

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання  
та енергетичного менеджменту

## **Магістерська кваліфікаційна робота**

# **Підвищення якості електропостачання нерудних кар'єрів**

Виконав:  
Науковий керівник:

ст. гр. ЕСЕ-15м Поліщук Олександр Володимирович  
д.т.н., проф. Бурбело Михайло Йосипович

Вінниця – 2017 р.

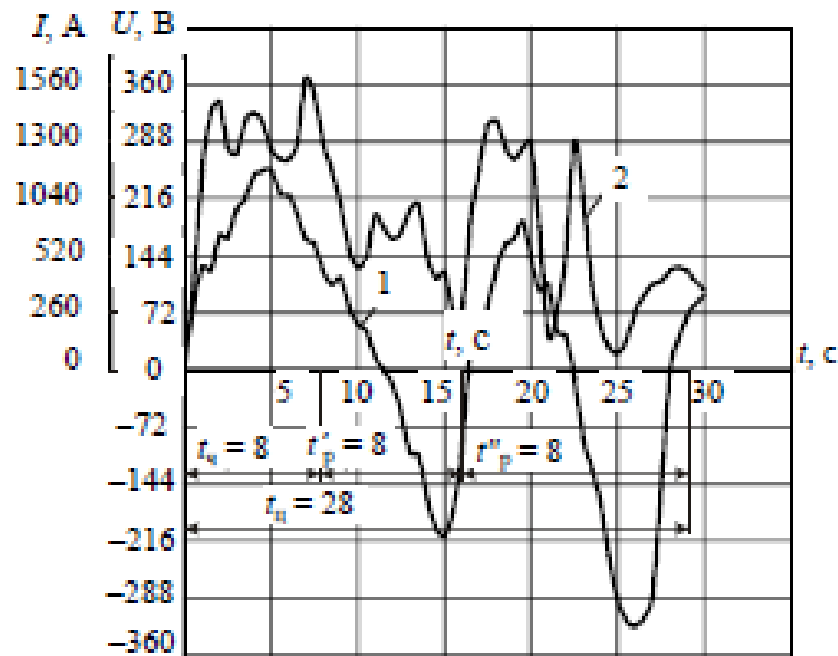
**Актуальність роботи.** Видобуток копалин і їх переробка – галузь гірничої справи, що досягла нині високого технологічного рівня і здійснює істотний вплив на розвиток важкої індустрії й економіки країни в цілому. В Україні видобуток здійснюється переважно відкритим способом. Подальший розвиток відкритих гірничих робіт пов'язаний з ростом енергооснащеності праці, і, як наслідок, з розвитком і ускладненням систем електропостачання, зростанням робочих напруг. У свою чергу ріст робочих напруг і збільшення кількісних показників розподільних мереж і устаткування приводять до росту інтенсивності і імовірності ушкоджень, до погіршення умов електробезпечності. За даними статистичних досліджень, найбільш розповсюдженими в розподільних мережах напругою 6 – 35 кВ є однофазні замикання на землю (до 60-70 % від усіх видів ушкоджень). У системах електропостачання зі стаціонарними електроустановками, до яких відносяться і підприємства подрібнювального комплексу, негайного відключення однофазного замикання на землю не потрібно, що з одного боку дозволяє визначений час зберігати в роботі технологічне устаткування, а з іншого – за певних умов сприяє розвитку аварії і, як наслідок, також приводить до простоїв, пошкодження устаткування і зниження рівня електробезпечності.

**Метою роботи** є підвищення експлуатаційної надійності і поліпшення умов електробезпеки в системах електропостачання підприємств гірничо-збагачувального комплексу на основі вдосконалення пристроїв РЗА та підвищення якості електропостачання. Моделювання роботи синхронного двигуна у нормальному та у режимах що відрізняються від нормальних.

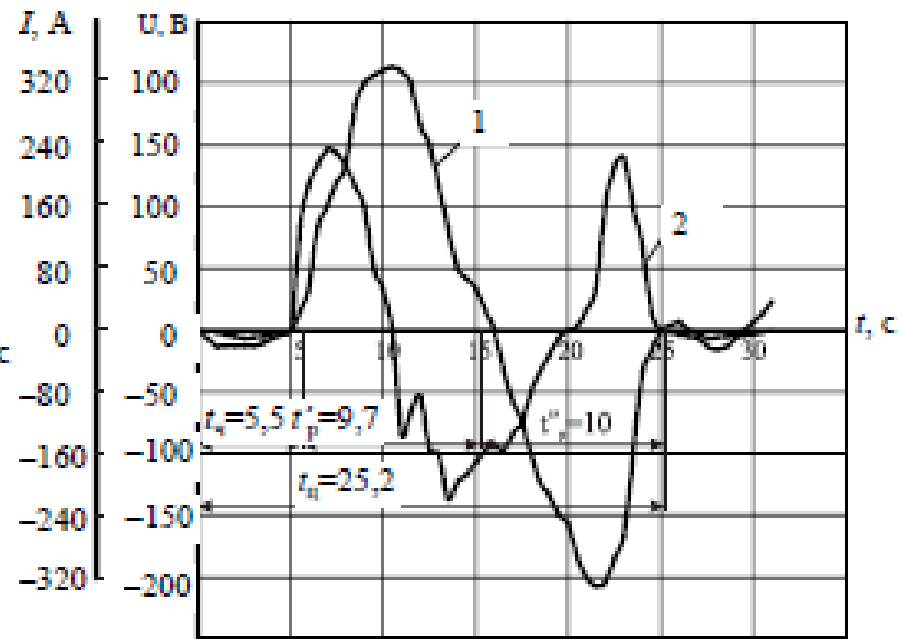
**Предмет дослідження** – система електропостачання відкритого нерудного кар'єру.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Удосконалено метод захисту від неповнофазних режимів в розподільних електричних мережах з іхольованою нейтраллю, що заснований на порівнянні умовних потужностей нульової послідовності в колах лінії електропередавання і трансформатора, що забезпечує підвищення селективності виявлення неповнофазних режимів.

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові положення та результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані здобувачем одноособово. Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих в співавторстві такий: [26] – обгрунтовано захист від неповнофазного режиму за провідністю окремих фаз в мережах з заземленою нейтраллю; [28] – досліджено захисту кабельних ліній від однофазних замикань на землю в гірничих комплексах методом заснованому на контролі пульсуючої потужності.



а



б

Рис. 2.1. Діаграми напруги (1) і струму (2) двигунів підйому (а) і повороту (б) при навантаженні гірничої маси екскаватором ЕКГ-5А в автосамоскиди.

# Математична модель синхронного двигуна

$$\begin{bmatrix} L_d & 0 & M_{sf} & M_{sD} & 0 \\ 0 & L_q & 0 & 0 & M_{sQ} \\ 1,5M_{sf} & 0 & L_q & M_{fQ} & 0 \\ 1,5M_{sD} & 0 & M_{fQ} & L_q & 0 \\ 0 & 1,5M_{sQ} & 0 & 0 & L_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{dI_d}{dt} \\ \frac{dI_q}{dt} \\ \frac{dI_f}{dt} \\ \frac{dI_D}{dt} \\ \frac{dI_Q}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -U_d \\ -U_q \\ U_f \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R_s & \omega L_q & 0 & 0 & \omega M_{sQ} \\ -\omega L_d & R_s & -\omega M_{sf} & -\omega M_{sD} & 0 \\ 0 & 0 & R_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_D & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_Q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \\ I_f \\ I_D \\ I_Q \end{bmatrix}$$

# Графіки нормального режиму

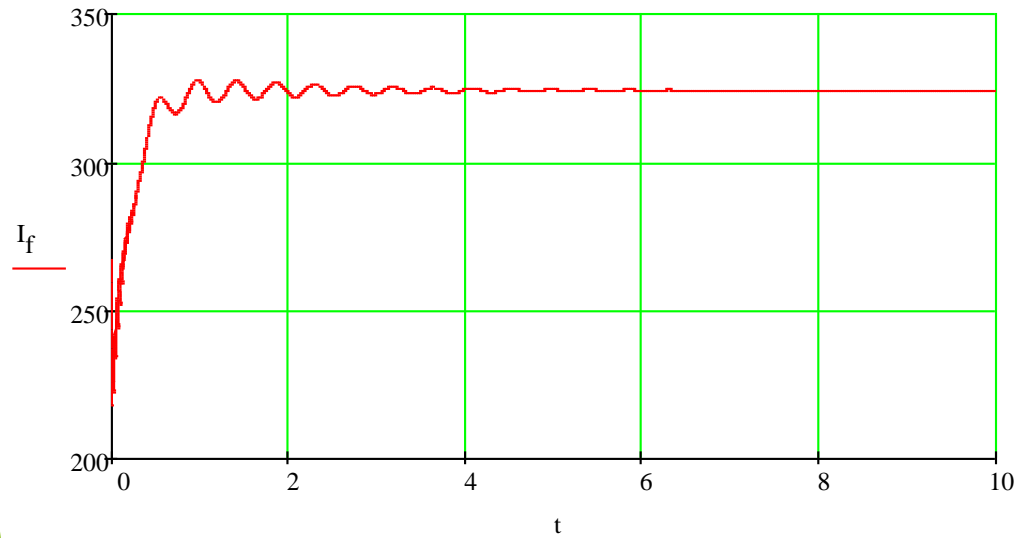


Рис 2.2 Графік струму збудження в нормальному режимі

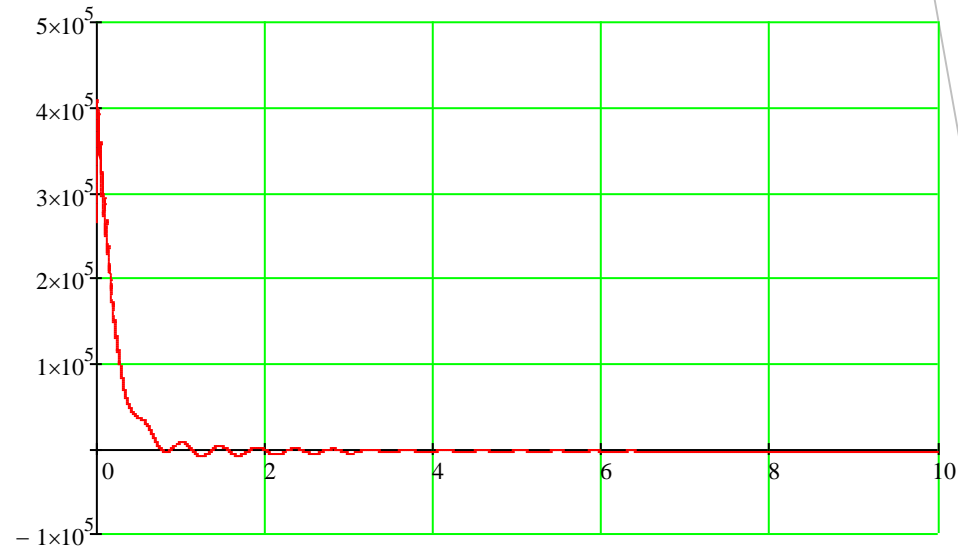


Рис 2.3 Графік реактивної потужності в нормальному режимі

## Графіки при зменшені напруги на 10%

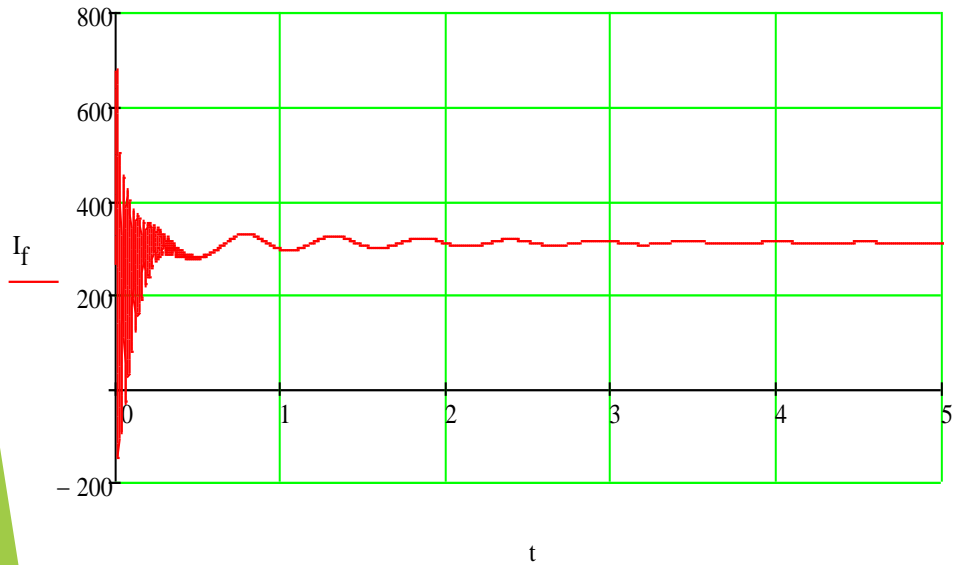


Рис 2.4 Струм збудження при зменшенні напруги на 10%

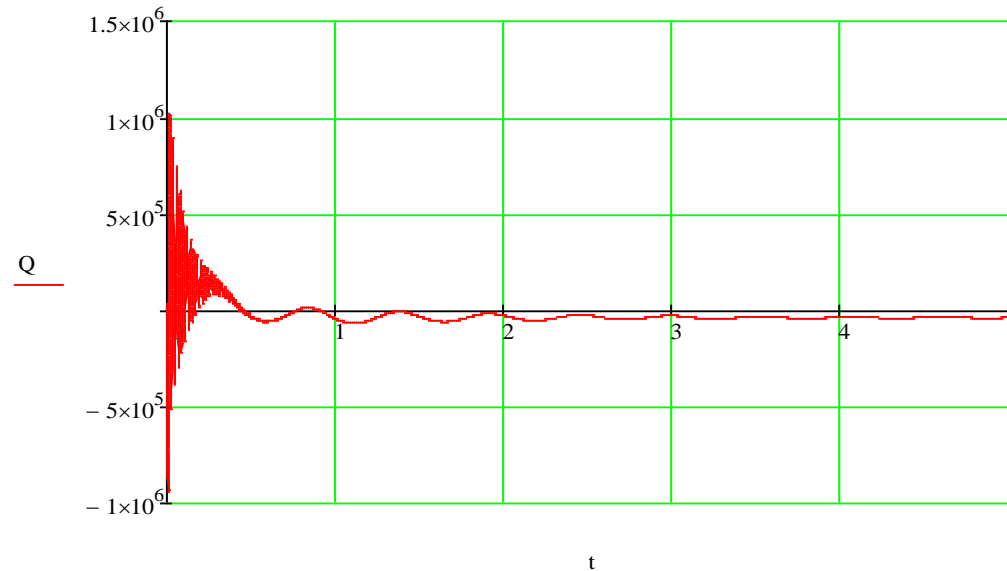


Рис 2.5 Реактивна потужність при зменшенні напруги на 10%

# Графіки при задані моменту на валу у виді синусоїди

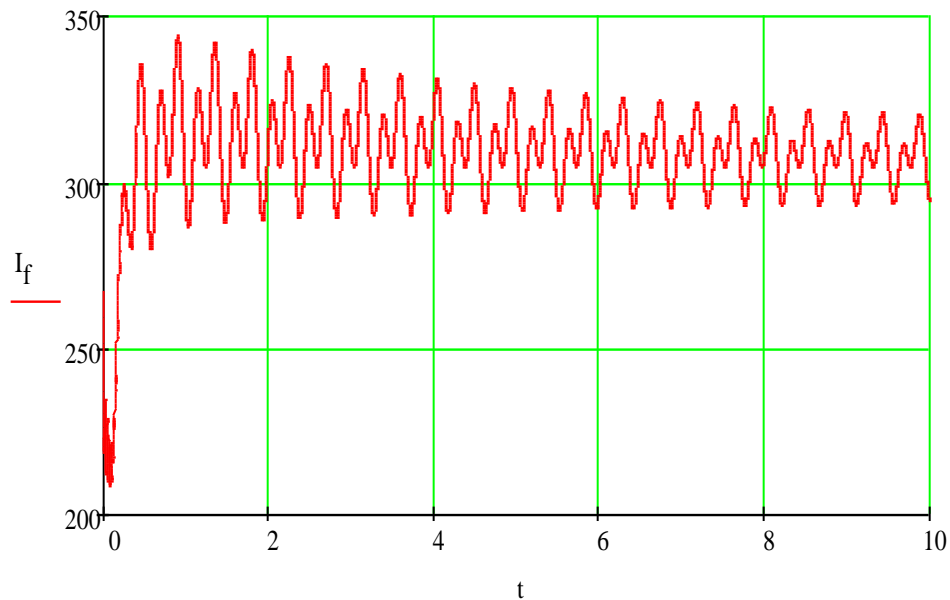


Рис. 2.6 Струм збудження при навантаженні, що повторюється

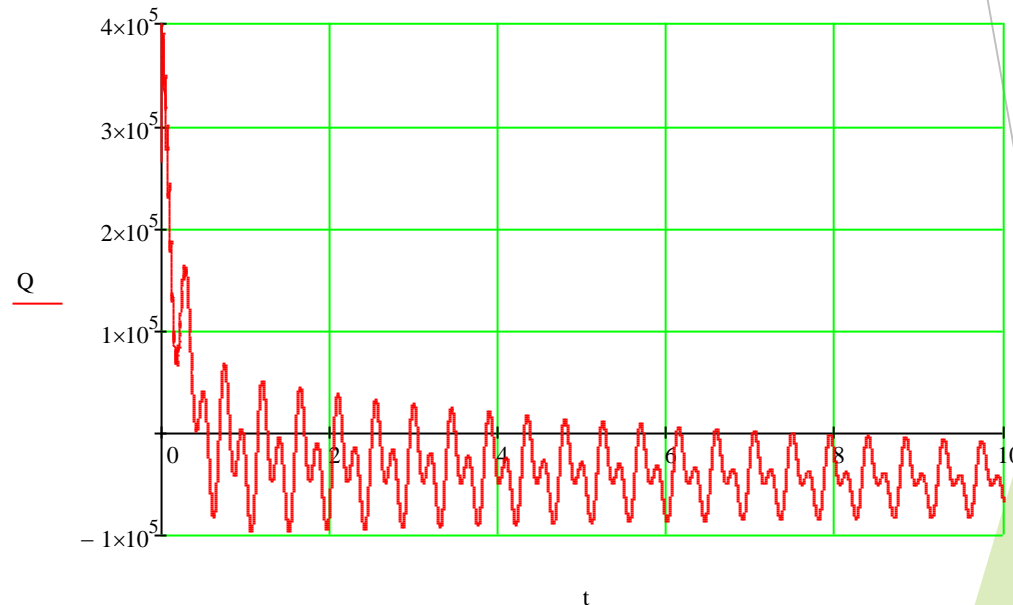


Рис 2.7 Реактивна потужність при навантаженні що повторюється



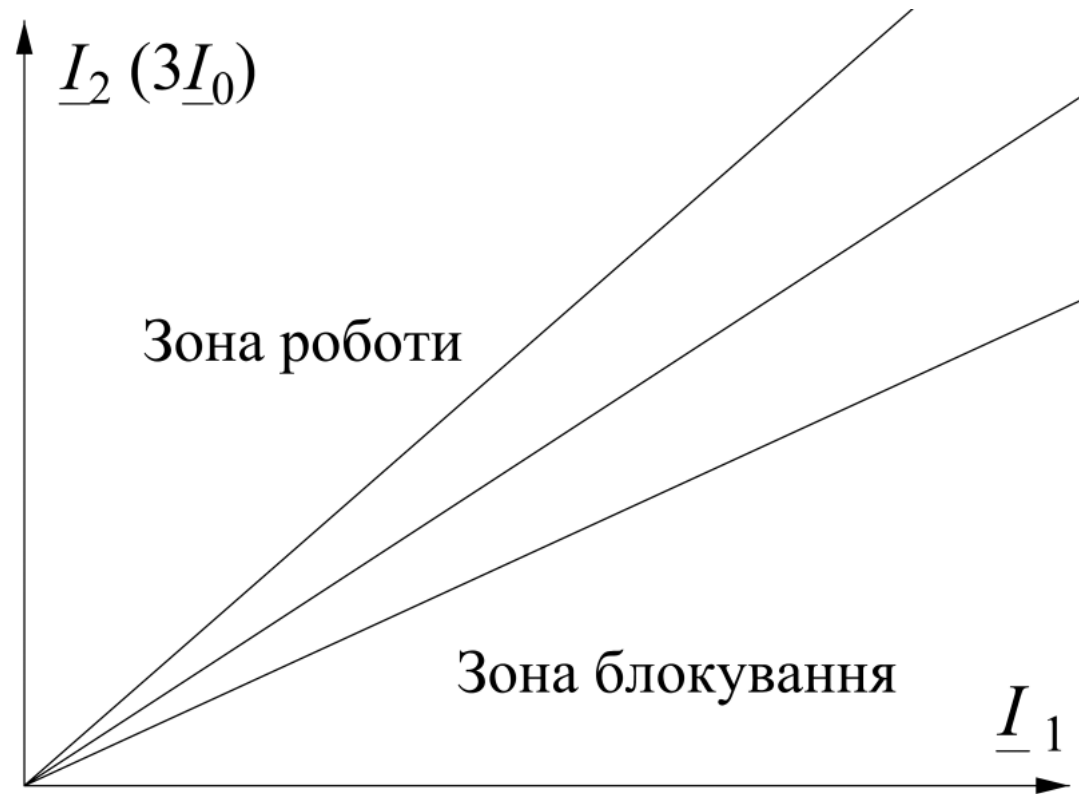
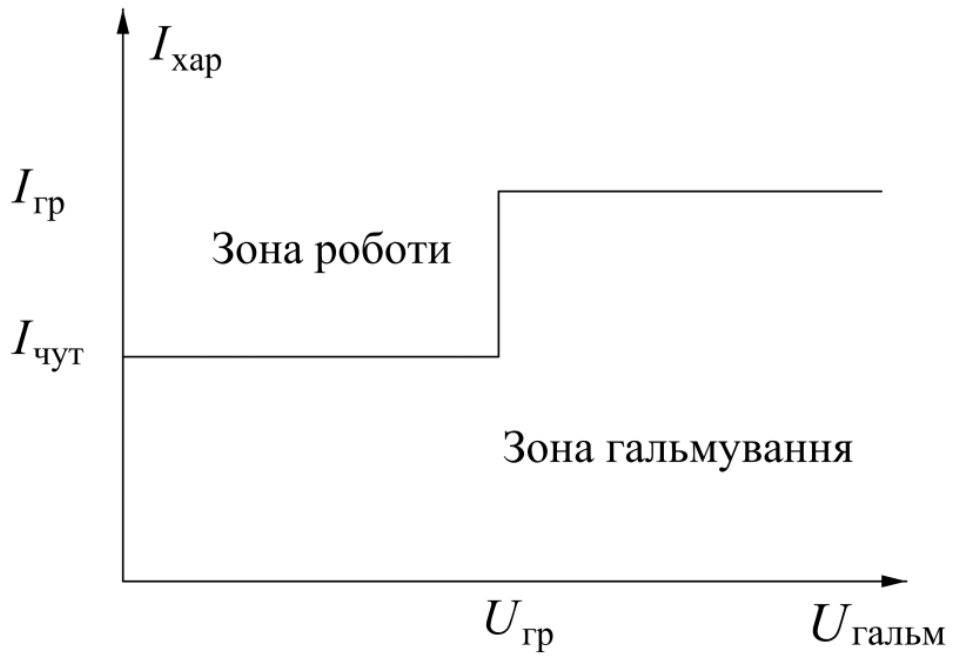
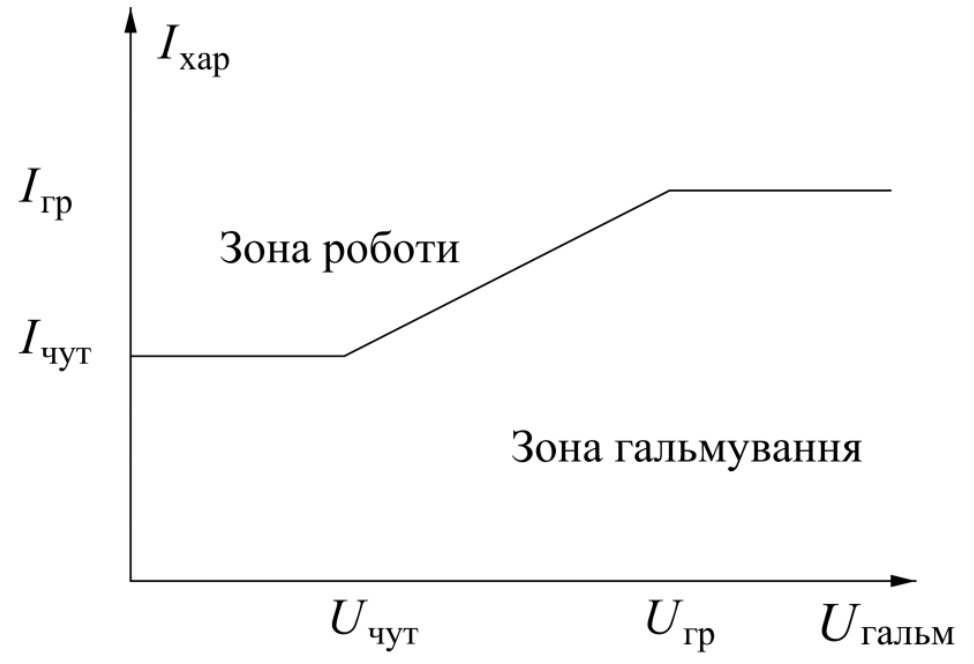


Рисунок 3.1 – Характеристики спрацювання захисту від неповнофазного режиму фірми General Electric за різних значень коефіцієнта гальмування



а)



б)

Рисунок 3.2 – Характеристика гальмування по напрузі в одній (а) та двох точках (б)

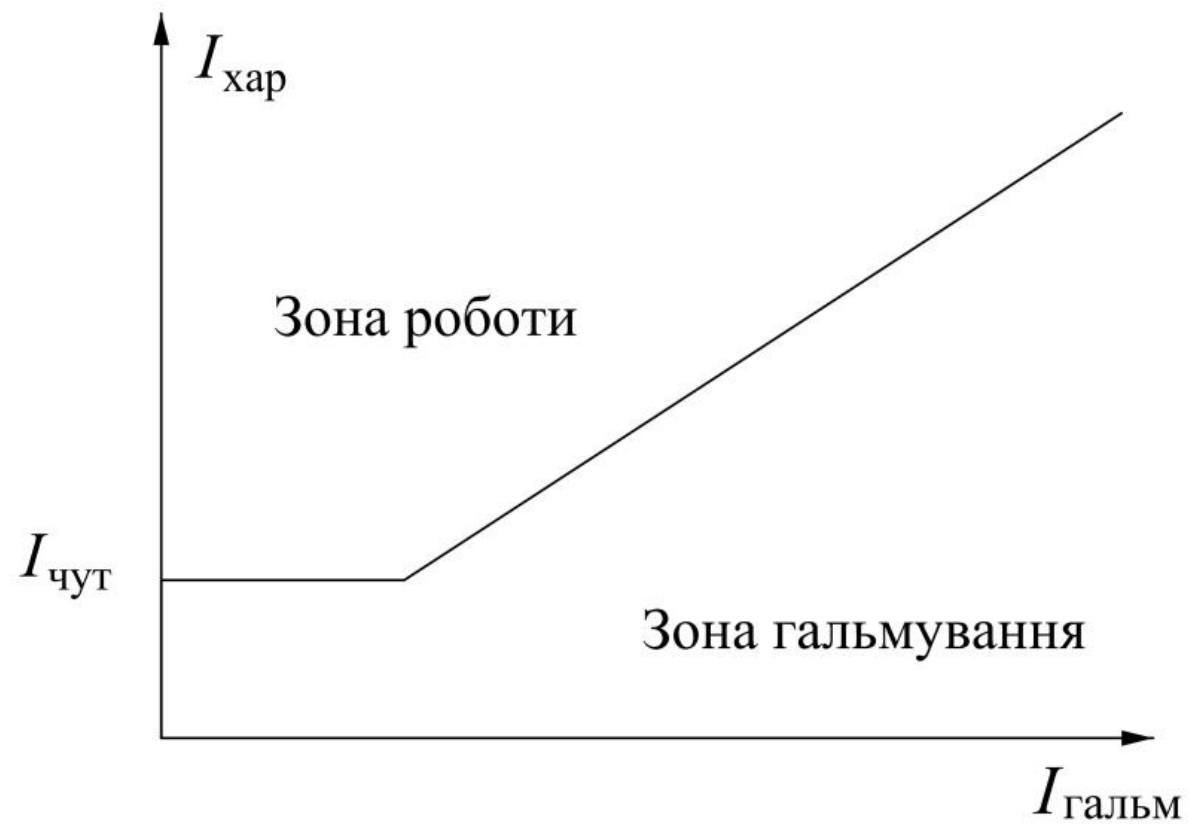


Рисунок 3.3 – Струмовий захист з гальмуванням по струму

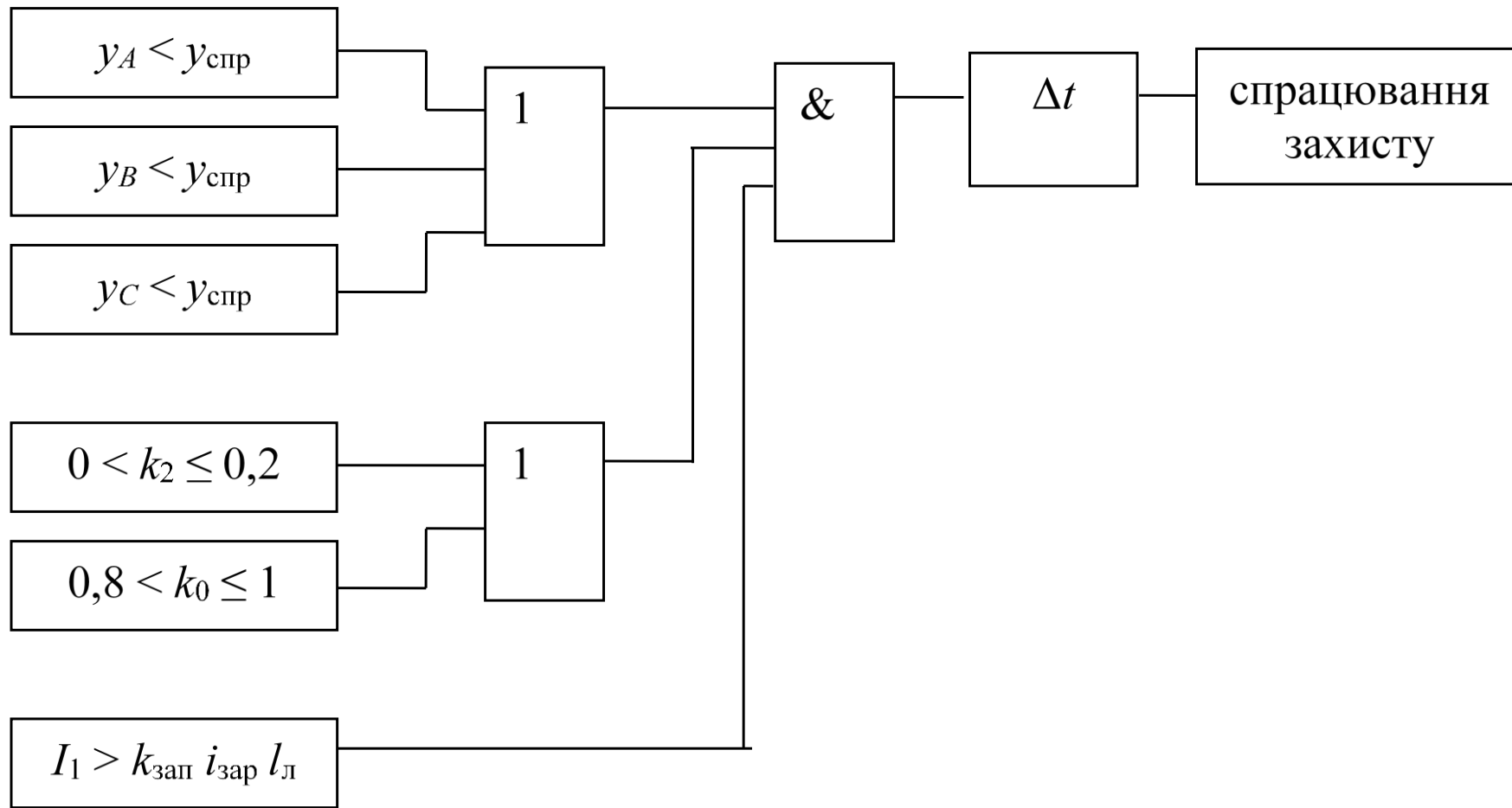


Рисунок 3.8 – Логічна схема роботи захисту від неповнофазного режиму лінії з одностороннім живленням

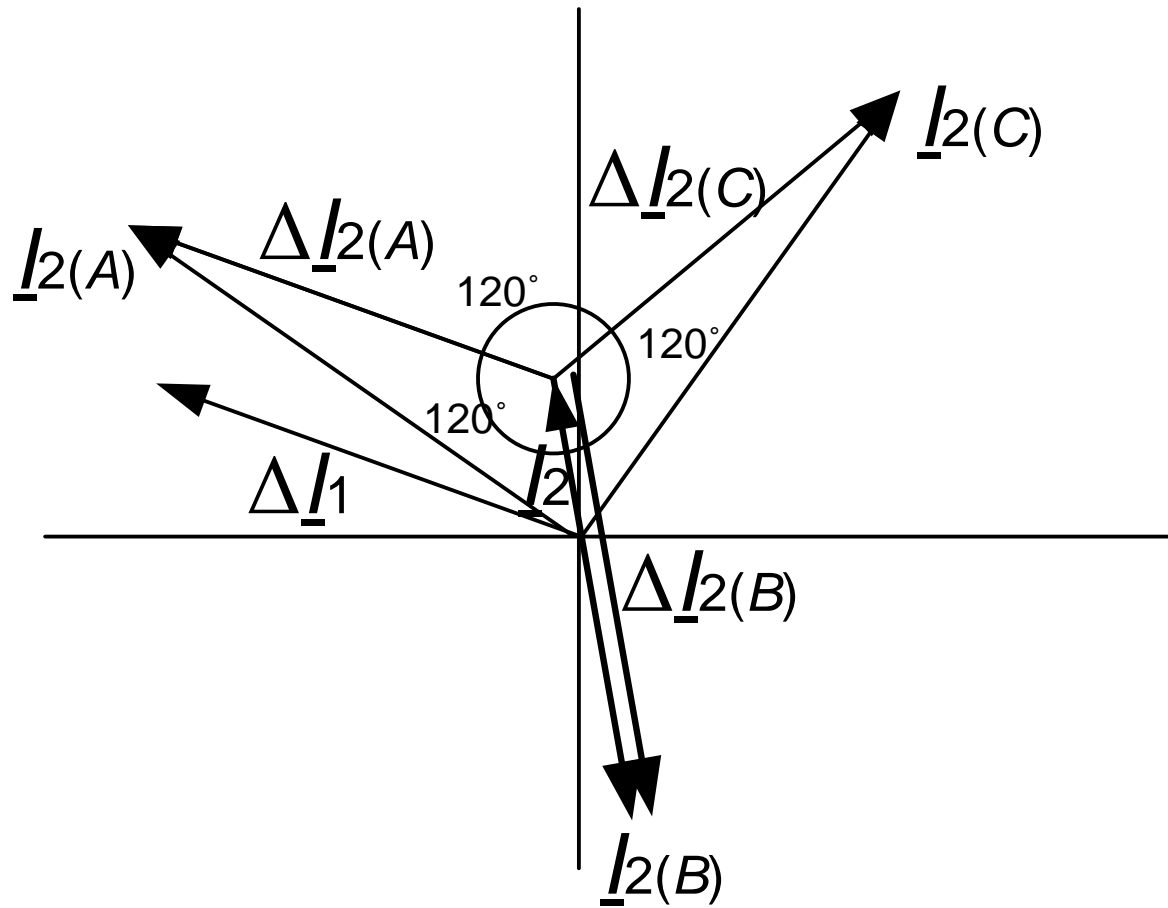


Рисунок 3.10 – Векторна діаграма струму зворотної послідовності за обриву проводу різних фаз

Суть способу захисту полягає в тому, що по вимірним струмах лінії, що захищається і напруженням джерела живлення відносно ізолюваної нейтралі обчислюють сумарну миттєву потужність лінії, а також її середнє значення. Потім шляхом вирахування з миттєвої потужності її середнього значення визначають змінну складову потужності (пульсуючу потужність)

$$p_{\Pi} = p - P_{\text{ср}} = (u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C) - P_{\text{ср}}, \quad (3.7)$$

де  $p = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C$  - миттєва потужність лінії;  $u_A, i_A, u_B, i_B, u_C, i_C$  - миттєві значення напруг джерела і струмів трьох фаз лінії;  $P_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$  - середнє значення миттєвої потужності (активна потужність).

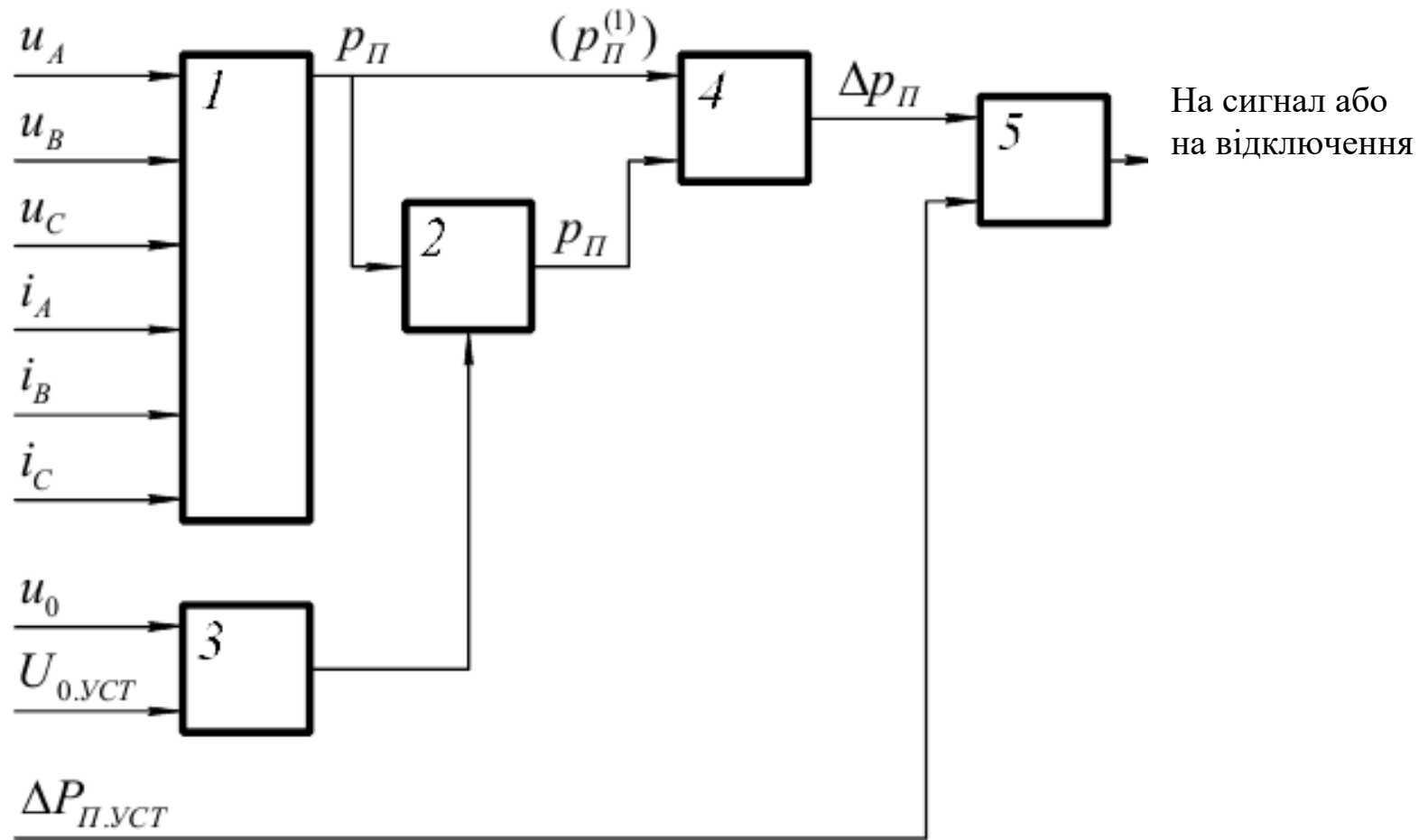


Рисунок 3.11 - Спрощена структурно-функціональна схема пропонованого захисту від ОЗЗ.

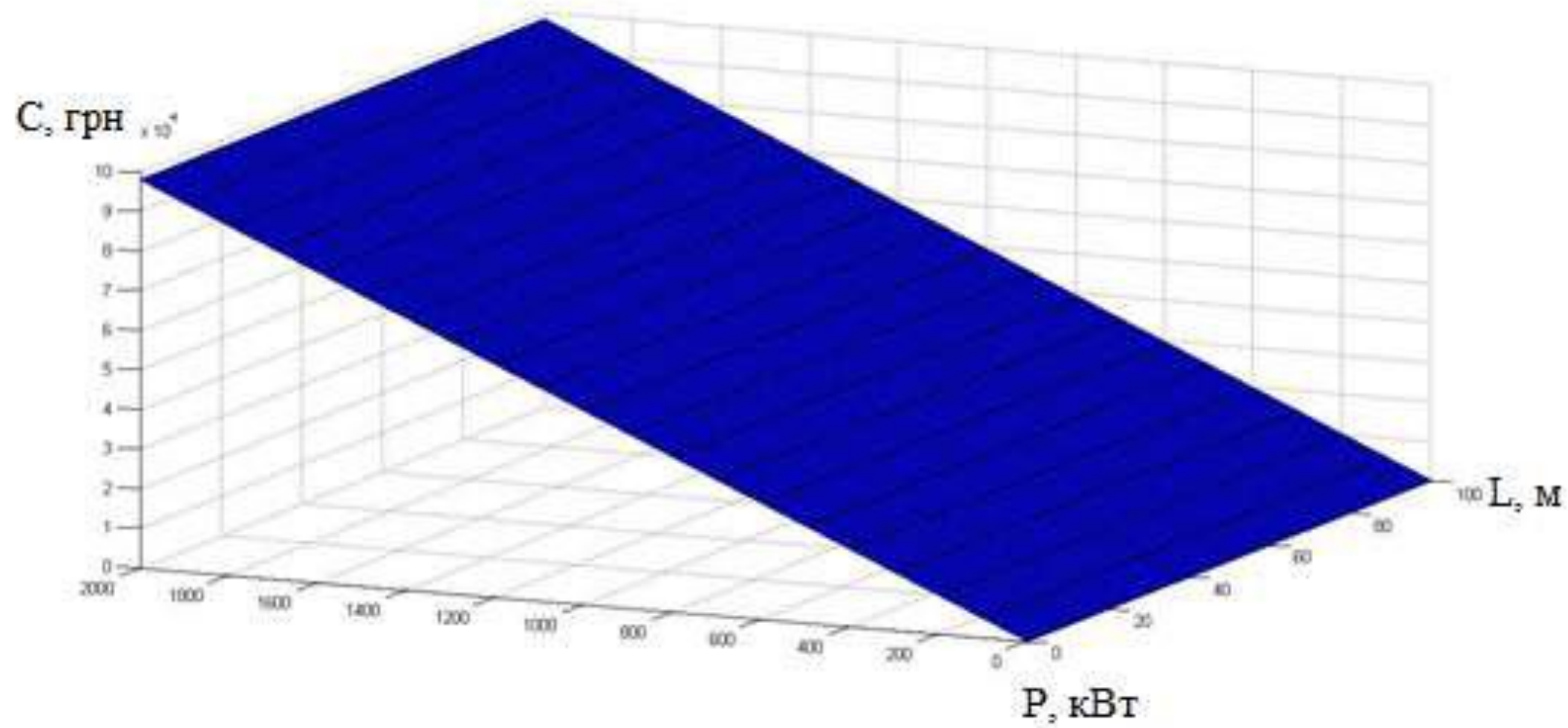


Рис. 4.1. Залежність вартості електропостачання об'єкта дизель-генераторами від потужності  $P$  і віддаленості від мережі  $L$



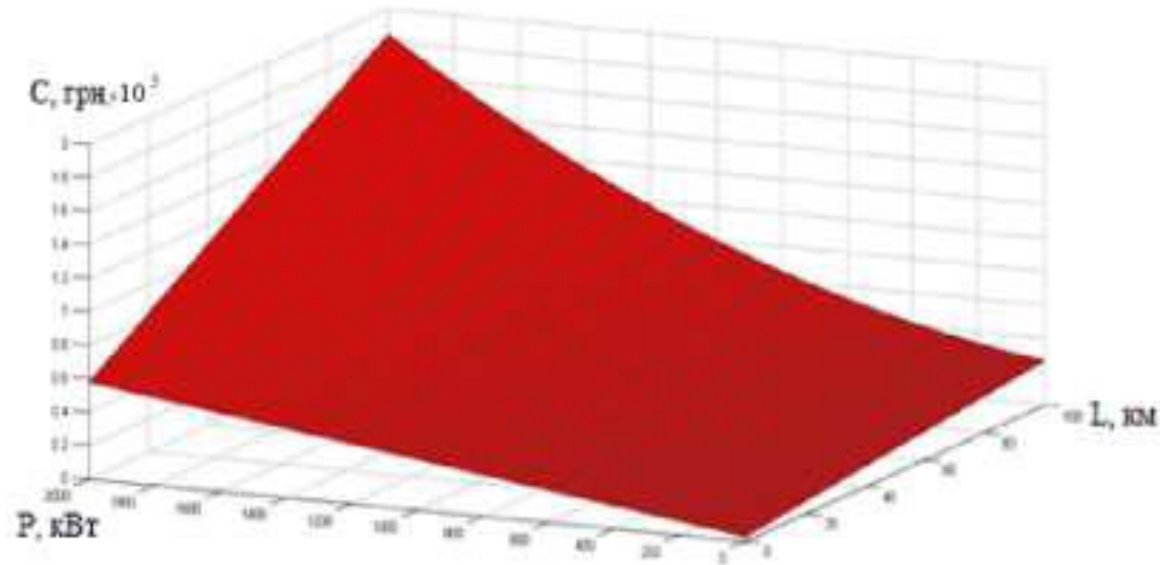


Рис. 4.2. Залежність вартості електропостачання об'єкта від мережі (занеобхідності побудови лінії від мережі до споживача) в функції потужності  $P$  і віддаленості від центральної мережі  $L$ .

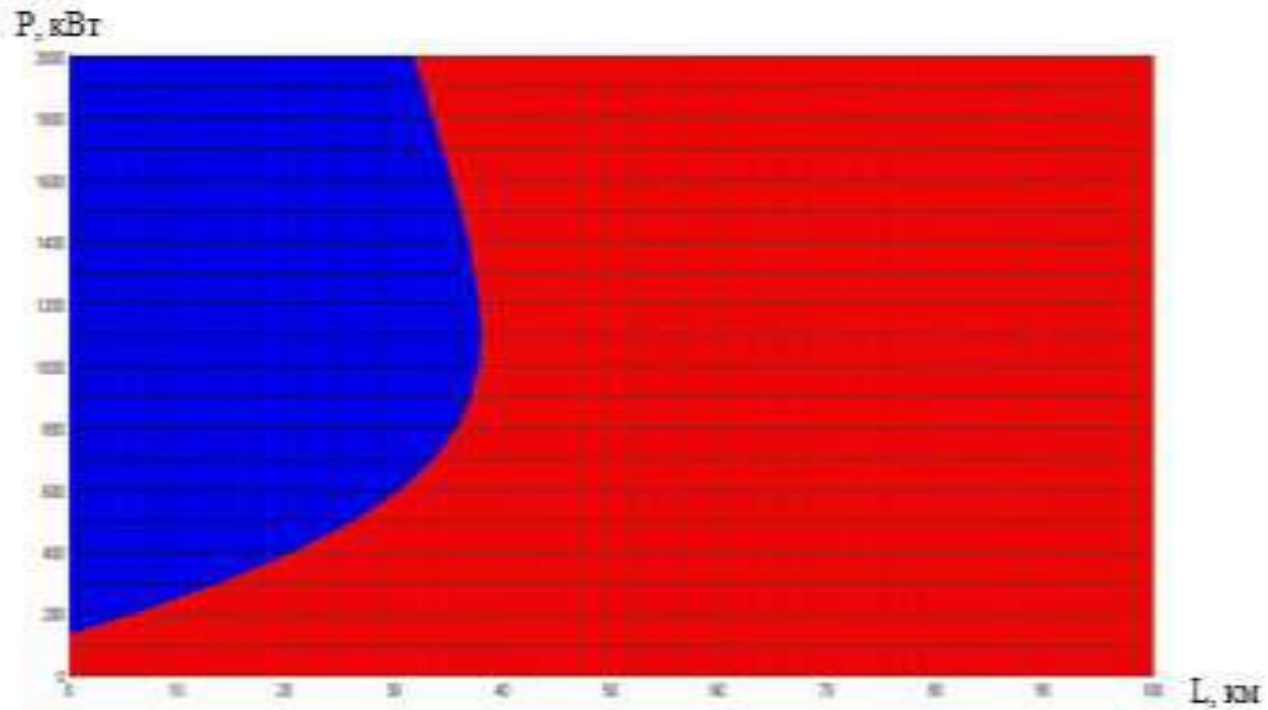


Рис. 4.4. Области економічно вигідного використання дизель-генератора і будівництва ЛЕП за різної потужності  $P$  і віддаленості від мережі  $L$ .