

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

## **Магістерська дипломна кваліфікаційна робота**

**на тему:**

**«Підвищення надійності системи автономного електроживлення котельні Товариства з обмеженою відповідальністю «Барлінек-Інвест»»**

Виконав: студент 2 курсу ОППП магістр,  
групи ЕСЕ-17м **Ткаченко А.В.**

Керівник: к.т.н., доц, доц., каф. ЕСЕМ  
**Левицький С.М.**

Вінниця 2019 рік

## Актуальність теми дослідження

Необхідність автоматизації проектування СЕП аргументується зростанням складності проектних задач, що потребують вирішення у стислий термін.

Автоматизація проектування дозволяє забезпечити якісне проектування, зменшити матеріальні затрати, скоротити терміни проектування.

Автоматизація проектування систем електропостачання передбачає:

- можливість автоматичного виконання трудомістких операцій;
- можливість врахування значної кількості факторів, що впливають на розв'язок задачі, в проектних розрахунках;
- можливість виконання багатоваріантних розрахунків проектних задач;
- можливість коректного розв'язання оптимізаційних проектних задач;
- можливість реалізації системного методу.

Системний підхід вимагає розглядати СЕП, як об'єкт системотехніки, тобто, як технічну систему в якій технічні та економічні показники кожного елементу системи впливають на аналогічні показники інших елементів. Це означає, що на наступних етапах проектування необхідно враховувати технічні та економічні наслідки попередніх етапів проектування. Таке врахування можливо за рахунок корекції попередніх проектних рішень в зв'язку з негативними результатами наступних етапів проектування. Корекція попередніх проектних рішень повинна виконуватись на основі системного підходу, що можливо реалізувати тільки в рамках САПР.

## Мета та задачі дослідження

Основними споживачами електричної енергії в нашій державі являються промислові підприємства, які витрачають близько 70% електричної енергії, що виробляється.

Система електропостачання даних підприємств повинна задовольняти вимоги надійності, економічності, зручності, і безпеки експлуатації, забезпечувати відповідну якість електричної енергії (рівень напруги, стабільність частоти і т. д.).

Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту.

Спорудження електричних мереж та підстанцій систем електропостачання зв'язані з великими матеріальними затратами. Тому при проектуванні повинен проводитись детальний аналіз економічності проектних рішень та режимів роботи всіх елементів системи електропостачання.

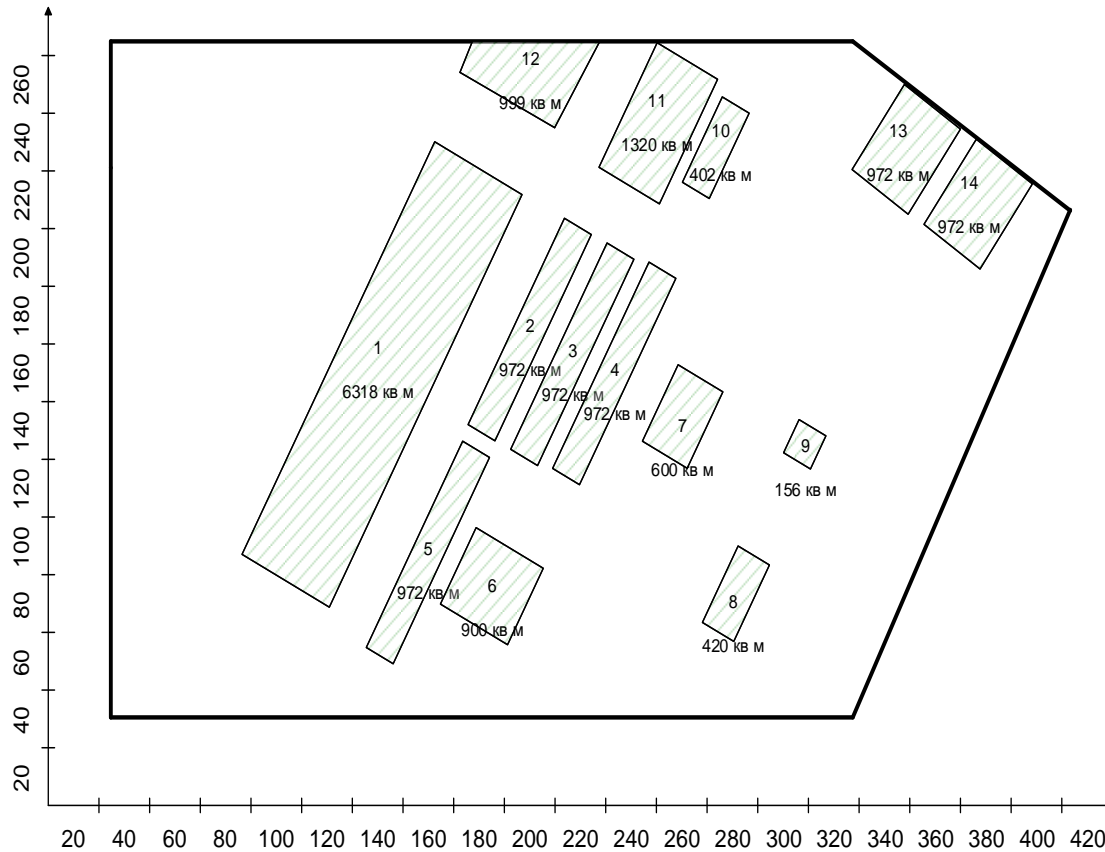
**Об'єкт дослідження** – котельня ТОВ «Барлінек-Інвест».

**Предмет дослідження** – система електропостачання котельні.

**Мета магістерської роботи** – провести розрахунок системи електропостачання підприємства, здійснити вибір і перевірку комутаційно-захисної апаратури для підвищення надійності електропостачання котельні ТОВ «Барлінек-Інвест», провідників цехової і заводської мереж, вибір та місце розташування трансформаторних підстанцій.

**Методи дослідження.** При проектуванні використовуються сучасні технології, прийняті в проектній практиці, методи розрахунку електричних навантажень, вибору провідників та кабелів, вибору електрообладнання, загальні закони електротехніки, а також загально прийнятий математичний апарат.

# Генеральний план ТОВ «Барлінек –Інвест»



№ п/п	Назва цеху	Р <sub>н</sub> , кВт
1	2	3
1	Головний виробничий корпус	650
2	Блок 8-ми сушильних камер №1	150
3	Блок 8-ми сушильних камер №2	150
4	Блок 8-ми сушильних камер №3	150
5	Блок 8-ми сушильних камер №4	150
6	Склад проміжного зберігання №1	160
7	Склад проміжного зберігання №2	140
8	Адміністративний корпус	50
9	Млин	50
10	Склад палива для котельні	80
11	Котельня	350

Рисунок 3.1 - Генплан ТОВ «Барлінек-Інвест»

Відстань від підприємства до живлячої підстанції енергосистеми 1 км.

Потужність короткого замикання зі сторони 10 кВ живлячої підстанції складає  $S_{кз}=50$  МВА.

Вхідна реактивна потужність складає  $Q_{вх}=250$  квар.

Час використання максимального навантаження  $T_M=4000$  год/рік.

Час максимальних втрат складає  $\tau_M=2405,286$  год/рік.

Тариф за активну електроенергію  $t=2$  грн/кВт\*год.

Особливості середовища та прокладки електромереж: піщано-глинистий ґрунт вологістю 6%.

# Дослідження можливості встановлення дизельних генераторів на котельню ТОВ

## «Барлінек-інвест»

Резервний дизельний генератор найчастіше під'єднують за стандартною схемою. Відмінності у варіантах підключення можуть бути в залежності від вихідної напруги, на яку розрахований електрогенератор (однофазна чи трифазна), від наявності або відсутності панелі автоматичного включення резерву (АВР), від типу місця розташування блоку контролю стану зовнішньої мережі (в панелі АВР або в панелі управління автономної електростанції). Згідно з довідковими даними по дизельелектростанціям обираю ДЕС типу ДГМА-75 з синхронним генератором типу ЕСС-92-4. Якій мають такі технічні характеристики :

$S=94$  кВА;  $P=48$  кВт ; $U=0,4$  кВ;  $X_d=2,81$ ;  $X''_d=0,22$ .

Оскільки електроспоживання котельні складає 350 кВт. Генераторів вказаного типу необхідно 5 шт.

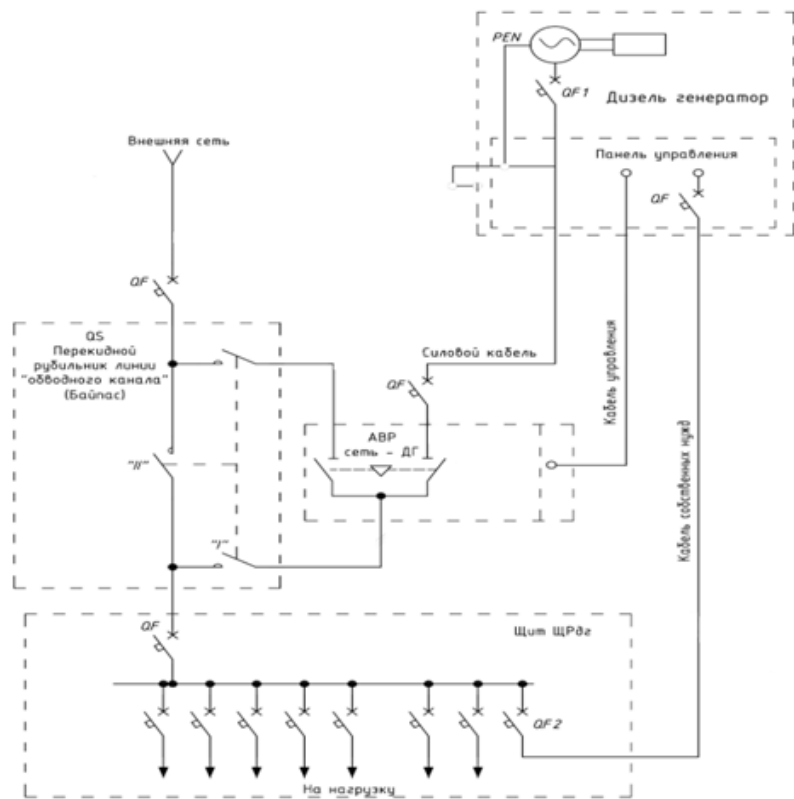


Рисунок 2.1 – Схема підключення дизельгенераторної станції, для АВР котельні

На даній схемі вказані наступні елементи:

- Дизель генератор. Резервна дизельна електростанція.
- АВР мережа - ДГ. Панель автоматичного включення резерву, яка здійснює перемикання живлення навантаження між зовнішньою мережею і дизельною електростанцією.
- QS. Перекидний рубильник лінії «обвідного каналу» (байпас). Даний рубильник здійснює перемикання живлення навантаження безпосередньо від мережі, виключаючи з ланцюга енергопостачання панель АВР. Панель керування. Панель управління дизель генератором.
- Щит ЩРдг. Електрощитова, в якій розташовані автоматичний вимикачі навантажень, які резервуються від автономного генератора.
- QF1. Вихідний автоматичний вимикач генераторного агрегату.
- QF2. Автоматичний вимикач для захисту кабелю власних потреб. Зазвичай встановлюється в електрощитовій.
- Силовий кабель. Даний кабель прокладається між резервним генератором і панеллю АВР.

## Параметри ефективності функціонування дизель генератора

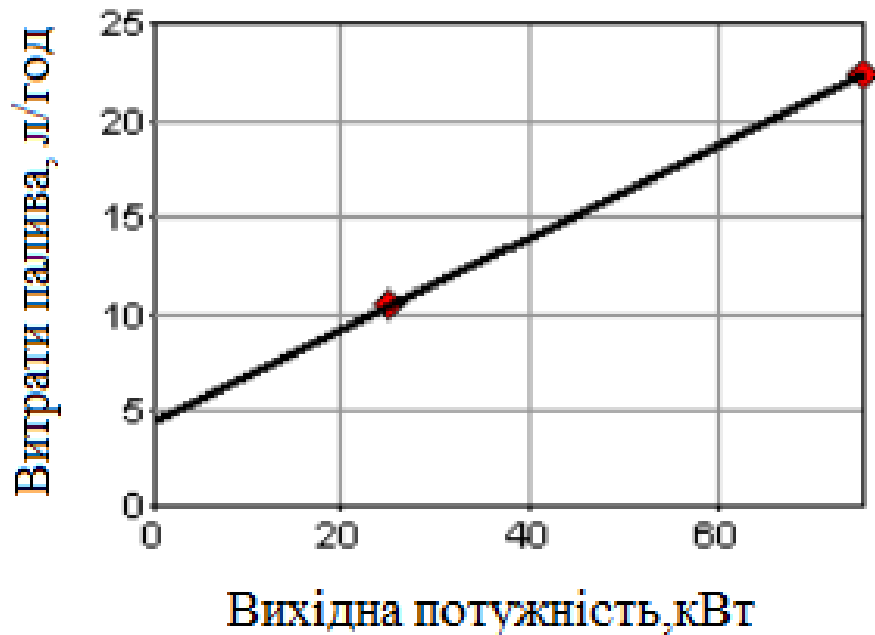


Рисунок 1 – Залежність витрати палива дизель генератора від вихідної потужності

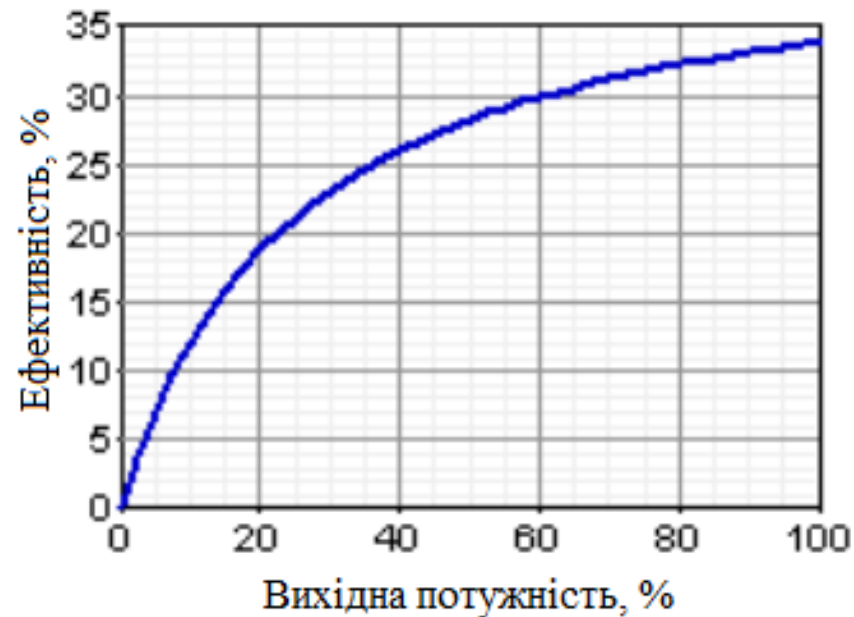


Рисунок 2 – Залежність ефективності роботи дизель генератора від його завантаженості

Аналіз залежності на рисунку 2, дає можливість зробити висновок – ефективність ДГ становить 33,9% при повному навантаженні ( $P_{ген} = 1$ ), 28,2% при 50% навантаженні, 18,8% при навантаженні 20% і 7,0% при навантаженні 5%.

# Надійність елемента СЕП

**Надійність системи** залежить від надійності її елементів; елемент - це частина системи, надійність якої вивчається незалежно від надійності складових його частин

**Інтенсивність відмов** - це ймовірність того, що елемент, який раніше проробив безвідмовно до моменту  $t$ , відмовить у відрізок  $(t+dt)$  за умови, що  $dt$  досить малий

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t < \varphi_1 < t + \Delta t / \varphi_1 > t)}{\Delta t} = \frac{p(t < \varphi_1 < t + dt / \varphi_1 > t)}{dt},$$

**Імовірність безвідмовної роботи**, тобто ймовірність того, що час безвідмовної роботи буде більше часу

$$R(t) = p(\varphi_1 > t)$$

де  $\varphi_1$  - випадковий інтервал часу до першої відмови.

Статистично  $R(t)$  визначається як відношення числа елементів  $N(t)$ , що безвідмовно проробили до моменту  $t$ , до первісного числа спостережуваних елементів  $N(0)$

$$\hat{R}(t) = \frac{N(t)}{N(0)}$$

**Імовірність відмови**, тобто ймовірність того, що відмова наступила до моменту  $t$

$$F(t) = p(\varphi_1 < t)$$

Статистично  $F(t)$  є відношенням елементів  $n(t)$ , що відмовили до моменту  $t$ , до первісного числа спостережуваних елементів  $N(0)$

$$\hat{F}(t) = \frac{n(t)}{N(0)}$$

# Оцінювання надійності систем електропостачання

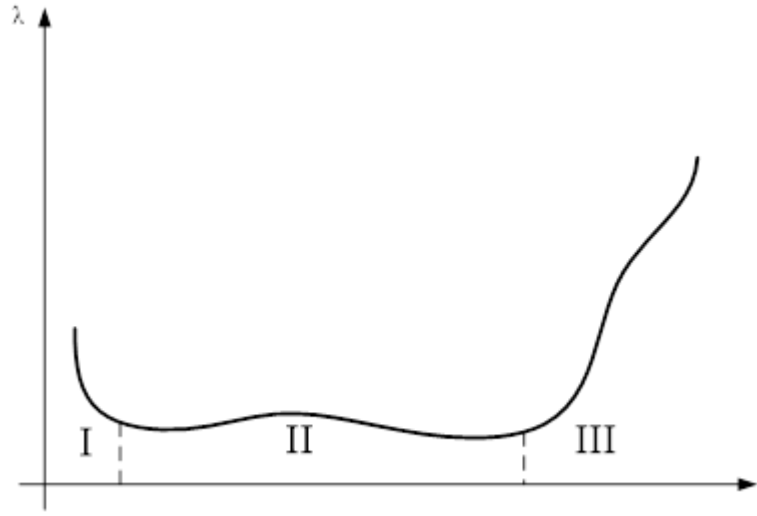


Рисунок 1 – Залежність інтенсивності відмов від часу

**Перша фаза** - прироботочні відмови. Відмови в цей період відбуваються при невідповідності параметрів елементів умовам функціонування - навантаженню, напрузі. На цій стадії в основному виявляються дефекти проектування, спорудження, монтажу. В міру їхнього усунення інтенсивність відмов падає. На цій фазі описується розподілом Вейбулла або гамма-розподілом.

**Друга фаза** - нормальний період роботи елемента. На елемент впливають випадкові фактори й відмови відбуваються в основному за рахунок перевищення розрахункових значень факторів, що впливають. У цей період функція не залежить від часу початку спостереження й описується експоненціальним розподілом.

**Третя фаза** - старіння елемента. Внаслідок зношеності, втоми, тобто зміни внутрішньої структури елемента в результаті необоротних фізико-хімічних процесів, число відмов збільшується навіть при нормальній експлуатації. Умови, в яких працює елемент (агресивне середовище, підвищена вологість, механічні й електричні впливи), можуть прискорити процес старіння. Довговічність роботи елементів можна збільшити (тобто віддалити третю фазу) за рахунок заходів з захисту від впливів навколишнього середовища, охолодження, організації системи обслуговування.



## Оцінювання обсягів недовідпущеної продукції внаслідок перерв в електропостачанні

Потік відключень електроспоживачів котельні  $P=350$ , кВт внаслідок відключень через аварії вакуумного вимикача на підстанції математично можна описати найпростішим стаціонарним процесом. Потік відключень електроспоживачів котельні  $P=350$ , кВт внаслідок відключень через аварії вакуумного вимикача на підстанції математично можна описати найпростішим стаціонарним процесом [14]. Кількість відключень вимикача протягом року в середньому складає  $f$ . Час кожного простою електроспоживачів дорівнює  $T_p$ . Коефіцієнт завантаження підстанції прийняти  $K_3$

$$P_n := 350 \quad (\text{kWt})$$

$$N_{dv} := 6 \quad (\text{ones})$$

$$T_p := 5 \quad (\text{hours})$$

$$f := 2 \quad (\text{faults})$$

$$N := 30 \quad (\text{days})$$

$$K_z := 0.95 \quad (\text{load\_coeff})$$

---


$$T_c := N \cdot 24 \quad T_c = 720 \quad (\text{hours})$$

$$p := \frac{T_p}{T_c} \quad p = 0.007$$

$$\lambda := \frac{f}{p \cdot T_c} \quad \lambda = 0.4$$

$$q := 1 - p \quad q = 0.993$$

$$\mu := \frac{f}{q \cdot T_c} \quad \mu = 0.003$$

$$P_{av} := \begin{cases} \lambda \leftarrow N_{dv} \cdot p \\ \text{for } m \in 0, 1.. N_{dv} \\ P_m \leftarrow \frac{\lambda^m}{m!} \cdot e^{-\lambda} \\ P \end{cases}$$

$$P_{nev} := \begin{cases} \mu \leftarrow N_{dv} \cdot q \\ \text{for } m \in 0, 1.. N_{dv} \\ P_m \leftarrow \frac{\mu^m}{m!} \cdot e^{-\mu} \\ P \end{cases}$$

# Оцінювання обсягів недовідпущеної продукції внаслідок перерв в електропостачанні

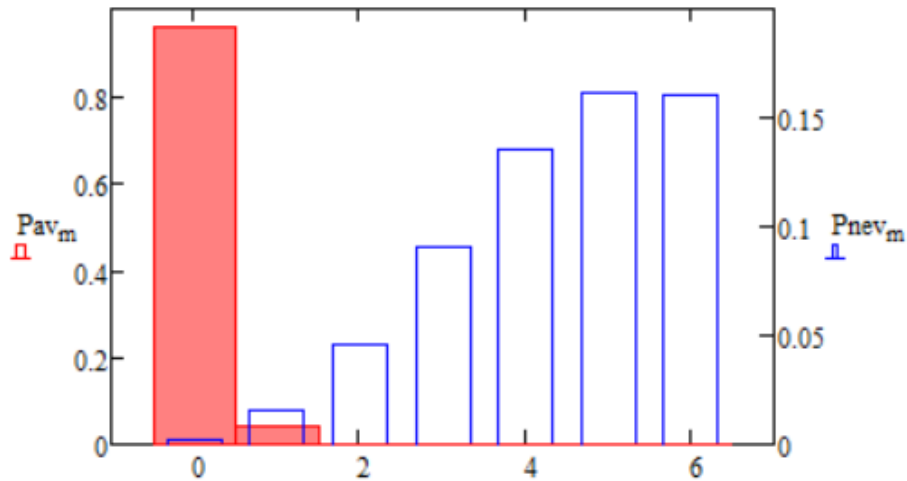


Рисунок 1 – Визначення Імовірності аварійного відключення одного працюючого вимикача і невиходу із ремонту за інтервал

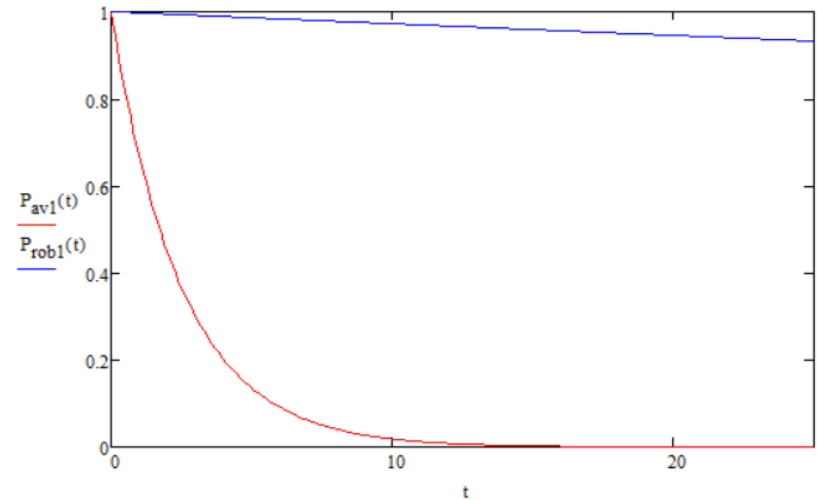


Рисунок 2 – Зміна імовірностей  $P_{av}$ ,  $P_{rob}$

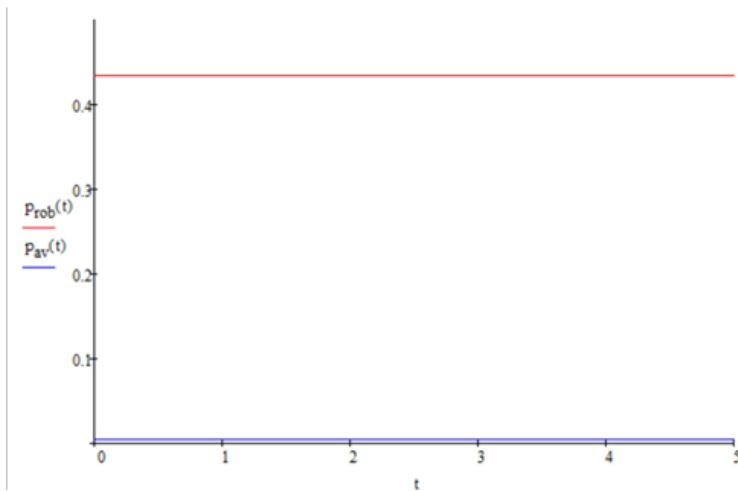


Рисунок 3 – Зміна імовірностей  $p_{av}$ ,  $p_{rob}$  за час t

$$P_{rob}(T_p) = 0.434 \qquad P_{av}(T_p) = 0.004$$

$$W_{rob} := P_{rob}(T_p) \cdot P_n \cdot K_z \cdot T_c \qquad W_{rob} = 1.04 \times 10^5$$

$$W_{av} := P_{av}(T_p) \cdot P_n \cdot K_z \cdot T_c \qquad W_{av} = 947.187$$

$$\Delta W := W_{rob} - W_{av} \qquad \Delta W = 1.03 \times 10^5$$

Рисунок 4 – Фрагмент розрахунку прогнозу обсягів недовідпущених куб. метрів паркетної дошки

## Економічна частина

Номер заходу	Назва заходу	Приведені затрати, <u>тис.грн</u>
1	Вибір оптимальної потужності трансформаторів ЦТП1 – 1600 <u>кВА</u> .	179,239
2	Вибір оптимальної потужності трансформаторів ЦТП2 – 630 <u>кВА</u> .	110,09
3	Вибір оптимальної потужності трансформаторів ЦТП3 – 630 <u>кВА</u> .	138,4
4	Вибір живлячої повітряної лінії марки АС перерізом 120 мм <sup>2</sup> заданої довжини	243,548
5	Вибір кабелю: для ЦТП1 доцільно вибрати кабелі марки ААБ, перерізом 70 мм <sup>2</sup>	133,074
6	Вибір кабелю: для ЦТП2 доцільно вибрати кабелі марки ААБ, перерізом 35 мм <sup>2</sup>	11,531
7	Вибір кабелю: для ЦТП3 доцільно вибрати кабелі марки ААБ, перерізом 35 мм <sup>2</sup>	4,58
Всього		820.462

# ВИСНОВКИ

Прийняті оптимальні проектні рішення, щодо місця розміщення ЦРП, зовнішньої лінії живлення, оптимальних перерізів розподільних мереж та оптимальних потужностей ЦТП, які наведені у відповідних розділах пояснювальної записки.

В першому розділі проекту були наведені вихідні дані даного підприємства, які використовуються в наступних розділах.

В другому розділі досліджено можливість встановлення дизель-генераторної станції на котельні підприємства. На основі оцінювання надійності СЕП ТОВ «Барлінек-інвест» спрогнозовано обсяги недовідпущеної продукції, а саме паркетної дошки, вразі перерви в електропостачанні.

В третьому розділі методами коефіцієнтів використання та попиту за допомогою електронного процесора Excel визначили середні та розрахункові навантаження цехів та підприємства в цілому. Визначили кількість, потужність та місце розташування цехових ТП, а саме, було обрано ЦТП марки ТМ – 1600/10, ТМ – 630/10, ТМ – 630/10. Також в цьому розділі визначили оптимальні перерізи лінії живлення та розподільної внутрішньозаводської мережі, що виконані ПЛ напругою 10 кВ марки АСБ перерізом 120 мм<sup>2</sup> та КЛ марки ААБ перерізом 70 мм<sup>2</sup> та 35 мм<sup>2</sup> відповідно.

В четвертому розділі розраховано техніко-економічне обґрутування прийнятих при проектуванні рішень

В п'ятому розділі було досліджено питання охорони праці та безпеки під час надзвичайних ситуацій. Визначено перелік заходів при іонізуючому випромінюванні. Крім того у розділі було розроблено заходи по підвищенню стійкості роботи системи автономного електроспоживання котельні до дії загрозливих чинників в НС.

**Дякую за увагу!**  
**Доповідь закінчено!**