 = 455,35 \text{ грн/рік}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{\text{іпр}} = \beta_{\text{іпр}} (C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.17)$$

де $\beta_{\text{іпр}}$ - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іпр}} = 0,25 \cdot (455,35 + 60026,26 + 4947683,71) = 1500824,781 \text{ грн/рік}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 – Кошторис річних поточних витрат

| Стаття витрат | Величина витрат, грн. | Структура, % до підсумку |
|---|-----------------------|--------------------------|
| Витрати по експлуатації енергоустановок і мереж | 4947683,7 | 65,93 |
| Витрати на поточний ремонт | 600261,26 | 7,9 |
| Витрати на амортизацію | 455,554,14 | 6,06 |
| Інші витрати | 1500824,78 | 20 |
| Разом | 7504123,9 | 100,00 |

4.6. Розрахунок собівартості електроенергії

4.6.1. Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.18)$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різній кількості робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина T_m у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень – 1500 – 2000 год.; для однозмінних підприємств – 2000 – 3000 год.; для двозмінних – 3000 – 4500 год і тризмінних 4500 – 8000 год.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для першого цеху:

$$E_{a1} = 336,264 \cdot 6000 = 2017584 \text{ кВт}\cdot\text{год./ рік.}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.11.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.11 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

| Назва цеху | Кількість змін | Tм, год | Pр, кВт | cosφ | Eв, кВт*год./рік | |
|-----------------------------|----------------|---------|---------|------------|------------------|-------------|
| 1 Електролізний цех | 3 | 6000 | 6000 | 336,264 | 0,65 | 2017584 |
| 2 Напірна станція | 3 | 6000 | 6000 | 100,41056 | 0,8 | 602463,36 |
| 3 Теплиця | 2 | 6000 | 6000 | 74,21852 | 0,8 | 445311,12 |
| 4 КНС | 2 | 4000 | 4000 | 60,33456 | 0,65 | 241338,24 |
| 5 Склад | 3 | 6000 | 6000 | 31,69236 | 0,7 | 190154,16 |
| 6 Цех напірної флокації | 2 | 4000 | 4000 | 23,816 | 0,8 | 95264 |
| 7 Цех виробництва маргарину | 2 | 2500 | 2500 | 61,3656 | 0,7 | 153414 |
| 8 Склад м'яса | 2 | 6000 | 6000 | 43,4188 | 0,7 | 260512,8 |
| 9 Гараж | 2 | 6000 | 6000 | 25,401 | 0,7 | 152406 |
| 10 Мишварний завод | 2 | 4000 | 4000 | 371,2528 | 0,5 | 1485011,2 |
| 11 Гідрогенезаційний завод | 2 | 4000 | 4000 | 415,0624 | 0,5 | 1660249,6 |
| 12 Цех напірної флокації | 2 | 4000 | 4000 | 67,576 | 0,8 | 270304 |
| 13 Механічна майстерня | 2 | 6000 | 6000 | 35,43488 | 0,6 | 212609,28 |
| 14 Механічна майстерня | 3 | 6000 | 6000 | 53,4336 | 0,6 | 320601,6 |
| 15 Склад шрота | 2 | 6000 | 6000 | 27,93 | 0,7 | 167580 |
| 16 Їдальня | 2 | 4000 | 4000 | 41,598 | 0,8 | 166392 |
| 17 Масло-екстраційний цех | 3 | 6000 | 6000 | 124,70832 | 0,7 | 748249,92 |
| 18 Адміністративний корпус | 1 | 2500 | 2500 | 35,8 | 0,8 | 89500 |
| 19 Пресовочний цех | 3 | 6000 | 6000 | 145,1392 | 0,7 | 870835,2 |
| 20 Бензосховище | 2 | 4000 | 4000 | 15,55324 | 0,7 | 62212,96 |
| 21 Насосна станція | 3 | 6000 | 6000 | 73,9866 | 0,8 | 443919,6 |
| 22 Олієзливна | 2 | 6000 | 6000 | 89,28216 | 0,8 | 535692,96 |
| 23 Елеватор шрота | 2 | 6000 | 6000 | 125,6792 | 0,7 | 754075,2 |
| 24 Котельня | 3 | 6000 | 6000 | 380,5888 | 0,6 | 2283532,8 |
| 25 Склад шрота | 2 | 4000 | 4000 | 23,1036 | 0,7 | 92414,4 |
| 26 Склад зерна | 2 | 4000 | 4000 | 40,0672 | 0,8 | 160268,8 |
| 27 Склад жирів | 2 | 4000 | 4000 | 29,87652 | 0,7 | 119506,08 |
| 28 Склад м'яса | 2 | 4000 | 4000 | 26,43 | 0,7 | 105720 |
| Разом | 63 | 139000 | 139000 | 2879,42392 | | 14707123,28 |

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

n – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.20)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [1]),

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження $T_{\text{м}}$:

$$\tau_n = \left(0,124 + \frac{T_n}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{6000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 4591,78 \text{ год.}$$

Для лінії ГПП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,706 \cdot 0,02798 = 0,010 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\Delta} = 3 \cdot 2 \cdot 29,86^2 \cdot 0,010 \cdot 4591,78 \cdot 10^{-3} = 132,2 \text{ кВт*год./рік.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Втрати електроенергії в лініях

| Найменування лінії | Марка кабелю | Кількість | Довжина, км | I, А | R, Ом. | T, год./рік | ΔE_{Δ} , кВт*год. |
|--------------------|--------------|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------------------------|
| ГПП-ТП1 | АВВБ 3Х50 | 2 | 0,02798 | 29,86801706 | 0,01075831 | 4591,78176 | 132,2084852 |
| ГПП-ТП2 | АВВБ 3Х95 | 2 | 0,20698 | 7,246507981 | 0,05681601 | 4591,78176 | 41,09895452 |
| ГПП-ТП3 | АВВБ 3Х50 | 2 | 0,31702 | 5,356260313 | 0,12189419 | 4591,78176 | 48,17357201 |
| ГПП-ТП4 | АВВБ 3Х50 | 2 | 0,42698 | 5,359103763 | 0,16417381 | 2405,28576 | 34,02327721 |
| Разом | | | | | | | 255,5042889 |

Втрати електроенергії в трансформаторах визначають за формулою, тис. кВт*год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{XX} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{K3} \cdot \left(\frac{S_{\Phi}}{S_H}\right)^2 \cdot \tau, \quad (4.21)$$

де n - кількість трансформаторів;

ΔP_{K3} і ΔP_{XX} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

S_{Φ} - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 2,4 \cdot 8760 + \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 12 \cdot \left(\frac{1030}{1000}\right)^2 \cdot 4591,78 = 71276,52 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік.}$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Втрати енергії в трансформаторах

| Тип трансформатора | К-сть тр-рів | ΔP_x , кВт | ΔP_k , кВт | S_p , Ква. | S_n , Ква. | ΔE_T , кВт*год. / рік |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| ТМ-1000 | 2 | 2,4 | 2,4 | 12 | 1030 | 71276,52762 |
| ТМ-2500 | 2 | 2,4 | 2,4 | 12 | 1734 | 124886,2041 |
| ТМ-630 | 2 | 3 | 3 | 18 | 617 | 58705,45596 |
| ТМ-1000 | 2 | 3 | 3 | 18 | 1053 | 61936,18066 |
| ГПП-110-2х6300 | 2 | 27 | 27 | 74 | 8868 | 473040 |
| | | | | | | 789844,3684 |

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.22)$$

$$E = 14707123,28 + 255,5 + 789844 = 15497223,15 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік.}$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$П_1 = v \cdot E / 100, \quad (4.23)$$

де v – ставка тарифу за 1 кВт·год споживаної активної електроенергії, грн.;

E – кількість енергії, що споживається, врахована по лічильнику.

$$П_1 = 3,40 \cdot 15497223,15 = 52690558,72 \text{ грн.}$$

4.6.2. Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВт·г:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.24)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}, \quad (4.25)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

C_{Π} – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.26)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\Pi} = 4947683,71 + 600261,26 + 455,35 + 1500824,781 = 7504123,9 \text{ грн/рік.}$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 7504123,904 + 52690558,72 = 60194682,62 \text{ грн/рік.}$$

Собівартість електроенергії:

$$S = \frac{60194682,62 \cdot 100}{14707123,28} = 409,28 \text{ коп./кВт·год}$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.14.

Таблиця 4.14 –Результати розрахунків

| Показники | Позначення | Величина показників | Одиниця вимірювання |
|---|------------|---------------------|---------------------|
| К-сть корисно спожитої ел.енергії | E_a | 14707123,28 | кВт·год. |
| Річне споживання ел.енергії із втратами | E | 15497223,15 | кВт·год. |
| Плата за електроенергію | $П_1$ | 52690558,72 | грн. |
| Витрати на передачу і розподіл ел.ен. | $C_{п}$ | 7504123,904 | грн. |
| Сумарні витрати під-ва | $C_{сум}$ | 60194682,62 | грн. |
| Собівартість ел.енергії | S | 409,28 | коп/кВт·год. |

Висновки:

Було проаналізовано вхідні дані та розраховано розмір капіталовкладень в систему електропостачання. Виконано розрахунок поточних витрат підприємства, розраховано витрати по заробітній платі, вартість витратних матеріалів та величину амортизаційних відрахувань.

Проведено розрахунок річного споживання і втрат електроенергії, а також визначено плату за електроенергію. Величина собівартості електроенергії склала 409,28 коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці під час монтажу та обслуговування системи електропостачання ПАТ «Олієжиркомбінат», м. Вінниця за умов застосування біогазових установок. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний персонал, що обслуговує технологічне обладнання підприємства [1, 2].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (органічний і нетоксичний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення підприємства здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизма, відповідно до ПБЕ [4, 5], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, можливість одночасного контакту з

металевими корпусами обладнання та механізмами, що мають зв'язок з землею, окремо в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

В процесі експлуатації електрообладнання ПАТ «Олієжиркомбінат» виникає потреба в виконанні ремонтних робіт без порушення технологічного процесу. До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати

ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Заносити довгі предмети (труби, драбини тощо) та працювати з ними в РУ, в яких унеможливлено випадковий дотик до частин, що перебувають під напругою, потрібно вдвох під постійним наглядом керівника робіт. Риштування та драбини, що застосовуються для ремонтних робіт, мають бути виготовлені за ДСТУ чи ТУ на них. Опорна частина драбин, що встановлюються на гладких поверхнях, має бути оббита гумою, а на опорних частинах драбин, що встановлюються на землі, мають бути гострі металеві наконечники. Драбини повинні верхнім кінцем надійно спиратися на міцну опору. У разі необхідності обіперти драбину на провід, вона повинна бути обладнана гачками в верхній частині. Зв'язані драбини застосовувати забороняється. В разі встановлення приставних драбин на підкранових балках, елементах металевих конструкцій тощо необхідно надійно закріпити верхівку і низ драбини на конструкціях. В процесі обслуговування та ремонту електроустановок застосування металевих драбин забороняється.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою III; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги.

2) При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється. Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [6] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

| Період року | Категорія робіт | Допустимі | | |
|-------------|--------------------------|-----------|-------------|---------------|
| | | t, °C | W, % | V, м/с |
| Теплий | Середньої важкості Па | 18-27 | 65 при 26°C | 0,2-0,4 |
| Холодний | | 17-23 | До 75% | не більше 0,3 |

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [7]: температури внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні значно відрізнятися (не більше ніж на 2°C за діапазон норм); якщо температура поверхонь вище або нижче температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м; ля забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 5.2.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 5.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

| Характер зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Під-розряд зорової роботи | Контраст об'єкта з фоном | Характеристика фону | Штучне при системі комбінованого освітлення | | Природне Ен пр | Сумісне Е сум |
|-------------------------|--|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|---|------------------------|----------------|---------------|
| | | | | | | всього | у т. ч. від загального | | |
| Середньої точності | Від 0,5 до 1,0 включно | IV | б | малий | світлий | 500 | 200 | 1,5 | 0,9 |

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.3 Виробничий шум

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [9]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 5.3.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 5.3 – Рівень звукового тиску

| Характер робіт | Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц | | | | | | | | |
|---|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Постійні робочі місця в промислових приміщеннях | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 |

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.4 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу – За [10]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, зерносушарки, транспортери, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

| Категорія вібрації по санітарним нормам | Напрямок дії | Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення | | | |
|---|--|---|-----|-------------------------------------|----|
| | | Віброприскорення | | Віброшвидкість | |
| | | м·с ⁻² | ДБ | м·с ⁻² ·10 ⁻² | ДБ |
| Загальна | Z _o , Y _o , X _o | 0,1 | 100 | 0,2 | 92 |

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.2.5 Фактори умов праці

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – 291-348; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до

61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг – до 35 кг; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 140000; за участю мязів тулуба та ніг – до 200 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах тощо) від 10 % до 25 % часу зміни; перебування в позі «стоячи» від 60% до 80% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат – сумарна кількість годин, з напруженням голосового апарату (протягом тижня) – від 16 до 20.

Навантаження на зоровий аналізатор: розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працівника до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни – 5,0–1,1 мм більше 50% часу; 1,0–0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25% часу.

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) – розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за виконання окремих елементів завдання;

ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації природного характеру формуються внаслідок природних явищ, як повені, землетруси, посухи тощо. Загалом надзвичайні ситуації розрізняють за конкретними природними явищами, що викликають ці ситуації. До них належать великі повені, катастрофічні затоплення, землетруси та зсувні процеси, лісові та польові пожежі, великі снігопади та ожеледі, урагани, смерчі та шквальні вітри тощо.

Утворення ожеледі на проводах призводить до появи значного механічного навантаження на дроти, троси і опори у вигляді додаткових вертикальних сил. Це знижує запас міцності проводів, тросів і опор ліній. В результаті бурулькових утворень виникають обриви проводів і поломки опор, зближення і дотикання проводів з перекриттям ізоляційних проміжків не тільки при перенапруженнях, а й при нормальній робочій напрузі.

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища. Саме тому елементах системи електропостачання використовують обладнання, яке виготовлене з таких матеріалів: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та ін. серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Внаслідок дії радіації виникають оборотні і необоротні процеси, що спричиняють порушення роботи елементів схеми та пошкодження апаратури.

В схемах системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники, діелектрики, смоли та ін. Серед цих матеріалів метали

найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

В елементах схем електропостачання заводу радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів Схеми, що приведе до пошкодження роботи верстата в цілому.

Результатом впливу ЕМІ може бути вихід із ладу різних пристроїв та спорядження. Особливо негативний вплив електромагнітного імпульсу на обладнання, яке не має спеціального захисту (різні «домішки» до системи проводів, електромагнітне екранування і т.п.).

Електромагнітний імпульс викликає високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, антенах радіостанцій тощо.

Електромагнітний імпульс являє собою велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від дії інших вражаючих факторів. Тому захист апаратури від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу.

Саме тому, обов'язковим для обладнання заводу є дослідження безпеки роботи обладнання під час дії електромагнітного імпульсу та іонізуючого випромінювання.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії іонізуючого випромінювання

Критерієм оцінки безпеки роботи об'єкта в умовах дії іонізуючого випромінювання є максимальне значення потужності дози, що може викликати зміни параметрів елементів системі електропостачання заводу з порушенням роботи системи.

Елементами систем електропостачання підприємства від яких залежить її функціонування є транзистори, діоди, конденсатори, магнітні матеріали, напівпровідники, випрямлячі, діелектричні матеріали, резистори.

Таблиця 5.5 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання

| № | Елементи системи електропостачання | | $D_{гр,Р}$ | $D_{гр,Р}$ |
|---|------------------------------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1 | Блок живлення | Мікросхема LH0021 | 10^4 | 10^4 |
| | | Резистор С5-35 | 10^6 | |
| | | Конденсатор Х7R | 10^5 | |
| 2 | Блок обробки сигналу | Операційний підсилювач LH0021 | 10^5 | |
| | | Резистор С2-23 | 10^6 | |
| | | Конденсатор К10-17 | 10^i | |
| | | Цифрові потенціометри DS1807 | 10^5 | |
| 3 | Мікропроцесорний блок | Мікроконтролер AVR | 10^5 | |

По мінімальному значенню визначаємо границю стійкості роботи РЕА в цілому $P_{гр} = 10^4 P$. Можлива експозиційна доза опромінення:

$$t_{п} = 1 \text{ год};$$

$$t_{к} = 12 \text{ років} = 103800 \text{ год};$$

$$K_{осл} = 1.$$

3) Максимально допустимий рівень радіації на об'єкті:

$$D_{зр} = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{нос}} [P] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{1\max} = \frac{D_{зр} \cdot K_{нос}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} [P / год], \quad (5.1)$$

$$P_{1\max} = \frac{10^4 \cdot 1}{2 \cdot (\sqrt{1038000} - \sqrt{1})} = 15,56 (P / год).$$

4) Визначаємо допустимий час роботи РЕА:

$$t_{дон} = \left(\frac{D_{зр} \cdot K_{носл} + 2 \cdot P_{1\max} \sqrt{t_p}}{2 \cdot P_{1\max}} \right)^2 [год] \quad (5.2)$$

$$t_{дон} = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 15,56 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 15,56} \right)^2 = 1039 \cdot 10^4 (год) = 11,86 (років)$$

Отже, допустимий час роботи РЕА складатиме близько 12 років, система електропостачання буде безпечно працювати в умовах дії іонізуючих

випромінювань, якщо максимальне значення рівня радіації не перебільшуватиме 15,56 Р/год.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій безпеки роботи системи електропостачання або окремих їх елементів в умовах дії електромагнітних випромінювань можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{\text{дон}}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 [\text{дБ}] \quad (5.3)$$

де $U_{\text{д}}$ - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ - наруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Для живлення використовується мережа живлення змінної напруги 220 В, для кола керування - постійної ± 9 В.

Таблиця 5.2 - Параметри блоків системи СЕП комбінату.

| № | Блоки системи | $l_{\text{в}}(\text{м})$ | $l_{\text{г}}(\text{м})$ | $U_{\Gamma}(\text{В})$ | $U_{\text{В}}(\text{В})$ |
|---|-----------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 | Блок живлення | 2 | 2,5 | 0,09 | 0,09 |
| 2 | Блок обробки сигналу | 1 | 1,5 | 2,31 | 35,57 |
| 3 | Мікропроцесорний блок | 0,8 | 1 | 3,99 | 63,84 |

Допустимі коливання напруги живлення для різних ділянок:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N [\text{В}] \quad (5.6)$$

Де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення, В;

N – допустимі коливання, %

Вся система живиться від змінної напруги 380(В) та напруги 220(В), а коло управління від 24(В) з допустимим коливанням $N=5\%$.

Допустимі коливання великого кола:

$$U_{\text{д}} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 (\text{В}) .$$

Допустимі коливання кола:

$$U_{\text{д}} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)} .$$

Допустима напруга для кола керування ($U_{\text{ж}}=24\text{В}$):

$$U_{\text{д}} = 24 + \frac{24}{100} \cdot 5 = 25,2 \text{ (В)} .$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=380\text{В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_{\text{В}} = \frac{399}{10^2} = 3,99 \text{ (В)} ;$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$E_{\Gamma} = \frac{3,99}{2} = 1,995 \text{ (В/м)} .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_{\text{В}} = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} \text{ [В/м]} ;$$

$$E_{\text{В}} = \frac{1,9}{10^{-3}} = 1995 \text{ (В/м)} .$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_{\text{В}} = \frac{231}{10^2} = 2,31 \text{ (В)} ;$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$U_{\text{В}} = E_{\Gamma} \cdot l_{\text{В}} ;$$

$$E_{\Gamma} = \frac{U_{\text{В}}}{l_{\text{В}}} \text{ [В/м]} ;$$

$$E_{\Gamma} = \frac{2,31}{1} = 2,31 \text{ (В/м)} .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_{\text{В}} = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} \text{ [В/м]} ;$$

$$E_{\text{В}} = \frac{2,31}{10^{-3}} = 2310 \text{ (В/м)} .$$

Визначення напруги ($U_{ж}=24$ В) наведеної у струмопровідній частині:
- вертикальної:

$$U_B = \frac{25,2}{10^2} = 0,252 \text{ (В)} ;$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$U_B = E_{\Gamma} \cdot l_B ;$$

$$E_{\Gamma} = \frac{U_B}{l_B} \text{ [В / м]} ;$$

$$E_{\Gamma} = \frac{0,252}{0,8} = 0,315 \text{ (В / м)} .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_B = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} \text{ [В / м]} ;$$

$$E_B = \frac{0,3}{10^{-3}} = 315 \text{ (В / м)} .$$

Отже, система електропостачання буде безпечно працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу за умови, що вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перебільшувати $E_{Вгр}=300$ В/м.

5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» в умовах дії загрозливих чинників НС

Основними заходами щодо підвищення радіаційної безпеки можуть бути: використання в апаратурі радіаційної стійких елементів і матеріалів; застосування для електронних блоків різних апаратних пасивних екранів або активного захисту від дії радіації. При імпульсній дії іонізаційних випромінювань крім перерахованих заходів використовують: схеми малочутливі до зміни електричних параметрів; зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, що вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

В умовах дії електромагнітного імпульсу, доцільно виконати захисне екранування даного обладнання, що дасть змогу зменшити його вплив. В якості матеріалу для екрану вибираємо сталь, для якої перехідне затухання визначається за формулою:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} \text{ [дБ]}; \quad (5.7)$$

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]}.$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Визначаємо з даної формули товщину стінки екрана для кожного елемента системи:

$$t_1 = \frac{72,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,12 \text{ (см)};$$

$$t_2 = \frac{53,2}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,08 \text{ (см)};$$

$$t_3 = \frac{66,7}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,1 \text{ (см)}.$$

Висновки: Отже застосування сталевого екрану суттєво підвищить стійкість роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК».

Також, в даному розділі проаналізовано основні шкідливі фактори іонізуючих випромінювань та ЕМІ, можливі наслідки їх дій на електричну мережу, розроблено методи по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання ПАТ «ВОЖК» та захисту населення.

При проведенні дослідження безпеки роботи системи електропостачання заводу в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу було визначено, що обладнання в умовах впливу на нього цих випромінювань буде працювати безпечно, оскільки під час експлуатації виконуватимуться наступні умови: рівень радіації $P_1 \leq 15,56$ Р/год, вертикальна складова напруженості електричного поля $E_B \leq 315$ В/м.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі автоматизовано проектування СЕП ПрАТ «ВОЖК». А саме створено база вхідних даних у електронному процесорі EXCEL. Вона включає техніко-економічні дані силових Тр та КЛ. За допомогою методу коефіцієнту використання та попиту звикористанням програми Excel розраховано середні та розрахункові навантаження цехів підприємства та підприємства в цілому. Обчислено питому густину навантаження підприємства і завдяки цьому знайдені рекомендовані потужності цехових ТП.

За результатами розрахунку встановлено ЦТП (ЦТП1 – ТМ 2x1000, ЦТП2 – ТМ 2x2500 та ЦТП3 – ТМ 2x630, ЦТП – ТМ 2x1000). Визначені оптимальні перерізи ліній живлення та внутрішньозаводської розподільчої мережі напругою 10 кВ, що виконані двоколовою кабельною лінією напругою 10 кВ марки ААБл перерізом 240 мм² та кабелями марки ААБл з перерізами для ТП1, ТП3 та ТП4 50 мм², а для ТП2 перерізу 95 мм² відповідно та прокладені в траншеях.

За допомогою функції «Пошук рішень» у програмі EXCEL знайдено рішення, що до розміщення ЦРП ($X_0=270$, $Y_0=382$) та розраховано сумарні річні приведені затрати, вони становлять 62,449 тис. грн.

Також, розраховано оптимальну потужність для компенсуючих пристроїв 0,38кВ та обрано КУ ЦТП для усіх чотирьох ТП, а саме ЦТП1: 2 КУ моделі 0,4-400/10-40; ЦТП2: 4 КУ моделі УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП3: 2 КУ моделі УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП4: КУ моделі УКРМ -0,4-400/10-40.

Проведено дослідження що до ефективності застосування в відходів соняшника якості сировини для створення біогазу з. Проведено розрахунки, що до отримання біогазу з відходів соняшника. За результатами розрахунку запропоновано встановлення біогазової установки «FOGO» MAN 400 V 50 Hz.

Розроблено економічний розділ, де були прораховані затрати на кабельні лінії, трансформаторні підстанції. Також проведені розрахунки по втратах у лініях. Річні витрати активної електроенергії по цехах.

Останнім етапом було розроблено розділ охорони праці та безпеки в непередбачуваних ситуаціях для підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - Х.: Міненерговугілля України, 2014.
2. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина
3. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
4. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с
5. Конспект лекції з дисципліни САПР СЕП.
6. Руководство Mathcad. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.exponenta.ru/soft/Mathcad>.
7. Тарифи на електроенергію для споживачів ПАТ "Вінницяобленерго" . [Електронний ресурс]. - URL: http://www.hoe.com.ua/index_21.html
8. Кобилянський О. В., Терещенко О. П. Методичні вказівки относительно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей / Уклад. В.: ВНТУ, 2003. 46 с.
9. ГОСТ 12.0.003 - 74. Система стандартів безпеки праці. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори.
10. Виробництво біогазу з побічної продукції соняшнику. [Електронний ресурс].-URL: <https://saf.org.ua/news/1230/>
11. Біогазові установки в Україні будують переважно на дешевій сировині. [Електронний ресурс]. - URL: <https://agroportal.ua/news/eksklyuzivny/ekspert-biogazovye-ustanovki-v-ukraine-stroyat-v-osnovnom-na-deshevom-syre>
12. Перспективи енергетичного використання побічної продукції від вирощування соняшнику. [Електронний ресурс]. - URL: <https://uabio.org/materials/8875/>

13. Каталог біогазових електростанцій. [Електронний ресурс]. - URL: <https://fogo.ua/biogazovi-elektrostantsii/>
14. Що таке дигестат?. [Електронний ресурс]. - URL: <https://saf.org.ua/news/984/>
15. Біогаз. [Електронний ресурс]. - URL: <https://biteco-energy.com/ua/info/biogas/>
16. Сфера біогазу в Україні: великі перспективи та реальність. [Електронний ресурс]. - URL: <https://energytransition.in.ua/sfera-biohazu-v-ukraini-velyki-perspektyvy-ta-real-nist/>
17. Каталог конденсаторних установок. [Електронний ресурс]. - URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04>
18. Каталог кабельних ліній. [Електронний ресурс]. - URL: <https://ukrprovod.com.ua/uk/>
19. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,
21. Текнішіан. Технологія виробництва і пристрій установки по виробництву біогазу. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://technerium.ru/uk/kak-poluchit-biogaz-iznavoza-tehnologiya-i-ustroistvo-ustanovki-po-proizvodstvu-besplatnyi-biogaz/>
22. РФ-ДЖК. Отримання газу з відходів. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://rf-gk.ru/uk/poluchenie-gaza-iz-othodov-biogaz-iz-navoza-naskolko-vygodno-i/>
23. Бабенко О.В., Кутіна М.В., Проценко Л.О. Керування енергозбереженням на підприємствах агропромислового комплексу [Електронний ресурс]. - URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mccs/mccs2022/paper/view/16504>

ДОДАТКИ

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

**«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ ЗА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ
УСТАНОВОК»**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ___ ” _____ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ ЗА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ
УСТАНОВОК»

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Кутіна М. В. _____
(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ - 21м

Проценко Л.О. _____
(підпис)

Вінниця 2022 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від _____р.

Дата початку роботи _____р.

Дата закінчення роботи _____р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) *мета* – підвищення ефективності системи електропоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» шляхом вибору оптимальних параметрів системи електропостачання та застосування біогазових установок.

б) *призначення розробки* – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) *вихідні дані для виконання МКР*: відомості про підприємство; відомості про відходи соняшника; основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.

3.3. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с

3.4 Виробництво біогазу з побічної продукції соняшнику. [Електронний ресурс].-URL: <https://saf.org.ua/news/1230/>

3.5 Текнішіан. Технологія виробництва і пристрій установки по виробництву біогазу. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://technerium.ru/uk/kak-poluchit-biogaz-iznavoza-tehnologiya-i->

ustroistvo-ustanovki-po-proizvodstvu-besplatnyi-biogaz/ (22.04.2020)

3.6 РФ-ДЖК. Отримання газу з відходів. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://rf-gk.ru/uk/poluchenie-gaza-iz-othodov-biogaz-iz-navoza-naskolko-vygodno-i/> (02.02.2019)

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
|-------|---|----------------------------------|----------|
| 1 | Характеристика підприємства та технологічного процесу ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 21.10.2022 | |
| 2 | Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 4.11.2022 | |
| 3 | Аналіз ефективності використання біогазових установок на ПрАТ «Вінницький олієжировий комбінат», місто Вінниця | 18.11.2022 | |
| 4 | Економічна частина | 25.11.2022 | |
| 5 | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 2.12.2022 | |
| 6 | Графічна частина | 9.12.2022 | |

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ
(КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ**

**«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ ЗА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ
УСТАНОВОК»**

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Оптимізація режимів електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця за умов застосування біогазових установок.

Тип роботи: магістерська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 95.41% Схожість 4.59%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Проценко Л.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Кутіна М. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

**ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ», МІСТО ВІННИЦЯ ЗА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ
УСТАНОВОК**

**Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Оптимізація режимів електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця за умов застосування біогазових установок**

Виконала: студентка 2 курсу, групи ESE-21м

Проценко Л. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кугіна М. В.
(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2022 року

Актуальність роботи. На даний момент маневрування та балансування енергетичної системи України – критична ланка у роботі виробничої інфраструктури, через яке виникає потреба до стабілізації балансу шляхом постійного прогресу у сфері маневрування електросистем. Більшість традиційних електростанцій є важко маневровими, оскільки вони розраховані на фундаментальну підтримку енергосистеми України.

Децентралізація шляхом локального виробництва електроенергії є одним із напрямків вирішення цієї проблеми. Але частка локальних виробництв електроенергії на даний момент є незначною і потребує оптимізації щоб задовольнити інфраструктурні потреби виробництв. Оптимізація режиму електропостачання може відбуватись за рахунок багатьох факторів, таких як: генерування додаткової електричної енергії, зменшення втрат енергії під час її транспортування, впровадження та використання більш енергоефективного обладнання, застосування відновлювальних джерел енергії та їх диверсифікація (сонячні, вітрові, геотермальні, біогазові та інші).

Локальне виробництво електроенергії часто залежить від геолокації, як наприклад – ГЕС, якій потрібні водні ресурси. Аграрний сектор, а більш конкретно – сільськогосподарська діяльність дуже недооцінена галузь яка менш залежна від геолокації але при цьому становить в середньому 10% ВВП і близько 40% експортних надходжень (дані за 2020 рік). Саме в цій галузі є актуальним застосування біогазових установок.

Біогазові установки націлені на вирішення проблем маневрування, а також забезпечують маловідходне виробництво та переробку органічних відходів. Вони звісно не здатні повноцінно замінити традиційні електричні станції, але є цінним спеціалізованим інструментом для локальних сільськогосподарських підприємств, та в свою чергу підтримують децентралізацію енергетичної інфраструктури.

Мета роботи: Підвищення ефективності системи електропоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» шляхом вибору оптимальних параметрів системи електропостачання та застосування біогазових установок.

Для реалізації поставленої мети сформульовано задачі:

- Дослідження процесів функціонування Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»
- Вибір оптимальних параметрів системи електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»
- Дослідження ефективності застосування та вибір біогазової установки для Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Предмет дослідження: Оптимізація режимів електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат», місто Вінниця за умов застосування біогазових установок

Наукова новизна. Підвищено ефективність системи електроспоживання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» шляхом автоматизованого вибору оптимальної системи електропостачання та застосуванням біогазових установок.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати магістерської кваліфікаційної роботи були представлені на міжнародній науковій конференції КУСС-2022 та науковому семінарі кафедри ЕСЕЕМ у 2022 році.

3

Загальні відомості про підприємство

| № на генплані | Найменування | Рв, кВт |
|---------------|---------------------------|---------|
| 1 | Електролізний цех | 650 |
| 2 | Напірна станція | 160 |
| 3 | Теплиця | 340 |
| 4 | КНС | 110 |
| 5 | Склад | 75 |
| 6 | Цех напірної флокації | 35 |
| 7 | Цех виробництва маргарину | 135 |
| 8 | Склад мила | 80 |
| 9 | Гараж | 30 |
| 10 | Миловарний завод | 650 |
| 11 | Гідрогенезаційний завод | 780 |
| 12 | Цех напірної флокації | 105 |
| 13 | Механічна майстерня | 75 |
| 14 | Механічна майстерня | 220 |
| 15 | Склад шроту | 70 |
| 16 | Їдальня | 45 |
| 17 | Масло-екстракційний цех | 165 |
| 18 | Адміністративний корпус | 40 |
| 19 | Пресовочний цех | 350 |
| 20 | Бензосховище | 50 |
| 21 | Насосна станція | 120 |
| 22 | Олієзлива | 165 |
| 23 | Елеватор шроту | 270 |
| 24 | Котельня | 620 |
| 25 | Склад шроту | 65 |
| 26 | Склад зерна | 95 |
| 27 | Склад мила | 65 |
| 28 | Склад жирів | 65 |

Будівництво підприємства розпочалося у 1951 році. Перша продукція – олія соняшникова була виготовлена в липні 1955 року, саломас і маргаринову продукцію почали виготовляти в 1961 році. В даний час Приватне акціонерне товариство «Вінницький олійножировий комбінат» є одним з найбільших і найпотужніших підприємств з переробки олійних культур і виробництва рослинних олій та жирів в Україні.

Виробничий комплекс Товариства розміщений на одній промисловій ділянці площею 20,8га. Підприємство складається з трьох заводів: миловарний, гідрогенезаційний та олієекстракційний.

4

Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП

| № ТП | № цеху | Назва цеху | Розрахунок ва активна потужність P _р , кВт | Розрахунок а реальна потужність Q _р , кВт | Повна розрахункова потужність Sp, кВА | Середня активна потужність P _с , кВт | Середня реальна потужність Q _с , кВт | Повна середня потужність Sc, кВА |
|------|--------|--------------------------|--|---|--|--|--|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | 1 | Електропривідний цех | 336,26 | 384,81 | 511,03 | 271,26 | 308,82 | 411,04 |
| 3 | 2 | Напірна станція | 100,41 | 73,90 | 128,67 | 68,41 | 49,80 | 84,67 |
| 4 | 3 | Теплиця | 74,22 | 53,67 | 91,59 | 57,22 | 40,92 | 70,35 |
| 5 | 4 | КНС | 60,33 | 66,60 | 89,86 | 43,83 | 47,31 | 64,49 |
| 6 | 5 | Склад | 31,69 | 29,12 | 43,04 | 16,69 | 13,82 | 21,67 |
| 7 | 6 | Цех напірної флоксації | 23,82 | 16,96 | 29,24 | 16,82 | 11,71 | 20,49 |
| 8 | 7 | Цех виробництва марганцю | 61,37 | 58,26 | 84,62 | 41,12 | 37,60 | 55,72 |
| 9 | 8 | Склад мила | 43,42 | 42,28 | 60,60 | 31,42 | 30,04 | 43,47 |
| 10 | | Всього по ТП1 | 713,29 | 756,26 | 1030,14 | 540,97 | 590,11 | 768,53 |
| 11 | 9 | Гараж | 25,40 | 16,23 | 30,15 | 20,90 | 11,64 | 25,93 |
| 12 | 10 | Металургійний завод | 371,25 | 383,81 | 691,01 | 306,25 | 470,22 | 561,16 |
| 13 | 11 | Газодогорювальний завод | 415,06 | 686,28 | 802,03 | 298,06 | 483,63 | 568,10 |
| 14 | 12 | Цех напірної флоксації | 67,58 | 49,22 | 83,60 | 51,83 | 37,41 | 63,91 |
| 15 | 13 | Механічна майстерня | 35,43 | 42,34 | 55,21 | 24,18 | 27,34 | 36,50 |
| 16 | 14 | Механічна майстерня | 33,43 | 62,72 | 82,40 | 42,43 | 48,06 | 64,11 |
| 17 | | Всього по ТП2 | 1608,46 | 1846,26 | 2744,84 | 1214,64 | 1694,26 | 1938,84 |
| 18 | 15 | Склад широта | 27,93 | 24,40 | 37,09 | 20,93 | 17,26 | 27,13 |
| 19 | 16 | Адміністративний корпус | 35,80 | 20,51 | 41,26 | 25,80 | 16,01 | 33,83 |
| 20 | 19 | Пресовочний цех | 145,14 | 145,04 | 205,19 | 75,14 | 73,62 | 105,20 |
| 21 | 20 | Велиководичий | 13,55 | 12,59 | 20,01 | 13,05 | 10,04 | 16,47 |
| 22 | 21 | Насосна станція | 73,99 | 54,85 | 92,10 | 55,99 | 41,35 | 69,60 |
| 23 | 22 | Пальня | 41,60 | 27,97 | 50,13 | 28,10 | 17,84 | 33,28 |
| 24 | 17 | Масло-екстракційний цех | 124,71 | 121,79 | 174,32 | 75,21 | 71,29 | 103,63 |
| 25 | | Всього по ТП3 | 89,28 | 64,79 | 110,31 | 72,78 | 52,42 | 89,69 |
| 26 | 22 | Оксидатор | 89,28 | 64,79 | 110,31 | 72,78 | 52,42 | 89,69 |
| 27 | 23 | Елеватор широта | 125,68 | 117,78 | 172,25 | 112,18 | 104,01 | 152,98 |
| 28 | 24 | Котельня | 380,59 | 499,69 | 628,13 | 256,59 | 334,36 | 421,47 |
| 29 | 25 | Склад широта | 23,10 | 21,44 | 31,52 | 13,35 | 11,50 | 17,62 |
| 30 | 26 | Склад зерна | 40,07 | 23,31 | 46,35 | 35,32 | 19,75 | 40,46 |
| 31 | 27 | Склад зерна | 29,88 | 24,35 | 38,54 | 20,13 | 14,41 | 24,75 |
| 32 | 28 | Склад мила | 26,43 | 22,87 | 34,95 | 16,68 | 12,92 | 21,10 |
| 33 | | Всього по ТП4 | 113,01 | 974,24 | 1033,61 | 517,03 | 549,58 | 761,39 |

Створимо математичну модель для обрання потужності трансформаторів цехових ТП підприємства. Змінною даної моделі буде S_T - потужність трансформатора, яка є керуваною, а показником ефективності 3 - річні приведені затрати в ТП підприємства.

$$3(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T) \rightarrow \min_{S_T \neq S_{T,0}}$$

де $B_{ТП}(S_T)$ - річні приведені витрати в ТП підприємства потужністю S_T , визначаються як:

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.18)$$

де E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень підприємства;
 E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію підприємства;
 $K_{ТП}(S_T, K_T)$ - капіталовкладення в ТП підприємства в залежності від потужності S_T та кількості трансформаторів K_T .
 $B_B(S_T)$ - вартість річних втрат електроенергії підприємства, визначається як:

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{хх}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K^2_T) \cdot k_T \cdot t \cdot \tau, \quad (2.19)$$

де $\Delta P_{хх}(S_T)$ - втрати холостого ходу трансформатора потужністю S_T ;
 $\Delta P_{кз}(S_T)$ - втрати короткого замикання трансформатора потужністю S_T ;
 k_T - кількість трансформаторів;
 K_T - коефіцієнт завантаження Тр;
 S_{CT} - множина стандартних потужностей трансформаторів, МВА;
 τ - число годин максимальних втрат.

Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП

| № | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
|----|---|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|---------|----------------------------|--------------|-------|---------|----------|----------|--|
| 1 | Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Дані нормального режиму | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Розрахункова потужність ТП, кВА | | | | | | | | | | | Sp= | 1030,34 | | | |
| 4 | Середня потужність ТП, кВА | | | | | | | | | | | Sc= | 768,552 | | | |
| 5 | Кількість трансформаторів | | | | | | | | | | | kt= | 2 | | | |
| 6 | Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі | | | | | | | | | | | kn= | 1 | | | |
| 7 | Дані післяаварійного режиму | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі | | | | | | | | | | | knpa= | 1,3 | | | |
| 9 | Доля навантаження в п.а. режимі | | | | | | | | | | | knpa= | 0,8 | | | |
| 10 | Економічні характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Питома вартість втрат, грн/кВт | | | | | | | | | | | Bo= | 7973,57 | | | |
| 12 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | | | | Ee= | 0,1 | | | |
| 13 | Коефіцієнт відрахувань на амортизацію | | | | | | | | | | | Ea= | 0,036 | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | * | S _T , кВА | dP _{кз} , кВт | dP _{хх} , кВт | K _{тп} , тис. грн. | E* _к , тис. грн. | dP _{зм} , кВт | dP _{пс} , кВт | dP, кВт | B _в , тис. грн. | З, тис. грн. | * | X | обмеж. 1 | обмеж. 2 | |
| 16 | | 63 | 1,28 | 0,24 | 269,381 | 36,6358 | 171,184 | 0,48 | 171,664 | 1368,78 | --- | | --- | --- | --- | |
| 17 | | 100 | 1,97 | 0,33 | 286,059 | 38,904 | 104,569 | 0,66 | 105,229 | 839,048 | --- | | --- | --- | --- | |
| 18 | | 160 | 3,1 | 0,51 | 307,828 | 41,8646 | 64,2772 | 1,02 | 65,2972 | 520,652 | --- | | --- | --- | --- | |
| 19 | | 250 | 4,2 | 0,74 | 335,981 | 45,6934 | 35,6701 | 1,48 | 37,1501 | 296,219 | --- | | --- | --- | --- | |
| 20 | | 400 | 5,9 | 0,95 | 397,006 | 53,9928 | 19,5734 | 1,9 | 21,4734 | 171,22 | --- | | --- | + | --- | |
| 21 | | 630 | 8,5 | 1,31 | 417,428 | 56,7702 | 11,3677 | 2,62 | 13,9877 | 111,532 | --- | | --- | + | --- | |
| 22 | V | 1000 | 10,5 | 2,1 | 561,896 | 76,4179 | 5,57345 | 4,2 | 9,77345 | 77,9293 | 154,347 | V | + | + | + | |
| 23 | | 1600 | 18 | 2,8 | 690,625 | 93,925 | 3,73222 | 5,6 | 9,33222 | 74,4111 | 168,336 | | + | + | + | |
| 24 | | 2500 | 23,5 | 3,85 | 832,99 | 113,287 | 1,99583 | 7,7 | 9,69583 | 77,3104 | 190,597 | | + | + | + | |
| 25 | | | | | | | | | | Змін= | 154,347 | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | Опт. Пот. Трансформатора | St*= | 1000 | | | | |

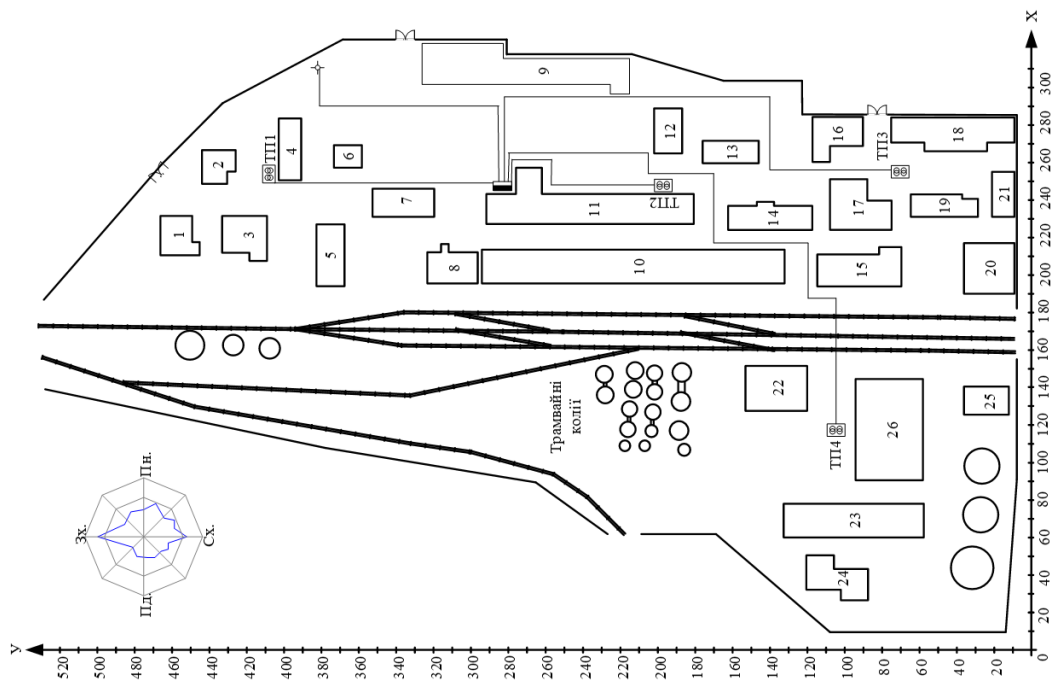
Обрання потужності для ЦТП1

Виконавши розрахунки бачимо, що оптимальна потужність T_p для ЦТП1 має = 1000кВА. Затрати для встановлення двотрансформаторної ЦТП1 = 154,4 тис. грн.

Таким самим чином робимо розрахунки для КЛ2-КЛ4. Відповідно створюючи таблиці для кожного ТП та називаємо листи на яких розташовано таблиці «КЛ-ТП2» - «КЛ-ТП4» відповідно.

| № | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|----|--|-----------|-----------|---------|---------------|--------|---------|-------------|--------------------------|-------------|------------|-----------|-------|-----------------|------------------------|--------------|-----------------|----------|-----|---|
| 1 | Початкові дані | | | | | | | | Коефіцієнт середовища | | 1 | | | | | | | | | |
| 2 | Нормальний режим | | | | | | | | Коефіцієнт прокладки | | 1 | | | | | | | | | |
| 3 | Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режі | | | | | | | | Ккоп= | | 1 | | | | | | | | | |
| 4 | Напруга, кВ | | | | | | | | U= | | 10 | | | | | | | | | |
| 5 | Довжина КЛ, км | | | | | | | | l= | | 0,02798 | | | | | | | | | |
| 6 | Активна розрахункова потужність, кВт | | | | | | | | P= | | 741,3 | | | | | | | | | |
| 7 | Реактивна потужність, квар | | | | | | | | Q= | | 785,4 | | | | | | | | | |
| 8 | Розрахунковий струм окремого кабелю, А | | | | | | | | Iр= | | 31,18 | | | | | | | | | |
| 9 | Кількість кабелів | | | | | | | | k= | | 2 | | | | | | | | | |
| 10 | Допустима втрата напруги в КЛ, % | | | | | | | | ΔUдоп = | | 5 | | | | | | | | | |
| 11 | Аварійний режим | | | | | | | | Iкз = | | 3,0684 | | | | | | | | | |
| 12 | Струм КЗ на початку лінії, кА | | | | | | | | tr = | | 1,5 | | | | | | | | | |
| 13 | Привлений час КЗ, с | | | | | | | | C = | | 90 | | | | | | | | | |
| 14 | Тепловий коефіцієнт C, (А ² ·с ² ·(1/2))·мм ² | | | | | | | | Fкз = | | 41,76 | | | | | | | | | |
| 15 | Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ² | | | | | | | | Kпа = | | 1,25 | | | | | | | | | |
| 16 | Післяаварійний режим | | | | | | | | Kпа = | | 0,8 | | | | | | | | | |
| 17 | Максимально допустимий коефіцієнт навантаження | | | | | | | | ΔUпадоп = | | 5 | | | | | | | | | |
| 18 | Доля навантаження в післяаварійному режимі | | | | | | | | Kпадоп = | | 0,8 | | | | | | | | | |
| 19 | Допустима втрата напруги в КЛ, % | | | | | | | | ΔUпадоп = | | 5 | | | | | | | | | |
| 20 | Економічні характеристики | | | | | | | | Во = | | 7973,57 | | | | | | | | | |
| 21 | Питома вартість втрат | | | | | | | | Еа = | | 10,00% | | | | | | | | | |
| 22 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | Еа = | | 5,00% | | | | | | | | | |
| 23 | Коефіцієнт вираховувань на амортизацію | | | | | | | | Еа = | | 5,00% | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | F, мм ² | Ro, Ом/км | Xo, Ом/км | Iдоп, А | Ко, т. грн/км | dUн, % | dUпа, % | dP, кВт | K, т. грн. | Е*К, т. грн | Вв, т. Грн | З, т. грн | Доп. | Ккоп*Iдоп >= Iр | Kпа*Kдоп оп*Iдоп >= Iр | ΔUн <= ΔUдоп | ΔUпа <= ΔUпадоп | F >= Fкз | V | |
| 26 | 10 | 3,1 | 0,122 | 75 | 21,4605 | 0,0335 | 0,05359 | 0,505960151 | 1,2011 | 0,1802 | 4,0343 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | --- | |
| 27 | 16 | 1,94 | 0,113 | 90 | 31,01175 | 0,0214 | 0,03418 | 0,316633127 | 1,7357 | 0,2604 | 2,5247 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | --- | |
| 28 | 25 | 1,24 | 0,099 | 115 | 44,66925 | 0,0139 | 0,02232 | 0,202384061 | 2,5001 | 0,375 | 1,6137 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | --- | |
| 29 | 35 | 0,89 | 0,095 | 140 | 58,39425 | 0,0103 | 0,01644 | 0,145259527 | 3,2683 | 0,4902 | 1,1582 | --- | НЕДОП | + | + | + | + | --- | --- | |
| 30 | 50 | 0,62 | 0,09 | 165 | 83,0835 | 0,0074 | 0,01187 | 0,10119203 | 4,6502 | 0,6975 | 0,8069 | 1,5044 | ДОП | + | + | + | + | + | V | |
| 31 | 70 | 0,403 | 0,086 | 210 | 143,6273 | 0,0051 | 0,0082 | 0,06577482 | 8,0388 | 1,2058 | 0,5245 | 1,7303 | ДОП | + | + | + | + | + | + | |
| 32 | 95 | 0,326 | 0,083 | 240 | 177,2648 | 0,0043 | 0,00687 | 0,053207422 | 9,9215 | 1,4882 | 0,4243 | 1,9125 | ДОП | + | + | + | + | + | + | |
| 33 | 120 | 0,258 | 0,081 | 275 | 216,3518 | 0,0036 | 0,00571 | 0,042108942 | 12,109 | 1,8164 | 0,3358 | 2,1521 | ДОП | + | + | + | + | + | + | |
| 34 | 150 | 0,206 | 0,079 | 310 | 259,7453 | 0,003 | 0,00481 | 0,033621868 | 14,538 | 2,1807 | 0,2681 | 2,4488 | ДОП | + | + | + | + | + | + | |
| 35 | 185 | 0,167 | 0,077 | 355 | 349,33 | 0,0026 | 0,00413 | 0,027256563 | 19,552 | 2,9328 | 0,2173 | 3,1501 | ДОП | + | + | + | + | + | + | |
| 36 | 240 | 0,129 | 0,075 | 385 | 459,012 | 0,0022 | 0,00346 | 0,021054471 | 25,691 | 3,8536 | 0,1679 | 4,0213 | ДОП | + | + | + | + | + | + | |
| 37 | | | | | | | | | Мінімальні затрати на КЛ | | 1,5044 | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | Оптимальний переріз КЛ | | 50 | | | | | | | | | |

Обчислення для автоматизованого вибору КЛ від ЦРП до ТП1



Генплан підприємства та розташування на ньому ЦРП та ЦТП

Однолінійна схема електропостачання підприємства

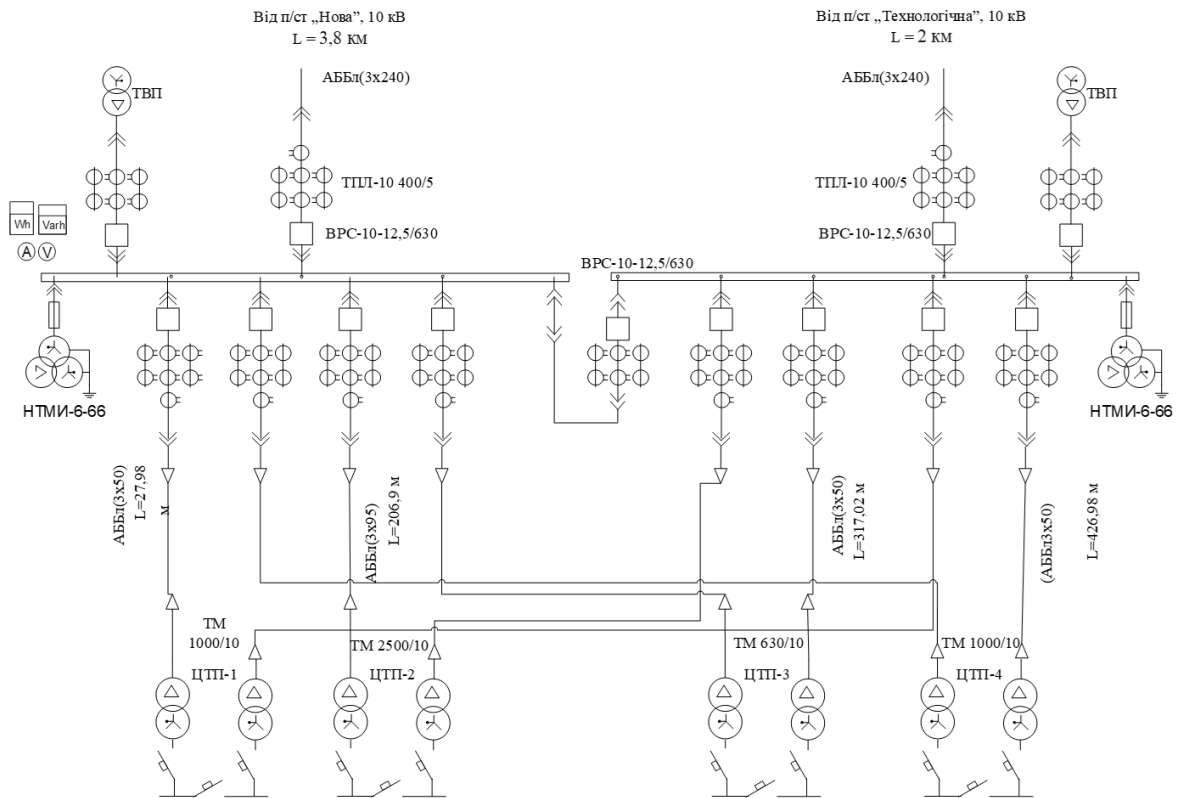


Схема процесу розкладання аеробних бактерій



Для розкладання метанової біомаси потребується три види бактерій, а саме гідролізні, кислотоутворюючі та метаноутворюючі. Тому, утворення біогазу можна розділити на чотири етапи, які зображені на рисунку 3.1. Суть виробництва біогазу в тому, що він є проміжною речовиною метаболізму певних бактерій. Оскільки, органічна речовина в анаеробному оточенні поділяється з участі бактерій. Тому, у ланцюжку живлення слідуючі бактерії живляться продуктами життєдіяльності їх попередників. Анаеробне бродіння – це основний спосіб для отримання біогазу. Саме цей спосіб бродіння використовується в країнах Європи.

Біогаз

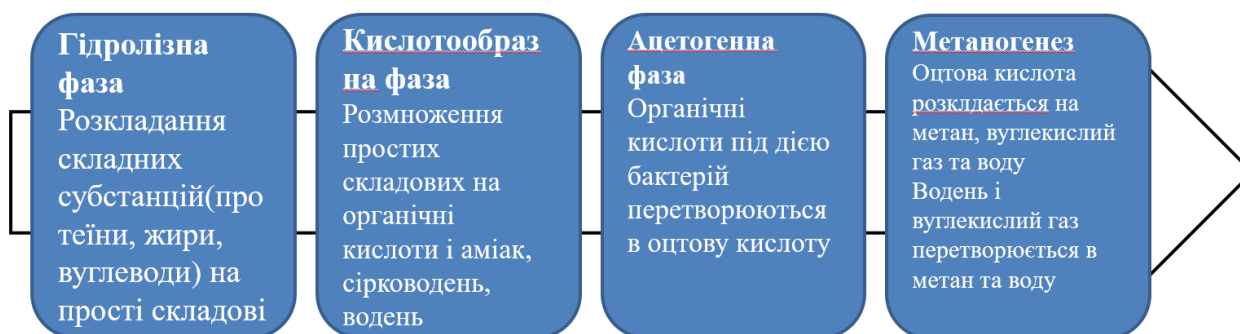
Біогаз - це такий газ, що створюється за технологією анаеробного метанового бродіння біомаси, тобто органічних відходів у спеціальних біогазових установках. Біогазові установки – агрегати, що об'єднані одним технологічним процесом, апаратами та комплексом технологічних споруд. Сам газ складається з сполук метану (CH_4) орієнтовно вміст може досягати з 50% до 87%, вуглекислого газу приблизно з 13% до 50% та трохи домішок водню і сірководню, які утворюється у наслідок бродіння біомаси. Для створення Біомаси можуть слугувати: стічні води, свинячий гній, кінський гній, відходи від рослин.

Після очищення біогазу від CO_2 виходить біометан. Біометан - повний аналог природного газу, відмінність тільки в походженні.



13

Принципова схема процесу утворення біогазу



Залежно від виду органічної сировини складу біогазу може змінюється, але, в загальному випадку, до його складу входять метан (CH_4 , частка - 63%), вуглекислий газ (CO_2 , частка - 33%), невелика кількість сірководню (H_2S , частка - 2%), аміаку (NH_3 , частка - 1%) і водню (H_2 , частка - 1%)

Так як біогаз на 2/3 складається з метану - горючого газу, що становить основу природного газу, його енергетична цінність (питома теплота згоряння) становить 60-70% енергетичної цінності природного газу, або близько 29,3 МДж/м³. 1м³ біогазу також еквівалентний 0,7 кг мазуту і 1,5 кг дров.

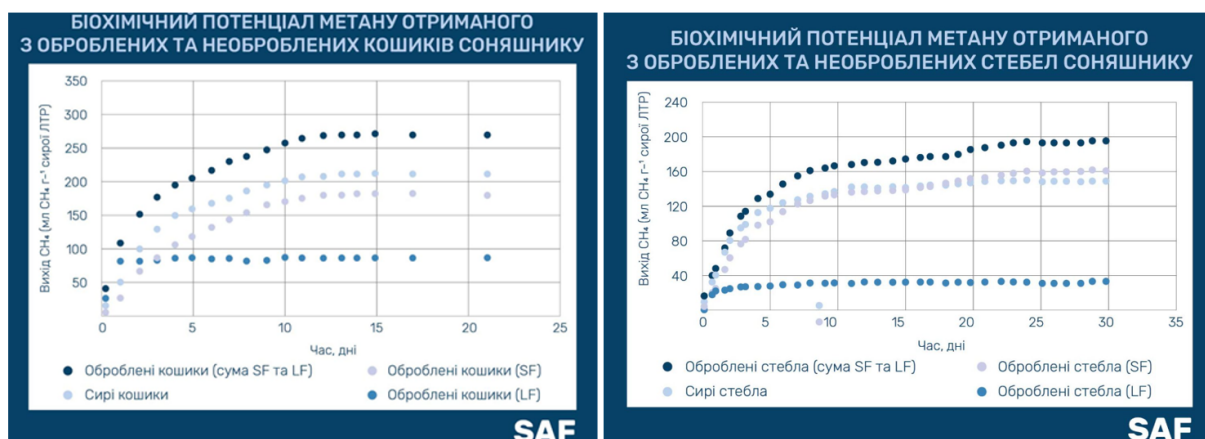
14

Таблиця 3.2 – Отримані результати головних характеристик біогазової установки

| | |
|---|-------|
| Обсяг одноразового завантаження метантенка, кг /добу | 4800 |
| Частка СВ у завантажувемому матеріалі, кг /добу | 720 |
| Доля СОВ, кг/добу | 576 |
| Вихід біогазу при повному розкладанні СОВ, м ³ /добу | 241,9 |
| Обсяг отриманого біогазу при обраній тривалості метанового бродіння, м ³ /добу | 145,2 |
| Об'ємом повного завантаження метантенка, м ³ | 80 |

15

Графіки потенціалу метану отриманого з оброблених та необроблених кошиків, стебел сояшнику



Можемо зазначити, що біохімічний потенціал метану необроблених кошиків приблизно дорівнює $210 \pm 1,97$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР, а необроблених стебел – $127,98 \pm 5,19$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР. З графіків бачимо, що кращою сировиною для утворення біогазу є кошики ніж стебла. Після того, як відбудеться попередня обробка лугом бачимо, що досягнуто вихід метану з залишків кошиків $268,35 \pm 0,11$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ летючих твердих речовин (ЛТР), а з оброблених стебел сояшнику вихід метану рівний приблизно $168,17 \pm 6,87$ мл $\text{CH}_4/\text{г}$ ЛТР. Відповідно до досліджених даних вміст ЛТР у кошиках був $79,9 \pm 0,5\%$ від сухої маси, а що до стебел сояшника – $87,7 \pm 0,1\%$ від сухої речовини(СР). Отже, з 1 тони СР кошиків можемо одержати до 214 м^3 метану, а з 1 тони СР стебел сояшнику приблизно до 154 м^3 метану.

16

| ВИХІД МЕТАНУ ІЗ ОКРЕМИХ РОСЛИН ТА ЧАСТИН РОСЛИН | |
|---|-----------------------------------|
| Рослина | Вихід метану, м ³ /ЛТР |
| Кукурудза (вся рослина) | 205-450 |
| Трава | 298-467 |
| Конюшина | 290-390 |
| Соняшник | 154-400 |
| Ріпак | 240-340 |
| Картопля | 275-400 |
| Цукровий буряк | 236-381 |
| Кормовий буряк | 420-500 |
| Солома | 242-324 |
| Листя | 417-453 |

Найбільший ефект виробітки виходу метану (259 ± 6 мл CH_4 /г ЛТР) було досягнуто після попередньої обробки стебел лугом 4% NaOH за температури 55°C протягом 24 годин.

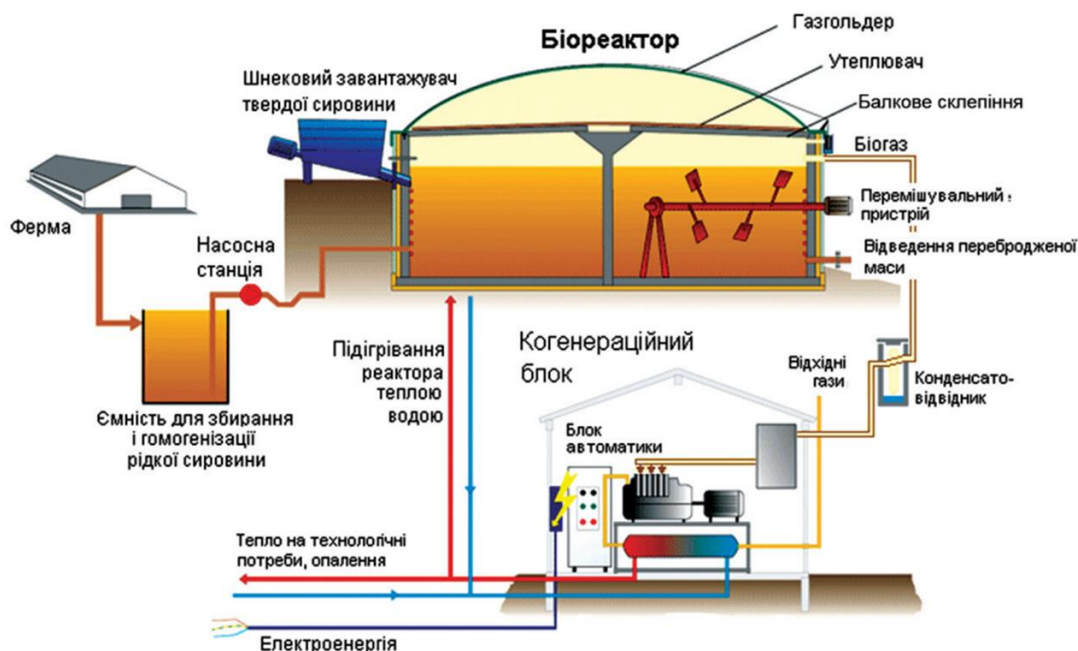
Таким чином, лужна попередня обробка побічної продукції соняшнику, як і інших лігноцелюлозних субстратів перед анаеробною ферментацією, дозволяє підвищити вихід метану, але для забезпечення високої ефективності технологічного процесу потрібно використовувати більш концентровані субстрати (понад 35 г СР/л) та системи для утилізації тепла.

17



18

Технічне устаткування біогазової установки



Основними структурними елементами схеми типової біогазової установки є: Ємність гомогенізації; Завантажувач твердої (рідкої) сировини; Реактор; Мішалки; Газгольдер; Система змішування води і опалення; Газова система; Насосна станція; Сепаратор; Прилади контролю; КВП з візуалізацією; Система безпеки

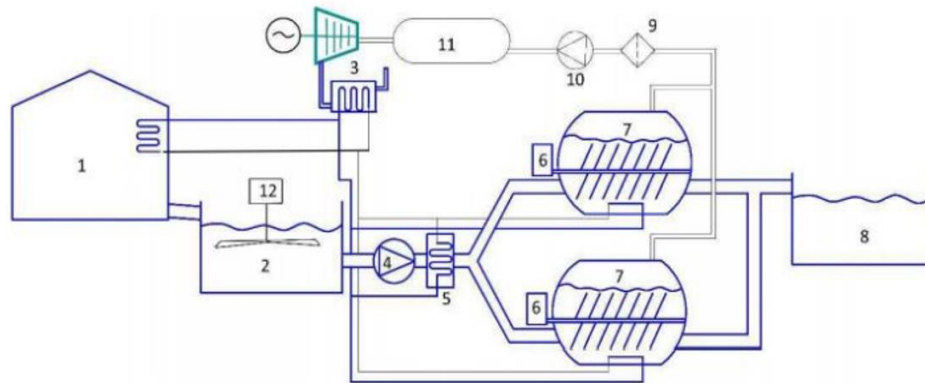
19

Методика розрахунку біогазових установок

Розрахунку біогазових установок передуює вибір схеми, конструктивного виконання і технологій генерування біогазу. Під цим розуміється вибір наступних параметрів

- вибір режиму анаеробного зброджування;
- режим подачі субстрату в метантенк;
- система теплопостачання метантенка і його ізоляція;
- система збору біогазу;
- технологія вивантаження біогазу, система очищення і інше допоміжне обладнання.;
- виконання метантенка. Для проектування продуктивності біогазової установки необхідно визначити обсяг одноразової завантаження метантенка.

Принципова схема біогазової установки



1 - ферма, 2 – резервуар для приймання відходів, 3 - когенерації, 4 – насос для перекачування субстрату, 5 - теплообмінник для попереднього нагрівання субстрату, 6 - перемішувачі, 7 - метантенк, 8 - лагуна, 9 - газовий фільтр, 10 - компресор, 11 – резервуар для збереження газу.

21

Вихідні дані :

- об'єм метантенка циліндричної форми 60 м^3 ($l = 10,3$ метри, $d = 2,8$ метри);
- питомий вихід рослинних відходів на добу - $m_{\text{відходів}} = 3,2$ кг/добу;
- вологість маси відходів - $W_{\text{відходів}} = 85\%$;
- частка СОВ в сухій речовині рослинних відходів – $P_{\text{СОВ}}, \% = 80\%$;
- вихід біогазу з 1 кг СОВ різного вихідного матеріалу - $n_{\text{ек}} = 0,42$ $\text{ м}^3 / \text{ кг}$;
- частка виходу біогазу від вихідного матеріалу при даній тривалості метанового процесу - $n_t = 60\%$;
- тривалість бродіння – $t = 20$;
- питома щільність бродильної маси - $\rho_H = 1200$ кг/м^3 ;
- середня теплоємність субстрату - $c_c = 0,0025$ $\text{ МДж / (кг} \cdot \text{ К)}$;
- температура при процесі бродіння - $t_{\text{пб}} = 50^\circ\text{C}$;
- температура завантажувального субстрату - $t_{\text{зс}} = 5$ $^\circ\text{C}$;
- термічний опір тепловіддачі від субстрату до внутрішньої поверхні стінки метантенка - $\alpha_1 = 830$ $\text{ Вт / м}^2 \cdot \text{ К}$;
- термічне опір тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляції метантенка до навколишнього середовища - $\alpha_2 = 15$ $\text{ Вт / м}^2 \cdot \text{ К}$;
- товщина стінки - $\delta_{\text{ст}} = 0,008$ м ;
- теплопровідність сталі - $\lambda_{\text{ст}} = 47$ $\text{ Вт / м}^2 \cdot \text{ К}$;
- теплотворна здатність біогазу - $C_6 = 21,6$ МДж / м^3 ;

22

Таблиця 3.2 – Отримані результати головних характеристик біогазової установки

| | |
|---|-------|
| Обсяг одноразового завантаження метантенка, кг /добу | 4800 |
| Частка СВ у завантажувемому матеріалі, кг /добу | 720 |
| Доля COB, кг/добу | 576 |
| Вихід біогазу при повному розкладанні COB, м ³ /добу | 241,9 |
| Обсяг отриманого біогазу при обраній тривалості метанового бродіння, м ³ /добу | 145,2 |
| Об'ємом повного завантаження метантенка, м ³ | 80 |

23

Теплові втрати при мінімальній температурі повітря зовні, розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{пот}} = k \cdot P(T_{\text{ГПР}} - T_{\text{зовн}}); \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{пот}} = 0,183 \cdot 273(50 - (-48)) = 17,6(\text{МДж} / \text{год}).$$

Кількість теплоти, щоб підігріти маси що завантажуються, щоб утворити температуру бродіння, розраховуємо так:

$$Q_{\text{под}} = \frac{m_{\text{доб.суб}} \cdot C_s(T_{\text{ГПР}} - T_{\text{заг}})}{\eta}; \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{под}} = \frac{4800 \cdot 0,0025(50 - 5)}{0,95} = 568,4(\text{МДж} / \text{добу});$$

Загальні витрати теплової енергії на підтримку процесу будуть олізраховуватися за наступною формулою:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}} \cdot 24 + Q_{\text{мех}} \cdot t_{\text{роб}}; \quad (3.15)$$

$$Q_{\text{заг}} = 568,4 + 17,6 \cdot 24 = 991,7(\text{МДж} / \text{добу}) = 11,5(\text{кВт}).$$

Розраховуємо потенційні запаси енергії біогазу, що вироблений за 1 добу:

$$Q_{\text{вир}} = V_b \cdot C_b; \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{вир}} = 141,1 \cdot 1,6 = 3135,3(\text{МДж} / \text{добу}).$$

Коефіцієнт товарності БУ розраховуємо по формулі:

$$K_m = \frac{Q_{\text{заг}} - Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{заг}}}; \quad (3.17)$$

$$K_m = \frac{3135,3 - 991,7}{1095} = 2,16.$$

Обраховуємо валовий потенціал енергії біогазу за формулою:

$$W_{\text{БГУ}} = \frac{Q_{\text{вир}} \cdot 277,78}{1000}; \quad (3.18)$$

$$W_{\text{БГУ}} = \frac{3135,3 \cdot 277,78}{1000} = 870,9(\text{кВт} / \text{доба}).$$

Цей показник відображає теоретичний електричний потенціал енергії біогазу без додавання ККДкогенератора.

Знаходимо валовий потенціал теплової енергії біогазу за формулою дорівнює:

$$Q_{\text{БГУ}} = \frac{W_{\text{БГУ}} \cdot 0,86}{1000}; \quad (3.19)$$

$$Q_{\text{БГУ}} = \frac{870,9 \cdot 0,86}{1000} = 0,74(\text{Гкал}) = 0,3(\text{кДж}).$$

Середня потужність, яку може підтримувати БУ на протязі тривалого часу виходячи з біогазового потенціалу розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{БГУ}}}{24}; \quad (3.20)$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{870,9}{24} = 36,3(\text{кВт}).$$

24

Розглянута установка буде мати такі характеристики:

Розташування: Україна, м.Вінниця.

Період будівництва: 2022/2023.

Субстрати: відходи від соняшника, гній великої рогатої худоби, стічні води.

Встановлена потужність: 330 кВт.

Застосування біогазу: переробка біогазу в електричну енергію та продаж її в електромережу чи на використання на потреби підприємства.

Особливості проекту: 1 метантенк первинний з резервуаром для збереження газу, 1 лагуна, використання відходів виробництва у якості біодобрив, мезофільні режими зброджування.

Виробництво біогазу за добу - 3630 м³.

Вихід (на рік): Електрична енергія - 2635 МВт · год. Теплова енергія - 3155 МВт · год.

Тому прийнято рішення застосувати біогазову установку FOGO від виробника MAN. Електричною потужністю 526 кВт. ККД 84,4% Номінальна теплова потужність 589кВт. Температура води на виході 85/65 градусів по Цельсію. Установка зображена на рисунку 3.8. Такі установки мають високу якість виробництва, зручний монтаж, що є максимально зрозумілим у використанні.

25

Висновки

- У магістерській кваліфікаційній роботі автоматизовано проектування СЕП ПрАТ «ВОЖК». А саме створено база вхідних даних у електронному процесорі EXCEL. Вона включає техніко-економічні дані силових Тр та КЛ. За допомогою методу коефіцієнту використання та попиту звикористанням програми Excel розраховано середні та розрахункові навантаження цехів підприємства та підприємства в цілому. Обчислено питому густину навантаження підприємства і завдяки цьому знайдені рекомендовані потужності цехових ТП.
- За результатами розрахунку встановлено ЦТП (ЦТП1 – ТМ 2x1000, ЦТП2 – ТМ 2x2500 та ЦТП3 – ТМ 2x630, ЦТП – ТМ 2x1000). Обрано оптимальний переріз лінії живлення та оптимальні перерізи розподільної внутрішньозаводської мережі напругою 10 кВ, які виконані двоколовою кабельною лінією напругою 10 кВ марки ААБл перерізом 240 мм² та кабелями марки ААБл з перерізами для ТП1, ТП3 та ТП4 50 мм², а для ТП2 перерізу 95 мм² відповідно та прокладені в траншеях.
- За допомогою функції «Пошук рішень» у програмі EXCEL знайдено рішення, що до розміщення ЦРП (X0=270, Y0=382) та розраховано сумарні річні приведені затрати, вони становлять 62,449 тис. грн.
- Також, розраховано оптимальну потужність для компенсуючих пристроїв 0,38кВ та обрано КУ ЦТП для усіх чотирьох ТП, а саме ЦТП1: 2 КУ типу 0,4-400/10-40; ЦТП2: 4 КУ типу УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП3: 2 КУ типу УКРМ-0,4-400/10-40; ЦТП4: КУ типу УКРМ -0,4-400/10-40.
- Проведено дослідження що до ефективності застосування в відходів соняшника якості сировини для створення біогазу з. Проведено розрахунки, що до отримання біогазу з відходів соняшника. За результатами розрахунку запропоновано встановлення біогазової установки «FOGO» MAN 400 V 50 Hz.
- Розроблено економічний розділ, де були прораховані затрати на кабельні лінії, трансформаторні підстанції. Також проведені розрахунки по втратах у лініях. Річні витрати активної електроенергії по цехах.
- Останнім етапом було розроблено розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях для підприємства.

26