

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ
ТЕХНОЛОГІЇ САПР

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-17м
Спеціальність 141»Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки)

_____ Воробей А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Шулле Ю. А.

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2019 року

Актуальність теми. Система електропостачання (СЕП) – це сукупність електроустановок пов'язаних єдиним процесом виробництва, передачі, перетворення і розподілу електричної енергії по споживачам. Основними факторами, які характеризують систему електропостачання є вартість її спорудження, надійність і економічність передачі електричної енергії споживачам (рівень втрат електричної енергії), а також дотримання в допустимих межах показників якості електричної енергії. Для створення досконалої, надійної та енергоефективної системи електропостачання розробляється проект. Проектування СЕП - процес складання опису ще не існуючої СЕП необхідного і достатнього для її створення. На сьогоднішній день використання сучасних технологій САПР для проектування СЕП є гарантією створення енергоефективних систем електропостачання. Це обумовлено позитивним ефект використання САПР, що можна охарактеризувати такими тезами: збільшення ймовірності бездефектного проектування, тобто збільшення ймовірності того, що проектні рішення не будуть утримувати помилок; зменшення витрат в об'єкт проектування, тобто СЕП, за рахунок вибору оптимальних проектних рішень із множини всіх доступних, що неможливо було б виконати за межами САПР СЕП; зменшення терміну та витрат на проектування; зменшення кількості інженерно-технічних працівників, зайнятих проектуванням СЕП, що відбувається за рахунок підвищення кваліфікації кожного проектанта і збільшення ефективності його роботи в порівнянні з іншими технологіями проектування СЕП, що досягається використанням САПР СЕП. Отже, використання сучасних технологій САПР для проектування енергоефективних СЕП обумовлює актуальність цієї роботи.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення енергоефективності системи електропостачання на основі технологій систем автоматизованого проектування.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **задачі**:

- розглянути основні поняття САПР, процес проектування СЕП та її автоматизацію;
- провести аналіз математичного забезпечення САПР;
- розглянути питання автоматизації прийняття оптимальних проектних рішень на нескінченній множині доступних рішень з допомогою САПР MathCad та EXCEL;
- дослідити варіанти розрахунку економічної ефективності САПР;
- розглянути питання охорони праці на підприємстві.

Об'єктом дослідження є процес споживання електричної енергії підприємством.

Предметом дослідження є використання сучасних технологій САПР для проектування енергоефективних СЕП.

Система автоматизованого проектування СЕП – організаційно-технічна система, що складає комплекс засобів автоматизації проектування СЕП, взаємозв'язана з підрозділами проектної організації та колективом спеціалістів.

Необхідність та доцільність автоматизації проектування (АП) СЕП може бути охарактеризована такими основними тезами:

- Можливість автоматичного виконання трудомістких ручних операцій. Звільнення людини для творчої праці.
- Виконання інженерних розрахунків, які важко, довго або неможливо виконати вручну.
- Можливість врахування в проектних розрахунках значної кількості факторів, що впливають на результат.
- Можливість багатоваріантних розрахунків з врахуванням всіх доступних альтернатив.
- Можливість коректного розв'язання оптимізаційних проектних задач.
- Можливість реалізації системного підходу.

Позитивний ефект використання САПР СЕП можна охарактеризувати такими тезами:

- Збільшення ймовірності бездефектного проектування. Тобто збільшення ймовірності того, що проектні рішення не будуть утримувати помилок.
- Зменшення витрат в об'єкт проектування – СЕП. В основному це відбувається за рахунок вибору оптимальних проектних рішень із множини всіх доступних, що неможливо було б виконати за межами САПР СЕП.
- Зменшення витрат на проектування.
- Зменшення терміну проектування.
- Зменшення кількості інженерно-технічних працівників, зайнятих проектуванням СЕП. Це відбувається за рахунок підвищення кваліфікації кожного проектанта і збільшення ефективності його роботи в порівнянні з іншими технологіями проектування СЕП, що досягається використанням САПР СЕП.[3]

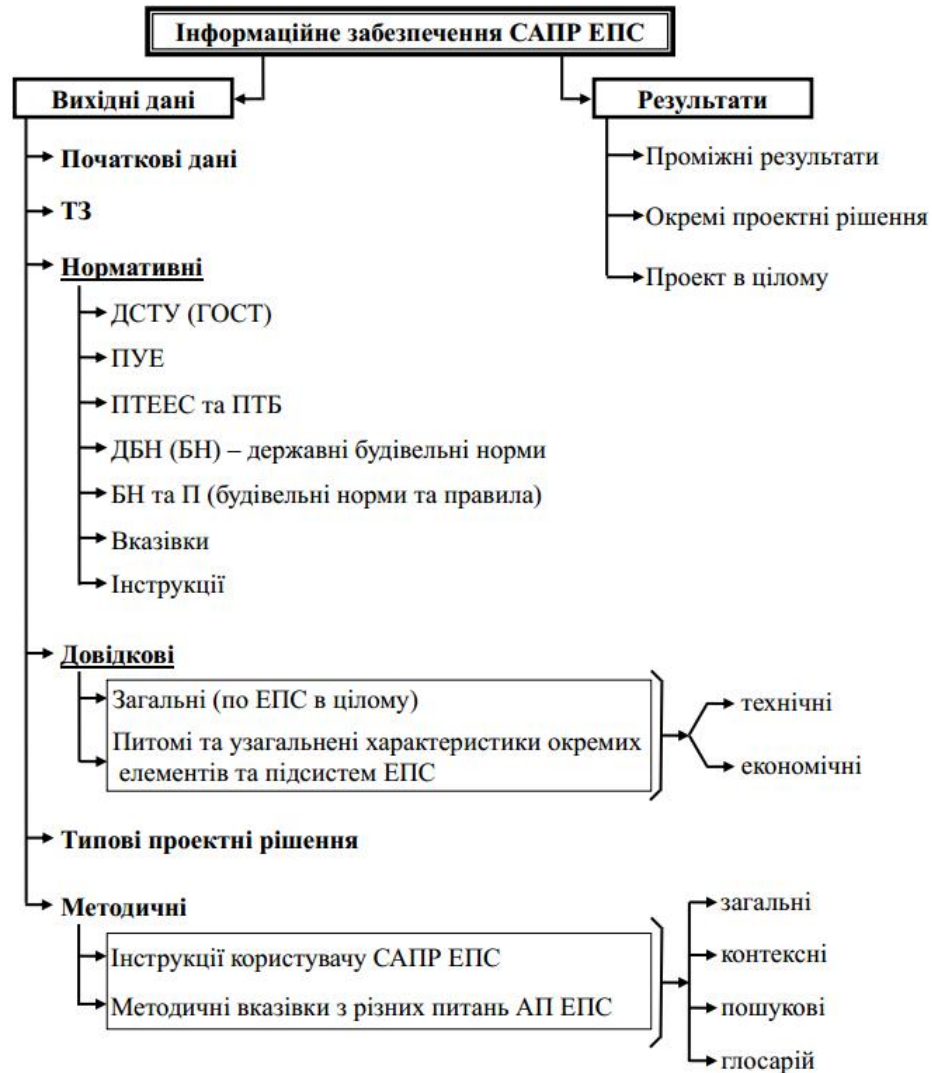


Рисунок 1 – Інформаційне забезпечення САПР СЕП

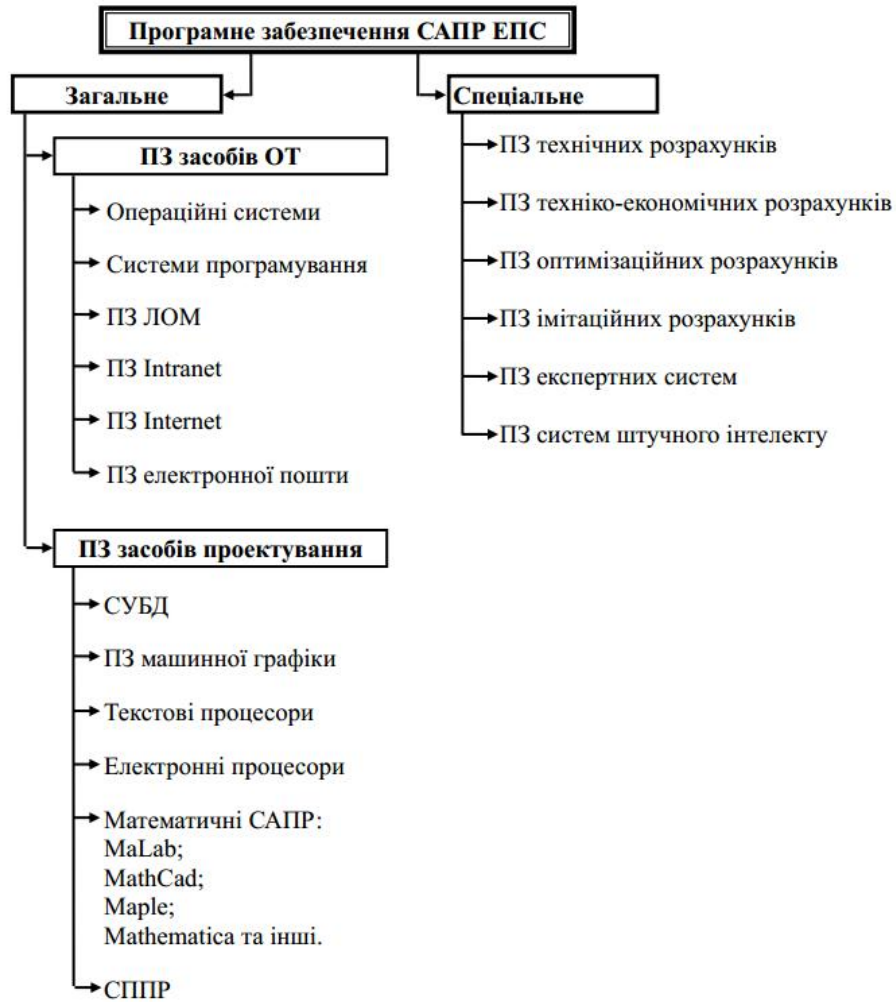


Рисунок 2 – Програмне забезпечення САПР ЕПС

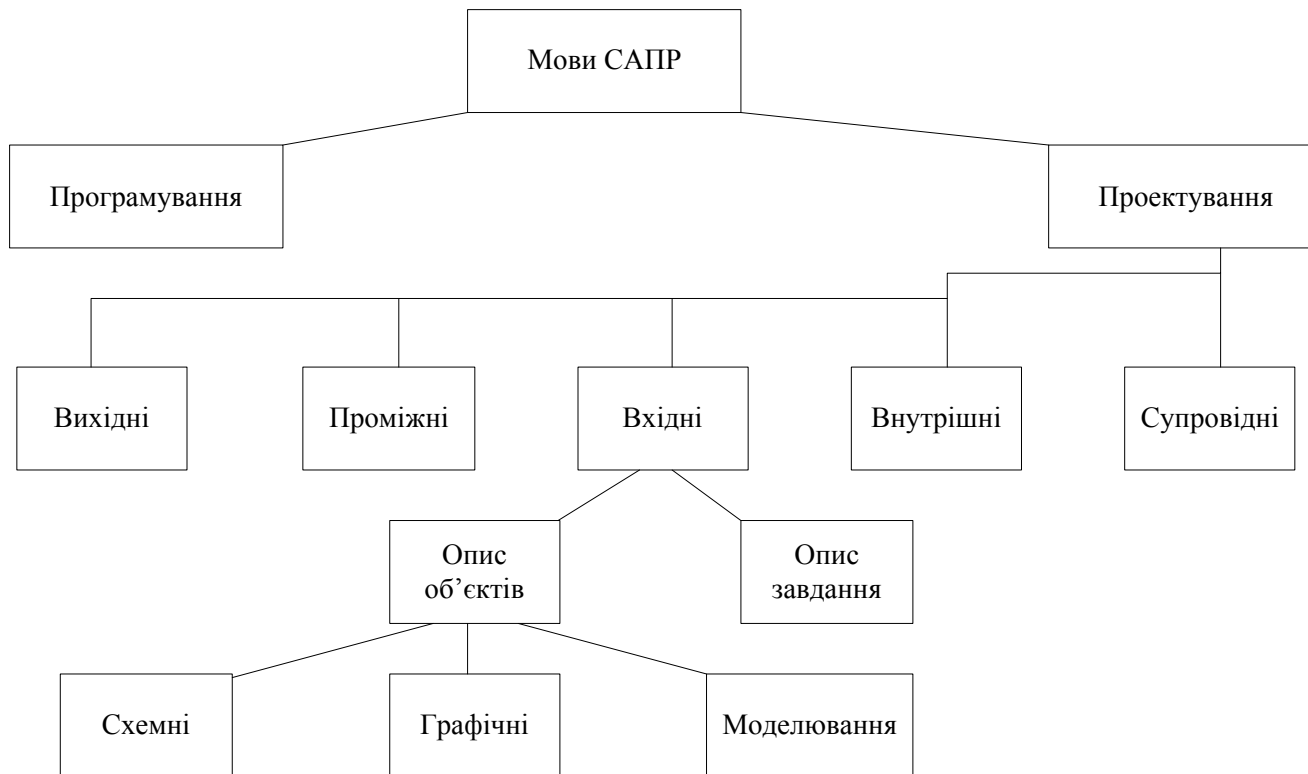


Рисунок 3 – Класифікація мов САП

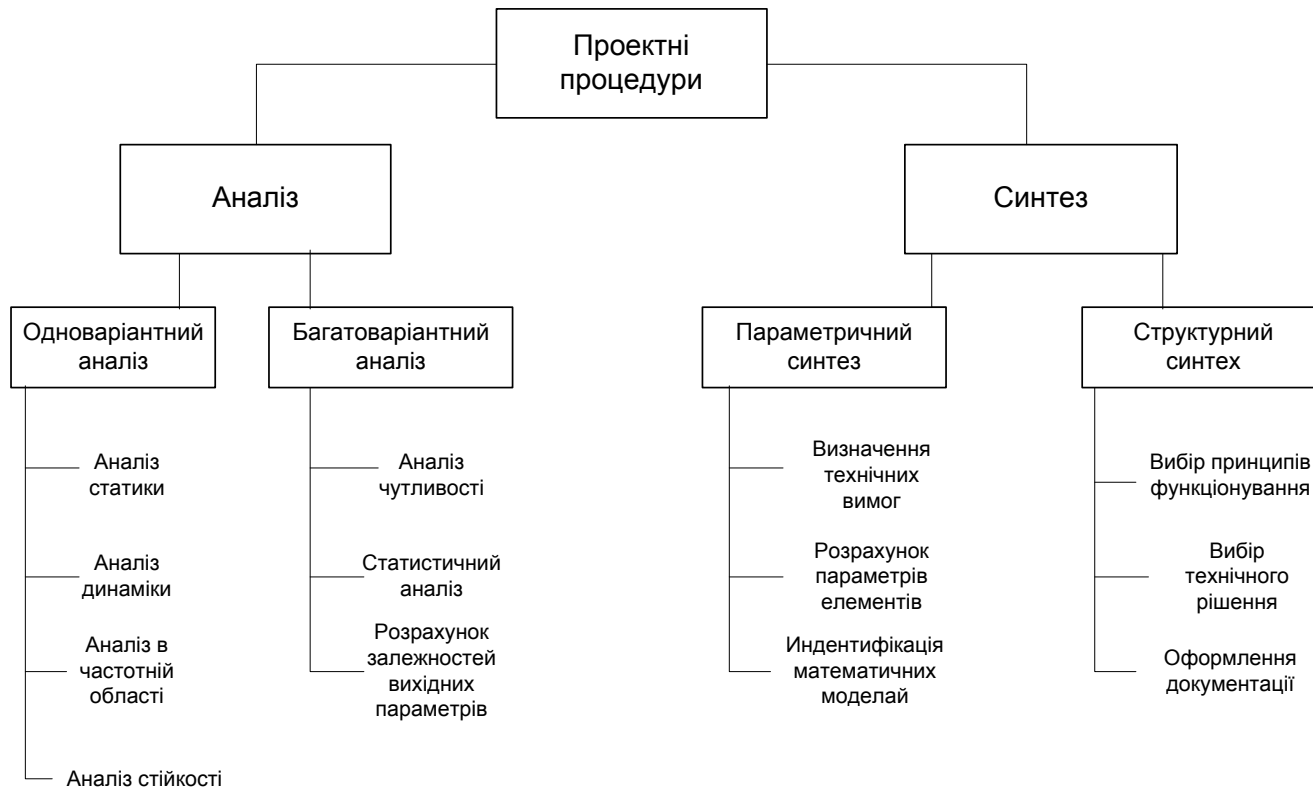


Рисунок 4 – Класифікація типових проектних процедур

Етапи прийняття оптимальних проектних рішень

| № п/п | Етапи прийняття оптимальних проектних рішень | Тип етапу |
|-------|--|----------------|
| 1 | Формування мети: - вибір керованих змінних; - оцінка множини доступних рішень. | Концептуальний |
| 2 | Вибір показників ефективності рішень. | Концептуальний |
| 3 | Вибір критерію оптимальності. | Концептуальний |
| 4 | Вираження ПЕР через керовані змінні. | Формальний |
| 5 | Формування обмежень на можливі значення керованих змінних. | Концептуальний |
| 6 | Оцінка множини допустимо-доступних рішень. В більшості випадків реальних складних задач прийняття проектних рішень явно визначити множину допустимо доступних рішень не видається можливим. Неявно ця множина задається всією сукупністю обмежень на керовану змінну. | Концептуальний |
| 7 | Оцінка класу одержаної математичної моделі прийняття рішень та її розв'язок відповідними методами. У випадку відсутності методу розв'язку проектної задачі згідно отриманої математичної моделі виникне необхідність у створенні такого методу. | Формальний |
| 8 | Прийняття проектного рішення на основі отриманих розв'язків проектних задач. | Концептуальний |

Автоматизація прийняття оптимальних проектних рішень на нескінченній множині доступних рішень з допомогою математичного САПР MathCad

Дані потужностей споживачів:

$$P1 := 40 \text{ кВт} \quad P2 := 20 \text{ кВт} \quad P3 := 50 \text{ кВт} \quad P4 := 25 \text{ кВт}$$

$$P5 := 60 \text{ кВт} \quad P6 := 20 \text{ кВт}$$

Навантаження протягом зміни змінюються по рівномірному закону. Виконати розрахунок еліпса розсіювання електричних навантажень шість споживачів на протяжні зміни.

Розв'язок
 $ORIGIN := 1 \quad k := 6 \quad n := 8 \quad j := 1..n \quad i := 1..k$

$$P1 := \text{mom}(8, 40, 10) \quad P2 := \text{mom}(8, 20, 8) \quad P3 := \text{mom}(8, 50, 10)$$

$$P4 := \text{mom}(8, 25, 8) \quad P5 := \text{mom}(8, 60, 15)$$

$$P1 = \begin{pmatrix} 42.788 \\ 41.622 \\ 44.285 \\ 35.248 \\ 33.045 \\ 70.482 \\ 37.135 \\ 27.201 \end{pmatrix} \quad P2 = \begin{pmatrix} 26.075 \\ 16.858 \\ 10.372 \\ 11.705 \\ 19.845 \\ 20.256 \\ 22.119 \\ 23.932 \end{pmatrix} \quad P3 = \begin{pmatrix} 52.383 \\ 43.155 \\ 33.852 \\ 64.113 \\ 59.715 \\ 38.44 \\ 51.437 \\ 66.972 \end{pmatrix}$$

$$P4 = \begin{pmatrix} 25.716 \\ 35.095 \\ 19.356 \\ 25.015 \\ 33.861 \\ 32.14 \\ 1.793 \\ 7.743 \end{pmatrix} \quad P5 = \begin{pmatrix} 63.091 \\ 50.762 \\ 42.034 \\ 61.486 \\ 71.561 \\ 64.589 \\ 60.17 \\ 48.533 \end{pmatrix} \quad P6 = \begin{pmatrix} 20.55 \\ 20.78 \\ 10.11 \\ 10.85 \\ 11.26 \\ 20.08 \\ 19.02 \\ 22.08 \end{pmatrix}$$

$$P_{1,j} := P1_j \quad P_{2,j} := P2_j \quad P_{3,j} := P3_j \quad P_{4,j} := P4_j \quad P_{5,j} := P5_j \quad P_{6,j} := P6_j$$

$$P = \begin{pmatrix} 42.788 & 41.622 & 44.285 & 35.248 & 33.045 & 70.482 & 37.135 & 27.201 \\ 26.075 & 16.858 & 10.372 & 11.705 & 19.845 & 20.256 & 22.119 & 23.932 \\ 52.383 & 43.155 & 33.852 & 64.113 & 59.715 & 38.44 & 51.437 & 66.972 \\ 25.716 & 35.095 & 19.356 & 25.015 & 33.861 & 32.14 & 1.793 & 7.743 \\ 63.091 & 50.762 & 42.034 & 61.486 & 71.561 & 64.589 & 60.17 & 48.533 \\ 20.55 & 20.78 & 10.11 & 10.85 & 11.26 & 20.08 & 19.02 & 22.08 \end{pmatrix}$$

Координати споживачів

$$mm := 20$$

$$mm := 40$$

$$x_i := (i)^{0.5} \cdot mm \quad x_i =$$

$$y_i := (i \cdot mm)^{0.5} \quad y_i =$$

| |
|----|
| 20 |
| 28 |
| 35 |
| 40 |
| 45 |
| 49 |

| |
|----|
| 4 |
| 6 |
| 8 |
| 9 |
| 10 |
| 11 |

Координати умовного ЦЕН для кожної години роботи

$$X0_j := \frac{\sum_{i=1}^k (P_{i,j} \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^k P_{i,j}} \quad Y0_j := \frac{\sum_{i=1}^k (P_{i,j} \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^k P_{i,j}}$$

Координати середнього ЦЕН за зміну

$$XS := \frac{\sum_{j=1}^n X0_j}{n} \quad YS := \frac{\sum_{j=1}^n Y0_j}{n}$$

$$X0 = \begin{pmatrix} 35.84 \\ 35.992 \\ 34.38 \\ 36.172 \\ 36.623 \\ 34.441 \\ 35.709 \\ 36.154 \end{pmatrix} \quad Y0 = \begin{pmatrix} 8.014 \\ 8.048 \\ 7.688 \\ 8.088 \\ 8.189 \\ 7.701 \\ 7.985 \\ 8.084 \end{pmatrix} \quad XS = 35.664 \quad YS = 7.975$$

Числові характеристики знайденого емпіричного розподілу

$$SX := \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X0_j - XS)^2}{n}} \quad SY := \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y0_j - YS)^2}{n}}$$

$$SX = 0.767 \quad SY = 0.171$$

Піввісі еліпса зони розсіювання ЦЕН

$$R_x := \sqrt{6} \cdot SX \quad R_y := \sqrt{6} \cdot SY$$

$$R_x = 1.878 \quad R_y = 0.42$$

Визначення перерізу живлячих КЛ

Економічна густина струму для КЛ

$$Je := 1.4 \frac{A}{\text{мм}^2}$$

$$\text{Номинальна напруга живлячих ліній} \quad U := 0.4 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт потужності $\cos \Phi = 0.8$

Мінімальний перебіг кабелів в мм²

$$Sx_i := \frac{\sum_{j=1}^n P_{i,j}}{0.8 \cdot \sqrt{3} \cdot n \cdot Je \cdot U}$$

$$Sx = \begin{pmatrix} 53.451 \\ 24.351 \\ 66.058 \\ 29.112 \\ 74.46 \\ 21.704 \end{pmatrix} \quad Sx := \begin{pmatrix} 50 \\ 35 \\ 35 \\ 35 \\ 90 \\ 16 \end{pmatrix}$$

Матриця коефіцієнтів, враховуючи переріз кабелів

$$Cx_i := \frac{Sx_i}{90} \quad Cx = \begin{pmatrix} 0.556 \\ 0.389 \\ 0.389 \\ 0.389 \\ 1 \\ 0.178 \end{pmatrix}$$

Визначення координат ЦЕН за допомогою критерію оптимальності

Цільова функція (мінімум вартості передачі енергії)

$$R(XS, YS) := \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \frac{P_{i,j} \cdot \sqrt{(x_i - XS)^2 + (y_i - YS)^2}}{Cx_i}$$

$$\text{Given } \begin{pmatrix} Xs \\ Ys \end{pmatrix} := \text{Minimize}(R, XS, YS) \quad \begin{pmatrix} Xs \\ Ys \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 34.6 \\ 7.7 \end{pmatrix} \quad \text{Координати ЦЕН}$$

При розв'язку задачі мінімуму вартість передачі енергії координатів ЦЕН вийшли і інші відносно знайдених раніше, але в зоні розсіювання. Звідси робимо висновок, що розв'язок вірний.

Коефіцієнт кореляції зони розсіювання

$$K_{jk} := \frac{\sum_{j=1}^n [(X0_j - Xs)(Y0_j - Ys)]}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (X0_j - Xs)^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y0_j - Ys)^2}} \quad K_k = 1$$

Кут між вісями еліпса та вісями координат

Автоматизація прийняття оптимальних проектних рішень на нескінченній множині доступних рішень з допомогою математичного САПР MathCad

$$a := \frac{\operatorname{atan}\left(\frac{2 \cdot K_k \cdot SX \cdot SY}{SX^2 - SY^2}\right)}{2} \quad \text{alfa} := a \cdot \frac{180}{\pi} \quad a = 0.22$$

Координати ЦЕН $X_s = 34.641$ $Y_s = 7.975$

Середнє квадратичне відхилення $SX = 0.767$ $SY = 0.171$

Піввісі еліпсу розсіювання $R_x = 1.878$ $R_y = 0.42$

Коефіцієнт кореляції $K_k = 1$

Кут повороту еліпсу $\text{alfa} = 12.604$ град

Побудова плану с зоною розсіювання ЦЕН

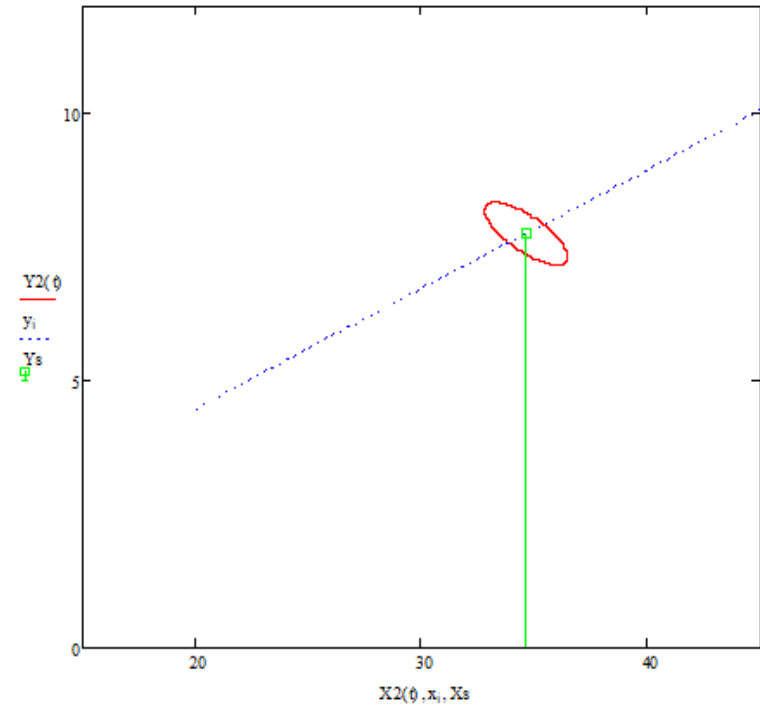
$$t := 0, 0.0001.. 2 \cdot \pi$$

$$x1(t) := R_x \cdot \cos(t)$$

$$y1(t) := R_y \cdot \sin(t)$$

$$X2(t) := x1(t) \cdot \cos(-a) + y1(t) \cdot \sin(-a) + X_s$$

$$Y2(t) := x1(t) \cdot \sin(-a) + y1(t) \cdot \cos(-a) + Y_s$$



За допомогою математичного САПР MathCad було визначено оптимальні координати ЦЕН $X_0=29.445$, $Y_0=7.38$.

Автоматизация принятия оптимальных проектных решений на несконечной множине доступных решений с помощью электронного процессора EXCEL

Визначення оптимальних координат розміщення ЦЕН

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

| ЦЕН | | Буфер обмена | | | | | | | | | | Шрифт | | | | | | | | | | Выравнивание | | | | | | | | | |
|-----|--|--------------|------|--------------------|---|--------|--------|-------|-----------|--------------|--------------|-------------|---|--|--|--|--|--|--|--|---------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | f(x) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| № | В | С | Д | Е | Ф | Г | Н | І | Ј | К | Л | М | Н | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Напряга лінії живлення, кВ | | | | | | | | | | Uж= 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ) | | | | | | | | | | МетрикаЖ= Е | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ) | | | | | | | | | | МетрикаР= НЕ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Економічні характеристики мережі | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ, тис.грн/км | | | | | | | | | | a= 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ тис.грн/км | | | | | | | | | | аж= 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Питома вартість втрат, грн/кВт | | | | | | | | | | Во= 6013,21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Коефіцієнт ефективності капіталовкладень | | | | | | | | | | Ее= 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Коефіцієнт відрахувань на амортизацію | | | | | | | | | | Еа= 4,00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Коефіцієнт відрахувань 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 | P1 | 20 | 4 | 50 | 1 | 40 | 18,72 | 63,74 | 0,620 | 83,0835 | 24 | 1,419 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | P2 | 28 | 10 | 35 | 1 | 20 | 9,36 | 31,87 | 0,890 | 58,39425 | 37 | 0,972 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | P3 | 35 | 6 | 35 | 1 | 50 | 23,40 | 79,68 | 0,890 | 58,39425 | 40 | 4,476 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | P4 | 40 | 11 | 35 | 1 | 25 | 11,70 | 39,84 | 0,890 | 58,39425 | 50 | 1,772 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | P5 | 49 | 9 | 90 | 1 | 60 | 28,08 | 95,62 | 0,443 | 113,62725 | 57 | 5,205 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | P6 | 45 | 8 | 16 | 1 | 20 | 9,36 | 31,87 | 1,940 | 31,01175 | 52 | 2,153 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15,9961 | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Оптимальні координати ЦЕМ, м | | | | | | | | | | Xo = 35 | | | | | | | | | | Yo = 8 | | | | | | | | | | |
| 26 | Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15,9961 | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию:

До: Максимум Минимум Значения:

Изменяя ячейки переменных:

X0:Y0

В соответствии с ограничениями:

X0 <= 50
X0 >= 0
Y0 <= 20
Y0 >= 0

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

Метод решения

Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

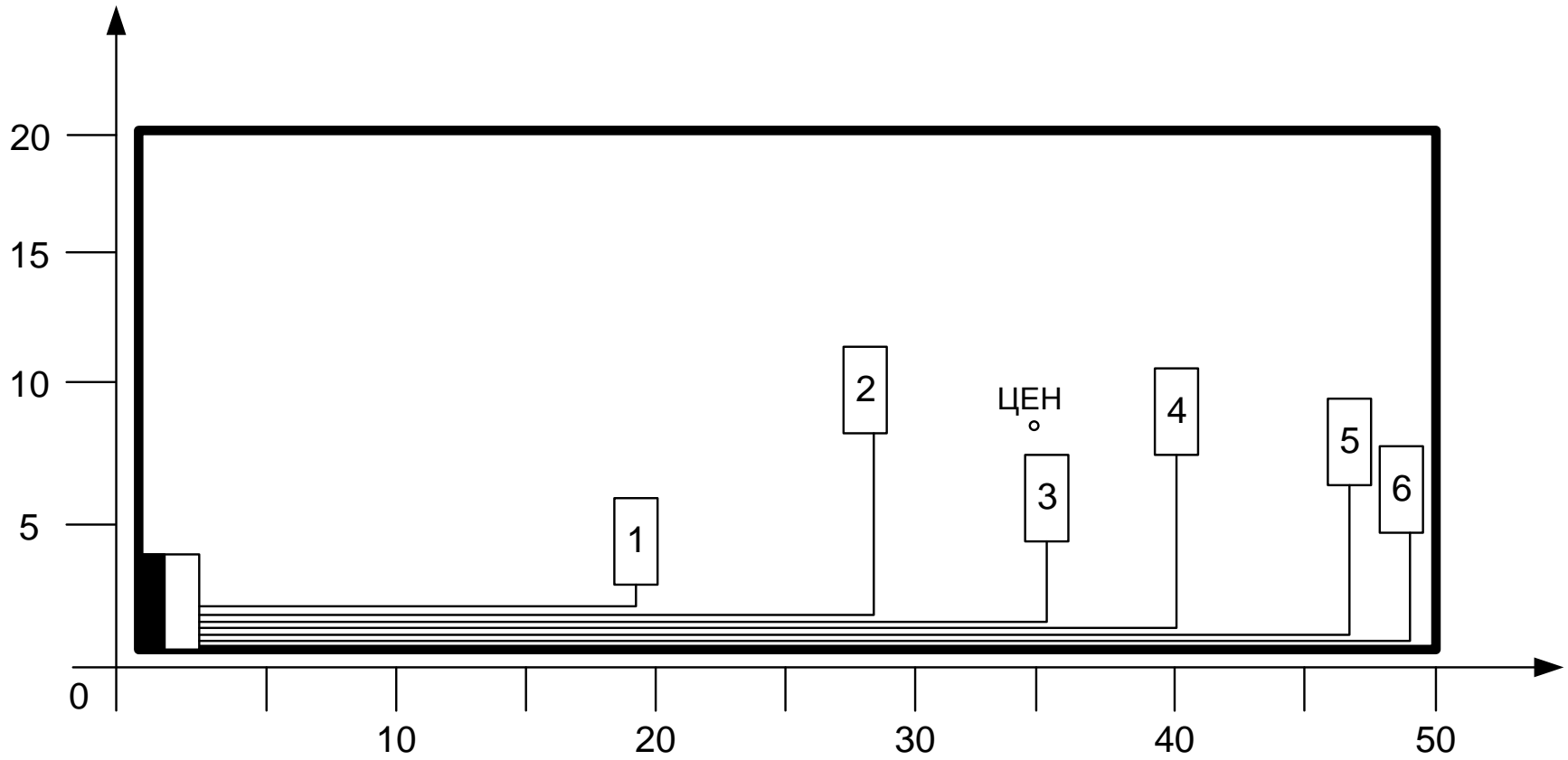


Рисунок 5 – План цеху з розташуванням ЦЕН

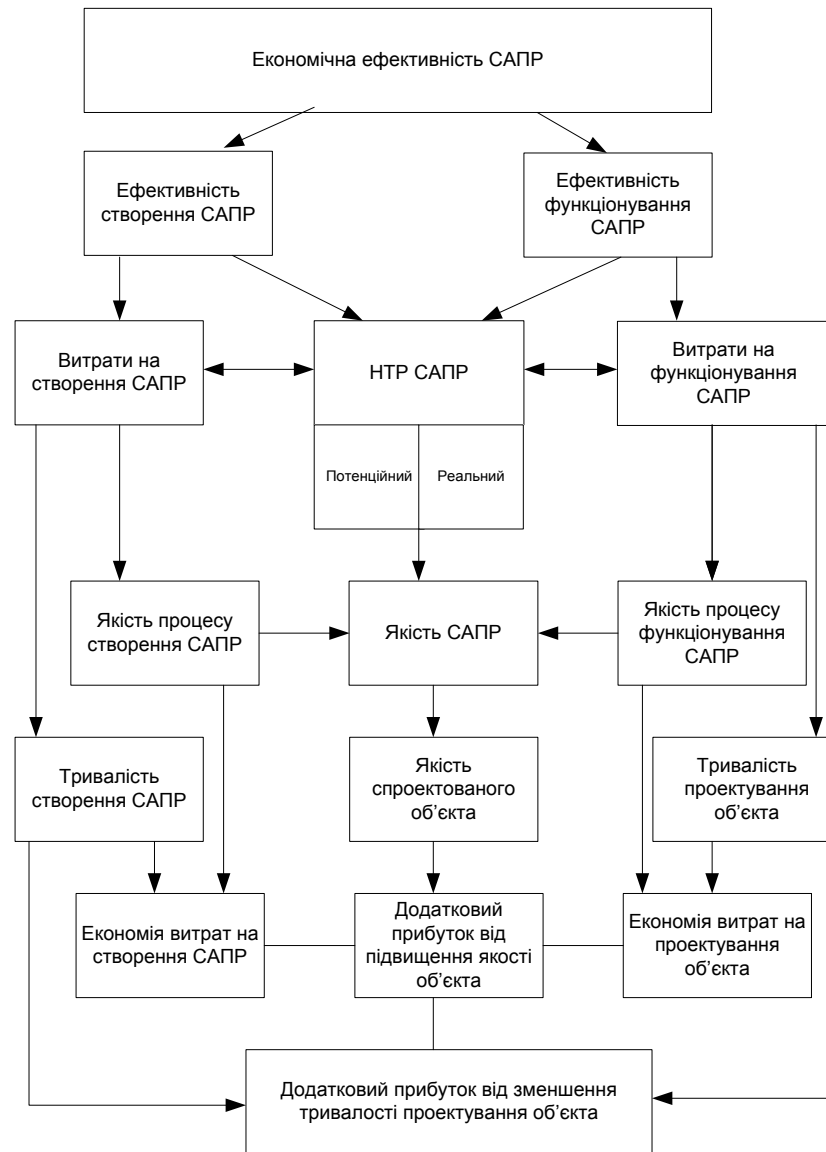


Рисунок 6 – Економічна ефективність створення і функціонування САПР

Критерії оцінки економічної ефективності САПР та фактори її визначення

| Критерії оцінки ефективності САПР | Складові економічної ефективності САПР | Фактори, що визначають економічну ефективність САПР |
|--|--|---|
| Якість проектування, в тому числі якість інженерних рішень і якість технічної документації | Економічний ефект від застосування нового виробу підвищеної якості. Економія за рахунок зниження, ліквідації браку технічної документації, зменшення витрат на її доопрацювання і дублювання. | Застосування КСАП відповідного НТР (можливості технічних і програмних засобів, достатність бази даних). Обґрунтована раціональна організація процесу техніко-економічного проектування в умовах САПР. Забезпечення необхідності і достатності документації, оперативності і точності її підготовки. |
| Терміни створення нової техніки, в тому числі терміни проектування і строки застосування нового виробу | Економічний ефект від скорочення циклу «дослідження - виробництво», збільшення терміну морального зносу нового виробу. Економія за рахунок скорочення потреби в оборотних коштах в результаті прискорення їх оборотності. Ефект пріоритетної новизни створення нового виробу, його конкурентоспроможності. | Організація використання можливостей скорочення термінів розробки при визначенні та виконанні процесу «дослідження - виробництво», зменшення обсягів «незавершеного виробництва» на всіх стадіях цього процесу Організація оптимального застосування нового виробу (підготовка споживачів, реклама) за прогноною кривою попиту |
| Витрати на проектування | Економія капітальних витрат на виконання досліджень і проектування за рахунок зниження капітальних витрат на одиницю ефекту і зменшення передвиробничих витрат. Економія поточних витрат в процесі проектування, зниження собівартості проектування. | Організація уніфікованих фахівців, що дозволяють методами математичного та імітаційного моделювання замінити дорогі натурні випробування, фізичне моделювання, спеціалізовані стенди та ін. Орієнтація в організації САПР на стратегію зниження цін на ЕОМ і програмні вироби. Організація економного витрачання всіх видів ресурсів в САПР при чіткому обліку, контролі та аналізі будь-яких операцій в умовах САПР. |
| Число розробників і характер їх праці | Економічний ефект від скорочення чисельності працівників, зайнятих на стадії дослідження і проектування. Ергономічні та соціальні складові економічного ефекту САПР. Ефект від соціально-економічних наслідків підвищення престижності інженерної праці за рахунок його автоматизації. | Організація підбору та розстановки кадрів відповідно до вимог і можливостей САПР, визначення нормативів чисельності співвідношень різних категорій працівників. Організація оплати та стимулювання праці працівників з урахуванням особливостей САПР. Організація цільової підготовки кадрів для роботи в умовах САПР, обслуговування та розвитку систем. |

Розрахунок економічної ефективності САПР СЕП

Вартість комплектуючих та програмного забезпечення одного місяця САПР

| № п/п | Назва, тип | Ціна, грн | К-ть | Сума |
|-------|--------------------------------|-----------|------|-------|
| 1 | Процесор | 4000 | 1 | 4000 |
| 2 | Материнська плата | 1500 | 1 | 1500 |
| 3 | Оперативна пам'ять | 2400 | 1 | 2400 |
| 4 | Відеокарта | 6500 | 1 | 6500 |
| 5 | Накопичувач | 1700 | 1 | 1700 |
| 6 | Корпус | 800 | 1 | 800 |
| 7 | Блок живлення | 1500 | 1 | 1500 |
| 8 | Монітор | 2000 | 1 | 2000 |
| 9 | Периферія | 500 | 1 | 500 |
| 10 | Пакет програм Microsoft office | 1200 | 1 | 1200 |
| 11 | Операційна система Windows | 1250 | 1 | 1250 |
| 12 | Пакет програм Mathcad | 350 | 1 | 350 |
| 13 | Пакет програм Autocad | 7600 | 1 | 7600 |
| | | | | 31300 |

Середня вартість проектування

| Вартість будівництва, тис.грн | до 250 | до 1 000 | до 15 000 | до 20 000 | до 30 000 | до 40 000 | більше 40 000 |
|---|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Середній відсотковий показник вартості проектування | 4% | 3,5% | 2,5% | 1,5% | 1,25% | 1,15% | 1,1% |
| Середня вартість проектування, тис.грн | 10 | 35 | 375 | 300 | 375 | 460 | 1100 |

Середня вартість проектування використовуючи САПР

| Вартість будівництва, тис.грн | до 250 | до 1 000 | до 15 000 | до 20 000 | до 30 000 | до 40 000 | більше 40 000 |
|---|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Середня вартість проектування, використовуючи системи САПР, тис.грн | 6,66 | 23,31 | 249,75 | 199,8 | 249,75 | 306,6 | 732,6 |

Економія витрат

| Вартість будівництва, тис.грн | до 250 | до 1 000 | до 15 000 | до 20 000 | до 30 000 | до 40 000 | більше 40 000 |
|-------------------------------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Економія витрат, тис. грн | 37,5 | 150 | 222,5 | 300 | 450 | 600 | 1650 |

Висновок

В магістерській кваліфікаційній роботі було проведено теоретичні та експериментальні дослідження підвищення енергоефективності системи електропостачання на основі технологій систем автоматизованого проектування.

Для досягнення поставленої мети розв'язані такі задачі:

- розглянуто основні поняття САПР, процес проектування СЕП та її автоматизацію;
- проведено аналіз математичного забезпечення САПР;
- розглянуто питання автоматизації прийняття оптимальних проектних рішень на нескінченній множині доступних рішень з допомогою САПР MathCad та EXCEL;
- досліджено варіанти розрахунку економічної ефективності САПР;
- розглянуто питання охорони праці на підприємстві.

Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні теоретичних та методичних основ використання сучасних технологій САПР для проектування енергоефективних СЕП.

Практичне значення одержаних результатів: використання сучасних технологій САПР покращить процес прийняття рішень в питаннях проектування енергоефективних СЕП, забезпечить зниження витрат в об'єкт проектування та витрат на проектування. За рахунок використання САПР СЕП зменшиться вартість спорудження СЕП, підвищиться надійність і економічність передачі електричної енергії споживачам.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на трьох науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області у 2016, 2017, 2018 роках. За результатами опубліковані тези доповідей [55], [56], [57].

Дякую за увагу!!!