

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(назва факультету)
Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка експертної системи для оптимізації споживання енергії
в електричних мережах на основі методу диференціальної еволюції

Виконав: студент спеціальності	<u>6</u> курсу, групи <u>СНм-61</u>
	<u>122 Комп'ютерні науки</u>
	(шифр і назва спеціальності)
	<u>Сумко В.В.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>доц. Гром'як Р.С.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>доц. Мацюк О.В.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>доц. Боднарчук І.О.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Осухівська Г.М.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц. Боднарчук І.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Сумку Віталію Володимировичу

1. Тема роботи Розробка експертної системи для оптимізації споживання енергії
в електричних мережах на основі методу диференціальної еволюції

Керівник роботи

Гром'як Роман Сільвестрович, к.ф.-м.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від « 28 » жовтня 2021 року № 4/7-909

2. Термін подання студентом роботи 26.05.2022

3. Вихідні дані до роботи

наукові літературні джерела

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналіз предметної області. 2 Моделювання експертної системи.

3. Практична частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Тема роботи. 2. Актуальність. 3. Мета, задачі дослідження. 4. Об'єкт, предмет дослідження наукова новизна, практичне значення роботи. 5. Поняття експертної системи.

6. Класифікація та структура експертних систем. 7. Методи для створення експертних систем.

8. Метод диференціальної еволюції. 9. Модель управління мережею. 10. Модель прийняття

рішень. 11,12. Моделі даних та знань. 13. Блок-схема алгоритму диференціальної еволюції.

14. Схема алгоритму розрахунку приведених витрат. 15. Проектування довідкової бази даних.

16. Вибір ПЗ. 17. Структура інформаційних потоків. 18. Схема взаємодії програмних модулів.

19,20. Чисельний експеримент. 21. Основні результати дослідження

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Приймак М.В., професор	01.05.22	17.05.22
Безпека в НС	Клепчик В.М.	01.05.22	19.05.22

7. Дата видачі завдання _____ 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми кваліфікаційної роботи	28.10.21	Виконано
2	Аналіз літературних джерел	29.10.21-18.12.21	Виконано
3	Обґрунтування актуальності дослідження	18.12-29.12.21	Виконано
4	Аналіз предмету дослідження та предметної області	02.01-26.01.22	Виконано
5	Проведення дослідження методів та засобів аналітичного опрацювання даних	27.01-28.02.22	Виконано
6	Оформлення розділу «Аналіз предметної області»	01.03-26.03.22	Виконано
7	Оформлення розділу «Моделювання експертної системи»	27.03-15.04.22	Виконано
8	Оформлення розділу «Практична частина»	16.04-30.04.22	Виконано
9	Оформлення розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	01.05-18.05.22	Виконано
10	Нормоконтроль	11.05-15.05.22	Виконано
11	Перевірка на плагіат	10.05.22	Виконано
12	Попередній захист роботи	17.05.22	Виконано
13	Захист кваліфікаційної роботи	27.05.22	

Студент _____
(підпис)

Сумко В.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Гром'як Р.С. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Розробка експертної системи для оптимізації споживання енергії в електричних мережах на основі методу диференціальної еволюції // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Сумко Віталій Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2022 // С. – 80, рис. – 29 , табл.– 7, слайдів – 21, додат. – 1, бібліогр. – 54.

Ключові слова: МЕТОД ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ, СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ЗАВДАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ, ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГОВИТРАТИ, МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці експертної системи для оптимізації споживання енергії електрообладнанням в електричних мережах на основі методу диференціальної еволюції. Дослідження спрямоване на підбір електрообладнання, котре дає змогу оптимізувати приведені витрати шляхом зменшення втрат електроенергії відповідно до алгоритму прийняття рішень вибору електроустаткування. Проведено аналіз джерел з розробки та впровадження експертних систем у різних галузях науки; з'ясовано, що такий тип програмного рішення найефективніший при застосуванні у вузько предметних областях; описано алгоритм методу диференціальної еволюції; здійснено порівняльний аналіз ефективності цього методу з іншими.

В результаті проведеного дослідження було розроблено методику вибору оптимального електроустаткування для мережі, на основі якої розроблено програмний додаток – експертна система для оцінки ефективності мереж електропостачання на основі методу диференціальної еволюції.

ANNOTATION

Development of an expert system for optimizing energy consumption in electrical networks based on the method of differential evolution // Master thesis // Sumko Vitaliy // Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science // Ternopil, 2022 // P. - 80, Fig. - 29, Table – 7, Slide - 21, References - 54.

Keywords: METHOD OF DIFFERENTIAL EVOLUTION, DECISION-MAKING SYSTEMS, OPTIMIZATION TASKS, LOSS OF ELECTRICITY, ENERGY CONSUMPTION, ELECTRICITY NETWORKS

Thesis deals with the development of an expert system for optimizing the energy consumption of electrical equipment in electrical networks based on the method of differential evolution. The research is aimed at the selection of electrical equipment, which allows to optimize the costs by reducing electricity losses in accordance with the algorithm for making decisions about the choice of electrical equipment. An analysis of sources for the development and implementation of expert systems in various fields of science; it was found that this type of software solution is most effective when used in narrow subject areas; the algorithm of the method of differential evolution is described; a comparative analysis of the effectiveness of this method with others.

As a result of the study, a method for selecting the optimal electrical equipment for the network was developed, based on which a software application was developed - an expert system for evaluating the efficiency of power supply networks based on the method of differential evolution.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- АВ – амортизаційні відрахування
- БД – база даних.
- БЗ – база знань.
- ВАЕ – втрати активної енергії.
- ДЕ – диференціальна еволюція.
- ЕМ – електрична мережа
- ЕС – експертна система.
- ІП – інформаційний потік.
- КЗ - коротке замикання.
- ККД – коефіцієнт корисної дії.
- МДЕ – метод диференціальної еволюції
- НП – номінальна потужність.
- ОКВ – одноразові капітальні вкладення.
- ОС – операційна система.
- ПЗ – програмне забезпечення.
- ППП – пакети прикладних програм.
- ПР – прийняття рішень.
- РП – розрахункова потужність.
- СУБД – система управління базами даних.
- ТПр – технологічний процес.
- ХХ – холостий хід.
- ІІ – штучний інтелект.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області.....	11
1.1 ЕС.....	11
1.1.1 Класифікація ЕС.....	11
1.1.2 Структура ЕС.....	12
1.1.3 Порівняльна характеристика ЕС та людини – експерта	15
1.1.4 Відмінність ЕС від звичайних програм	16
1.1.5 Процес розробки: проблеми та перспективи	17
1.2 Дані та методи для створення ЕС.....	20
1.2.1 Вхідні дані.....	20
1.2.2 Вихідні дані	21
1.2.3 Методи, які застосовуються.....	22
1.3 Висновки до першого розділу.....	22
2 Моделювання ЕС.....	24
2.1 МДЕ	24
2.2 Особливості ЕМ як системи.....	27
2.3 Модель управління мережею.....	29
2.3.1 Структура мережі.....	29
2.3.2 Критерії ефективності	30
2.3.3 Модель ПР	35
2.3.4 Моделі даних та знань	38
2.3.5 Алгоритми ПР	39
2.4 Висновки до другого розділу	42
3 Практична частина	44
3.1 Проектування довідкової БД	44
3.2 Вибір ПЗ.....	45
3.3 Структура ІІ.....	47

3.4	Проектування ЕС. Опис основних модулів та взаємодія між ними	48
3.5	Порядок роботи програми.....	55
3.5.1	Чисельний експеримент	55
3.5.2	Посібник користувача.....	57
3.6	Висновки до третього розділу	62
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	63
4.1	Відповідальність за порушення умов праці при виконанні електромонтажних робіт.....	63
4.2	Ергономічні вимоги до робочого місця користувача ПК.	68
4.3	Висновки до четвертого розділу.....	71
	Висновки	72
	Перелік джерел.....	73
	Додатки	

ВСТУП

Актуальність теми. Під час проектування системи мережі електропостачання багато часу займають пошук інформації, котра цікавить, формування звітів та аналіз. Пошук необхідної інформації супроводжується переглядом великого обсягу статей, довідників, методик розрахунку, списків електрообладнання, їх характеристик і т.д. При проектуванні мережі електропостачання такий параметр, як споживання електроенергії, є основним критерієм вибору обладнання. Від цього параметра залежить ціна на обслуговування обладнання, а відповідно - ціна на продукцію, яка випускається, що позитивно впливає на економічний аспект діяльності підприємства.

Процес проектування ЕМ потребує обробки більшої кількості інформації. Чим більше варіантів використання буде розглянуто, тим швидше потрібне рішення буде знайдено. Повний процес проектування без використання ЕОМ вимагає великої кількості часу, а також збільшує ймовірність помилки у розрахунках, що може призвести або до вибору електроустаткування недостатньої потужності, а внаслідок цього – до його поломки при експлуатації, або до вибору електрообладнання з набагато більшим обсягом споживання електроенергії, ніж це необхідно для роботи, що спричинить перевитрату коштів на оплату електроенергії.

На даний момент увага приділяється питанню скорочення часу пошуку потрібних двигунів і трансформаторів при проектуванні ЕМ та автоматизації вибору оптимального електрообладнання.

Рішенням цього питання може стати спеціально розроблена ЕС.

Мета дослідження: розробка методики експертизи та створення ЕС для оптимізації споживання енергії електрообладнанням в ЕМ з урахуванням МДЕ.

Для досягнення вказаної мети, в роботі поставлено та розв'язано **наступні задачі:**

- вивчити структуру та особливості розробки сучасних ЕС;

- провести аналіз основних параметрів електрообладнання;
- визначити критерії оптимізації мережі електропостачання та зв'язку між ними;
- розробити математичну модель ПР;
- адаптувати МДЕ для оптимізації електропостачання;
- розробити способи представлення та організація знань;
- розробити ЕС оцінки ефективності мережі електропостачання для виробничої ділянки цеху за рахунок мінімізації приведених витрат МДЕ без урахування витрат на втрати в лініях електропередач, втрати освітлення та внутрішні втрати у провідниках.

Об'єкт дослідження: процес створення ЕС для оптимізації споживання енергії електрообладнанням.

Предмет дослідження: технологія побудови ЕС для оптимізації споживання енергії електрообладнанням.

Наукова новизна роботи:

- отримав подальший розвиток МДЕ для оптимізації електропостачання;
- створено математичну модель ПР вибору електроустаткування з існуючих альтернативних паспортних характеристик на основі визначених критеріїв;
- описано алгоритм ПР, котрий містить у своєму складі завдання оптимізації та завдання ПР.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи планується використовувати у навчальному процесі для виконання курсового та дипломного проектування, а також при проектуванні ЕМ для скорочення споживання енерговитрат.

Апробація. Окремі результати роботи були представлені на ІХ науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (08-09 грудня 2021 р.) у вигляді опублікованих тез [11].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 ЕС

У середині 70-х років 20 ст. у дослідженнях зі ШІ виокремився самостійний напрямок, що отримав назву ЕС.

На основі розглянутих робіт і визначень різних дослідників, було обрано таке значення даного поняття: ЕС - це прикладні програми області ШІ, в яких БЗ є формалізованими емпіричними знаннями спеціалістів високої кваліфікації у будь-якій вузькій предметній області.

Основне призначення ЕС – замінити експертів при вирішенні професійно складних завдань через недостатню кількість фахівців, недостатню оперативність при ПР експертами або через наявність негативних факторів, які можуть впливати на роботу спеціалістів [4].

Зазвичай ЕС щодо їх застосування розглядаються у двох моментах: для вирішення конкретних завдань, де вони можуть бути використані та в будь-якій сфері діяльності.

1.1.1 Класифікація ЕС

Класифікацію ЕС проводять за чотирма ознаками [4, 7]:

- задачею, котра розв'язується;
- зв'язком з реальним часом;
- типом ЕОМ;
- ступенем інтеграції.

На рис. 1.1. наведена загальна класифікація ЕС.

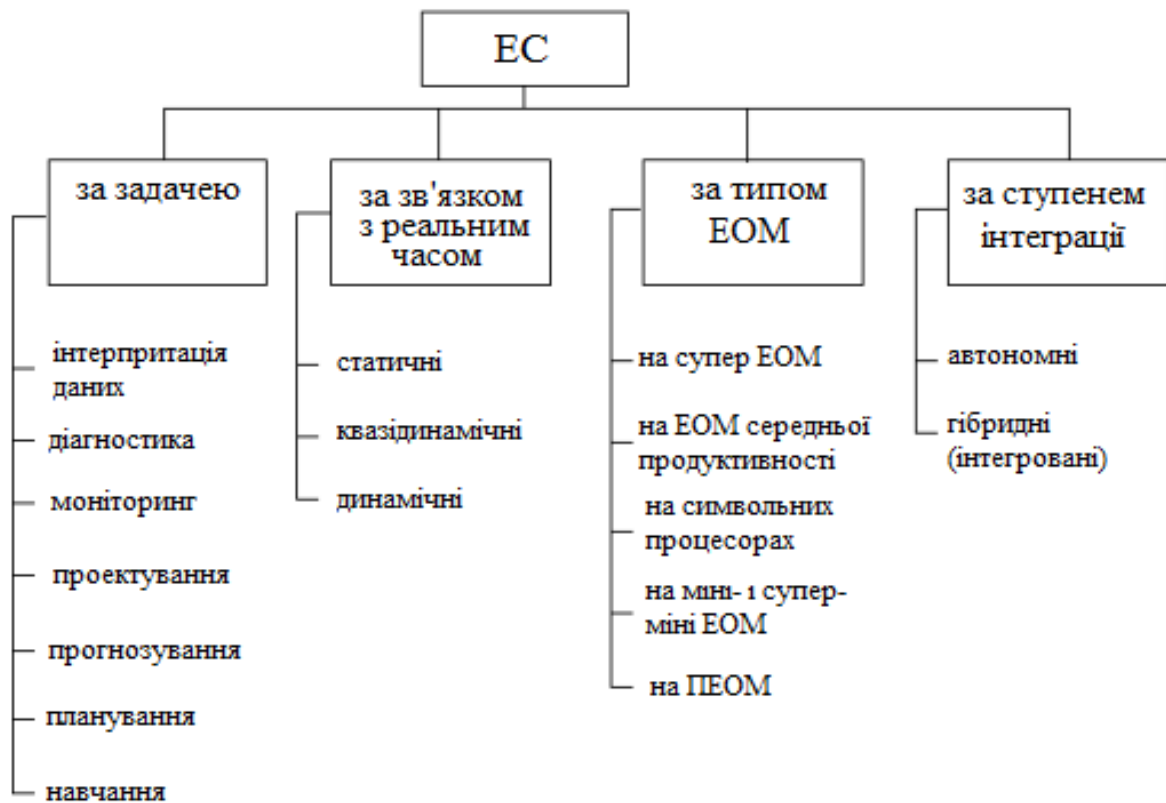


Рисунок 1.1 – Класифікація ЕС за областями застосування

1.1.2 Структура ЕС

На рис. 1.2. відображена типова структура ЕС. Треба відмітити, що фактичні ЕС можуть володіти значно складнішою будовою, однак блоки, котрі є на рисунку, наявні у будь-якій ЕС за замовчуванням [7].

Загалом роботу ЕС можна пояснити так: користувач, бажаючи одержати потрібну інформацію, завдяки інтерфейсу відсилає запит до ЕС; після цього вирішувач із застосуванням БЗ, генерує і дає користувачеві вlane необхідну рекомендацію, «розжовуючи» перебіг своїх міркувань при допомозі підсистеми пояснень.

Зважаючи на те, що термінологія в сфері створення ЕС зазнає регулярної модифікації, необхідно виокремити основні терміни в межах цієї кваліфікаційної роботи.

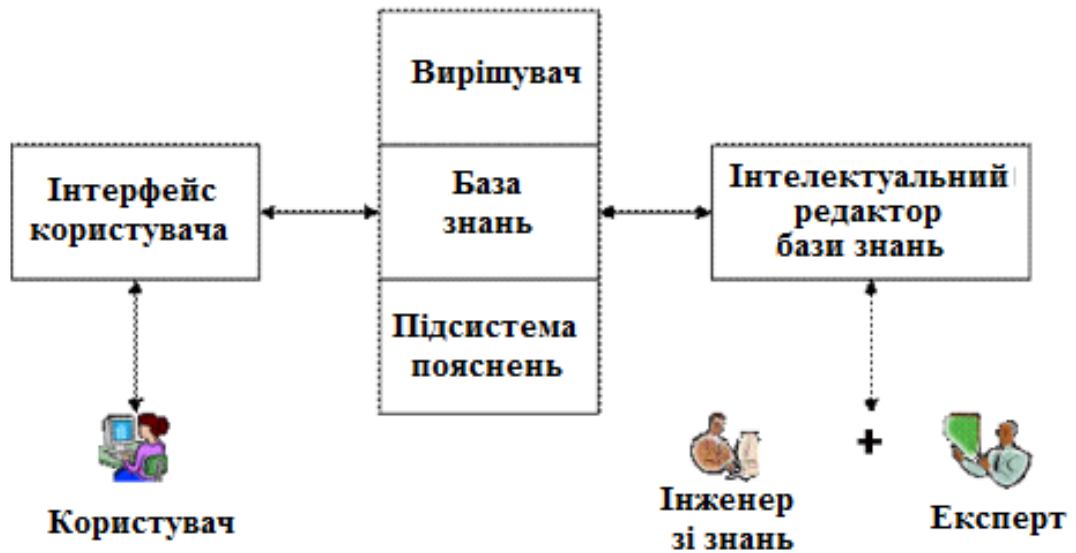


Рисунок 1.2 – Структура ЕС

Необхідно привести визначення складових частин із рис. 1.2.

Користувач – спеціаліст у визначеній предметній області, власне для якої застосована ЕС. Як правило його кваліфікація не є достатньо високою, саме тому йому необхідна допомога та підтримка від ЕС в його діяльності.

Інженер зі знань - спеціаліст у сфері ШІ, котрий є проміжною ланкою між експертом і БЗ.

Інтерфейс користувачів – набір програм, що здійснюють спілкування користувача з ЕС і на етапі вводу інформації, і при отриманні вихідних результатів.

БЗ – справжнє ядро ЕС, властиво сукупність знань чітко визначеної предметної області, котра записана на магнітний носій у формі, яка є прозорою експерту та користувачу (стандартно - мовою, близькою до природньої). Паралельно до такого «людського» представлення є БЗ у своєму особистому «машинному» представленні [3].

Вирішувач - спеціальний програмний код, котрий здатний моделювати хід умовиводів експерта на основі знань, які присутні в БЗ.

Підсистема пояснень – спеціальний програма, котра дає змогу користувачеві одержати, зрозуміти, яким чином була одержана рекомендація і

чому прийнято саме таке рішення. Відповіддю на як отримано рішення є отримання рішення з вказанням всіх кроків ланцюжка міркувань. Відповіддю на питання чому прийнято те чи інше рішення є вказівка на умовивід, котрий передуює розв'язку, який був раніше одержаний.

Інтелектуальний редактор БЗ – є програмною одиницею, що дає інженеру зі знань змогу конструювати БЗ у режимі діалогу. До його складу входять система вбудованих меню, темплейти мови представлення знань, хінтів та інших сервісних програм, котрі значно полегшують співпрацю з БЗ [8].

Система, позиційована розробниками як експертна, вважається такою тільки за наявності всіх блоків з рис. 1.2 і дає гарантії дійсного застосування комплексу опрацювання знань. Власне промислові ЕС, як правило, складніші і на додачу включають БД, інтерфейси обміну з різними електронними бібліотеками та ППП, тощо.

Знання, котрі передаються ЕС, можна поділити на три категорії [6].

До першої відносять концептуальне (на рівні понять) знання – впроваджене в словах мови людини або, точніше, в термінах і, власне, в класах та властивостях об'єктів. Також сюди включаються зв'язки, відношення та різного роду залежності між поняттями та їх властивостями.

Друга категорія – предметне знання – є комплексом відомостей щодо якісних та кількісних атрибутів визначених об'єктів. Всяке знання містить інформацію та може бути показано через дані. Вигляд зібрання даних називається БД. Для організації БД, для пошуку в них необхідної інформації необхідно застосовувати концептуальне знання.

Третю категорію представляє алгоритмічне, процедурне знання – для обчислень воно втілюється у виді алгоритмів, програм та підпрограм, котрі можуть застосовуватися без участі їх авторів. Власне таке впровадження алгоритмічного знання носить назву програмного продукту. Організація та застосування ППП ґрунтується власне на концептуальному знанні [19].

1.1.3 Порівняльна характеристика ЕС та людини – експерта

Для того, щоб виявити сильні та слабкі сторони застосування ЕС, проаналізувавши джерела, складемо порівняльну характеристику різних показників, показаних у таблиці 1. 1.

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика ЕС та людини-експерта

№з/п	Показник	Людина-експерт	ЕС
1.	Постійність	Людська компетенція слабшає з часом. Перерва у діяльності людини - експерта може серйозно позначитися на його професійних якостях	Документує процес вирішення і виконує огляд всіх транзакцій, а людина – експерт може зробити огляд тільки окремої вибірки.
2.	Легкість передачі	Передача знань від однієї людини до іншої – тривалий і дороговартісний процес	Передача штучної інформації – це процес копіювання
3.	Стійкість і відтворюваність результатів	Людина легко піддається впливу зовнішніх факторів, які безпосередньо не пов'язані із завданням, яке вирішується. Експерт- людина може приймати у тотожних ситуаціях різні рішення через емоційні фактори	Стійкі до «перешкод». Результати ЕС – стабільні. Можна зробити будь-яку кількість копій ЕС, а навчання нових експертів забирає багато часу і коштів
4.	Вартість	Залучення експертів, особливо висококваліфікованих, пов'язане із високими фінансовими витратами	Дають можливість для збільшення продуктивності і зниження витрат на персонал, але розробка може бути дороговартісною
5.	Навчання	Автоматично адаптується до зміни середовища	Потребують модифікування
6.	Можливість отримання експертних знань з багатьох джерел	Використовують знання однієї людини - експерта	Рівень експертних знань, скомбінованих шляхом об'єднання досвідів декількох експертів, може перевищувати рівень знань окремо взятого експерта-людини
7.	Пояснення	Може бути нездатним пояснити свої умовиводи	Здатна детально пояснити свої міркування, котрі призвели до визначеного виводу

Слід зазначити, що ЕС мають недоліки порівняно з людиною – експертом: відсутність здорового глузду, творчого потенціалу, сенсорного досвіду.

На додачу до широкого знання у технічних галузях, експерт володіє здоровим глуздом. Людина - експерт здатна вносити творчу складову у незвичайні ситуації, ЕС такою здатністю не володіють. Також експерт має достатньо великий сенсорний досвід; на противагу цьому ЕС зараз базуються на вводі символів [8].

1.1.4 Відмінність ЕС від звичайних програм

Симуляція способів мислення людини щодо отримання розв'язку завдань в визначеній проблемній області значно ризнить ЕС від схожих систем у сфері математичної симуляції. Програма не в змозі абсолютно відтворити визначену психологічну модель спеціаліста власне в цій області (експерта), проте важливо, що основна увага приділена відтворенню при комп'ютерній методології вирішення проблем, котра застосовується експертом, фактично реалізація деякої частини завдань аналогічно до роботи експерта (чи навіть краще) [11].

ЕС, окрім власне проведення обчислень, будує визначені міркування і висновки, спираючись на тих знаннях, котрими вона володіє. Знання є представленими на деякій спеціальній мові та є збереженими порізно від самого коду, котрий і формує умовиводи і міркування. Такий елемент програми називається БЗ. Для вирішення задач здебільшого користуються евристичними та наближеними методами, котрі (на відміну від алгоритмічних) не гарантують отримання успішного результату завжди. Такі методи не вимагають повної вихідної інформації, а також існує ймовірність впевненості (чи невпевненості) власне в тому, що пропонований розв'язок є правильним. Ще одна відмінність ЕС від звичайних систем в тому, що вони володіють знаннями у визначній предметній області, котрі є результатом власне практичної діяльності людини, і використовують їх для розв'язування завдань, які їй притаманні. Також ЕС відмінні і від інших типів програм ШІ [11].

ЕС працюють з реальними об'єктами, виконання операцій з якими потребує володіння досвідом, котрий накопичений самою людиною. Безліч програм зі сфери ШІ є дослідними, основна увага в яких спрямована на абстрактні математичні проблеми. Основна мета роботи такої програми – це відпрацювання визначеної методики. ЕС мають чітку практичне направлення у визначеній науковій або комерційній сфері.

Продуктивність – це один з визначальних атрибутів ЕС. Це швидкість одержання достовірного і надійного результату. Програми ШІ - це засіб дослідження, а не чистий програмний продукт, тому вони можуть бути не надто швидкими, а також не виключені відмови, які можуть в них виникають. ЕС має упродовж прийнятеного часу зуміти знайти таке рішення, котре б було як мінімум не гіршим за те, що може представити фахівець в цій предметній області. Властиво ЕС має володіти хистом пояснити, власне чому пропонується тільки таке рішення, та вміти обґрунтувати його. Розробка ЕС планується для взаємодії з користувачами, власне для яких вона властиво має бути зрозумілою (за можливості).

Створення ЕС володіє суттєвими відмінностями у порівнянні із розробкою звичайного програмного засобу. Застосування методологій розробки, прийнятих в стандартному програмуванні, неефективні для ЕС, так як затягують процес її створення, або дадуть негативний результат.

Неформалізованості завдань, котрі вирішуються ЕС, відсутність фіналізованої теорії та методології їх розробки – все це говорить про необхідність зміни принципів і способів створення ЕС по мірі того, як назбируються знання розробників щодо проблемної області [11].

1.1.5 Процес розробки: проблеми та перспективи

На основі аналізу робіт [6, 7, 29, 30] було виявлено, що ЕС поєднують в собі такі передові методи ШІ, як методи представлення знань у

формалізованому вигляді; методи логічного виводу; наукові методи евристичного пошуку; розпізнавання речень на природній мові та ін.

Зараз виокремилася визначена технологія створення ЕС, котра включає шість етапів. Докладний їх опис наведено в таблиці 1. 2.

Таблиця 1. 2 – Етапи розробки ЕС

№ з/п	Етап	Опис
1.	Постановка задачі	Визначає проблемну область задачі; відбувається пошук задіяних в роботі осіб (експерт, розробник, інженер зі знань); вибирається підхід до вирішення проблеми і аналізуються економічні показники; складається план
2.	Розробка прототипу і його доопрацювання	Доведення тестового прототипу до промислової системи. Також варто врахувати, що створення прототипу відбувається покроково і буде описано нижче
3.	Оцінка	Оцінку виконують з точки зору користувачів, розробників і запрошених спеціалістів, перш за все враховуючи точність і корисність системи
4.	Стикування	Відповідає за взаємозв'язок між ЕС з існуючими БД та іншими системами підприємства. Процес стикування передбачає покращення системних показників, які залежать від часу, для забезпечення ефективної роботи. Також етап передбачає навчання користувачів системи для подальшої експлуатації і обслуговування
5.	Підтримка	Етап доцільний при подальшому розвитку і удосконаленні системи

Основне при побудові прототипу – він має забезпечити достовірність перевірки адекватності ідей, різних методів та способів представлення знань розв'язуваних задач.

Формування початкового прототипу повинно підтвердити, що визначені методи розв'язання та обрані способи подання знань властиво є придатними для успішного розв'язку завдання з предметної області, котра є актуальною, на додачу показати нахил до одержання ефективних рішень для абсолютно усіх проблем предметної області по ходу зростання обсягу знань [9].

На рис. 1.3 показані моделі створення прототипу і зв'язки між ними.

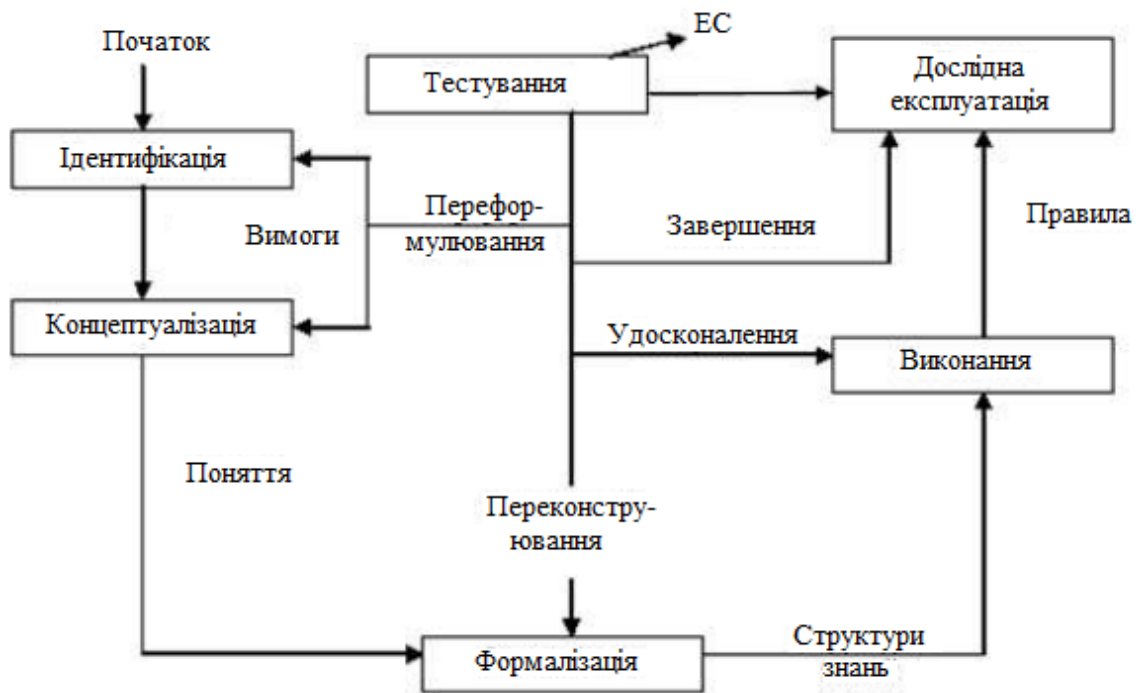


Рисунок 1. 3 - Етапи розробки прототипу ЕС

Вони включають ідентифікацію проблеми, добування і структурування знань, формалізацію, реалізацію і тестування. У таблиці 1.3 описані технічні проблеми, котрі вирішуються на кожному з етапів побудови прототипу ЕС.

Таблиця 1.3 – Етапи створення прототипу ЕС

№ з/п	Назва етапу	Зміст
1.	Ідентифікація проблем	Визначаються цілі, задачі, розробки, експерти і типи користувачів
2.	Видобуток знань	Проводиться змістовний аналіз проблемної області, виявляються поняття та їх взаємозв'язки, визначаються методи вирішення задач
3.	Структурування знань	Визначаються способи представлення всіх видів знань, способи їх інтерпретації, моделюється робота системи, оцінюється адекватність цілям системи зафіксованих понять, методів рішень, засобів представлення і маніпулювання знаннями
4.	Формалізація	Здійснюється наповнення експертом БЗ. Оскільки основою ЕС є знання, цей етап є найбільш важливим і трудомістким етапом розробки
5.	Реалізація	Створюється один чи декілька типів системи, що вирішує поставлені завдання
6.	Тестування	Здійснюється оцінка вибраного способу представлення знань в ЕС в цілому

Перед тим як почати створювати ЕС, інженер зі знань має виконати оцінку того, чи є потреба у розробці ЕС для визначеного додатку, ґрунтуючись на таких вимогах [8, 9]:

- існують експерти в цій галузі, які вирішують завдання значно краще, ніж фахівці - початківці;
- експерти сходяться в оцінці пропонованого рішення, інакше не можна буде оцінити якість розробленої ЕС;
- експерти здатні вербалізувати (висловити природною мовою) і пояснити використовувані ними методи, в іншому випадку важко розраховувати на те, що знання експертів будуть передані ЕС;
- рішення завдання вимагає тільки міркувань, а не дій;
- завдання не повинно бути занадто важким (тобто його рішення має забирати у експерта декілька годин або днів, але не тижнів);
- повинні бути виділені основні поняття, відносини та відомі способи отримання рішення завдання.

Корисним вживання ЕС може бути в одному з таких випадків: розв'язок проблеми дасть потужний результат, як варіант, фінансовий; застосування експерта є неможливим або через їх мале число, або тому, що треба робити експертну оцінку водночас в кількох місцях. Доцільним застосовувати ЕС є тоді, коли при надсиланні інформації експерту можливі витрати часу або інформації, котрі є неприпустимими, а також і за потреби розв'язувати проблему у середовищі, яке є ворожим для людини.

1.2 Дані та методи для створення ЕС

1.2.1 Вхідні дані

Початковими даними є довідники з основними електричними показниками, структурна схема ЕМ та методичний матеріал для розрахунків.

У цій ЕС вихідні дані поділяються на 3 групи.

Перша група - це дані, що вводяться користувачем, для оцінки ефективності мережі електропостачання. До цієї групи входять параметри: НП трансформатора, НП двигуна, коефіцієнт потужності двигуна; ККД двигуна.

Друга група – це дані, що описані у вихідному кодї програми. Ця група містить: нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ОКВ, кількість трансформаторів, кількість двигунів, вартість трансформаторів, вартість обладнання (двигунів).

Третя група - це дані, що містяться в таблиці БД, які описують паспортні характеристики або дані з інших нормативних документів (формуляри, сертифікати, інструкції, технічний опис та ін). До складу цієї групи входять: коефіцієнт РП, АВ, ККД трансформатора, ККД двигуна, активні втрати ХХ трансформатора, активні втрати КЗ, коефіцієнт завантаження.

1.2.2 Вихідні дані

Ці параметри ЕС можна розділити на проміжні та основні. До проміжних параметрів відносяться змінні, котрі містять проміжні розрахунки, що будуть застосовані для вибору трансформаторів та обчислення основних параметрів. До цієї групи входять: ВАЕ в двигунах, ВАЕ в трансформаторах, бета-коефіцієнт, повна РП, повна РП активна, повна РП реактивна, щорічні поточні витрати, сума АВ та вартості втрат електроенергії, ефективна кількість електроприймачів, середня реактивна потужність.

Основні параметри – це дані, що виводяться програмою на екран комп'ютера. Вони служать для короткого опису ЕМ та характеристик, на основі яких і була визначена її ефективність. Група основних параметрів складається з: списку типу трансформаторів, списку типу двигунів, НП двигунів, ККД двигунів, НП трансформаторів.

1.2.3 Методи, які застосовуються

Їх можна представити так:

- розрахункові методи мережі;
- методи управління;
- методи теорії ПР.

До розрахункових методів мережі відносяться технологія ПР, яка використовується при виборі відповідних моделей електроустановок. Також до цієї групи входять методика розрахунку розімкнених мереж, методи розрахунку струмів та напруги в ЕМ, метод середніх навантажень для розрахунку навантажень.

Для управління використовується МДЕ, котрий відноситься до класу стохастичних методів оптимізації, а також будується на основі генетичних алгоритмів з невеликими модифікаціями.

Для побудови математичної моделі експертизи мережі (ефективності мережі) використовуються методи теорії вибору та ПР.

1.3 Висновки до першого розділу

Провівши аналіз джерел з розробки та впровадження ЕС у різних галузях науки, з'ясувалося, що даний тип програмного рішення найбільш ефективний при використанні у вузьких предметних областях. У тому випадку, коли робота експерта займає досить багато часу або коли наявність необхідної кількості експертів з яких-небудь причин неможливо.

Виявлено, що для будь-якої ЕС характерно: обмеження застосування визначеною галуззю експертизи; здатність пояснити набір умовиводів зрозумілим чином; здатність ПР та видавати коментарі та поради при сумнівних вихідних даних; наявність можливості поступового нарощування системи; використання набору формалізованих правил; здатність самонавчати; одержання поради не у вигляді таблиці з цифр, а чітка порада – відповідь системи.

Варто враховувати той факт, що для до розробки такої предметної ЕС треба залучати особливих спеціалістів, котрі мають сукупність знань і виступають як посередники між власне експертами в предметній сфері та визначеними комп'ютерними системами.

Також в цьому розділі наведено приклади застосування ЕС у таких сферах як формування прогнозу, діагностування, проектування, моніторинг та ін. Виділено дані, котрі є вхідними та вихідними для ЕС.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ЕС

2.1 МДЕ

Алгоритм МДЕ вперше було запропоновано у 1995 Рейнером Сторном і Кеннетом Прайсом [31]. Цей метод є прямим, тобто потрібно обрахувати саму цільову функцію, а не її похідні [32].

У загальному вигляді алгоритм МДЕ може бути описаний в такий спосіб [37].

Нехай критерій оптимальності f набуває форми

$$f(X) \rightarrow \min X \quad (2.1)$$

за допомогою оптимізації значень параметрів

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R_n. \quad (2.2)$$

Зазвичай параметри цільової функції обмежені своїми граничними значеннями L і H :

$$l_j \leq x_j \leq h_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.3)$$

Як і всі еволюційні алгоритми оптимізації, МДЕ працює з популяцією рішень [34, 35]. Популяція P покоління G містить NP векторів рішень, так званих індивідуумів популяції. Кожен такий вектор є потенційним розв'язком проблеми оптимізації:

$$P^{(G)} = X_i^{(G)}, \quad i = 1, \dots, NP, \quad G = 1, \dots, G_{max}. \quad (2.4)$$

Кожен із NP індивідуумів популяції P містить n параметрів (хромосом індивідуума):

$$P^{(G)} = X_i^{(G)} = x_{i,j}^{(G)}, \quad i = 1, \dots, NP, \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.5)$$

Для ініціалізації популяції використовується спосіб випадкового розкиду при заданих граничних значеннях:

$$p^{(0)} = x_{i,j}^{(0)} = rand_{i,j} \cdot (k_j - l_j) + l_j, \quad i = 1, \dots, NP, j = 1, \dots, n \quad (2.6)$$

де $rand$ – це функція, що генерує значення випадково, котрі рівномірно розподілені на інтервалі $[0, 1]$.

Схема репродукування популяції в МДЕ відрізняється від інших алгоритмів [33-35]. Починаючи з першого покоління $P^{(1)}$, наступне покоління популяції $P^{(G+1)}$ відтворюють себе на підставі попередніх $P^{(G)}$, але спочатку формується проміжне покоління $P^{(G+1)} = U_i^{(G+1)} = u_{i,j}^{(G+1)}$,

$$u_{i,j}^{(G+1)} = \begin{cases} X_{C_{i,j}}^{(G)} + F \cdot (X_{A_{i,j}}^{(G)} - X_{B_{i,j}}^{(G)}), & \text{якщо } (rand_{i,j} \leq Cr) \vee (j = D_i), \\ X_{i,j}^{(G)}, & \text{інакше} \end{cases} \quad (2.7)$$

де $A, B, C = rand [1, NP]$, $A_i \neq B_i \neq C_i \neq i$; $D = rand [1, n]$, $i = 1, \dots, NP$, $j = 1, \dots, n$; $Cr \in [0, 1] \subset R$; $F \in [0, 2] \in R$.

C – три випадково обраних відмінних один від одного індексу, тобто три випадково обраних індивідуумів популяції. Вони також відмінні від індексу поточного індивіда, що підлягає змінам. D – вказує на випадково обрану хромосому у кожного індивідуума i , таким чином, запевняє, що індивідуум

наступного покоління відрізнятиметься хоча б на одну хромосому від індивіда попереднього покоління. Cr і F - керуючі параметри, обидва значення залишаються незмінними в процесі пошуку, так само і NP – розмір популяції. F – параметр, керуючий посиленням диференціальних варіацій. Cr - параметр, що управляє ймовірністю вибору мутованого значення. Обидва параметри впливають на швидкість збіжності та робастність процес пошуку. Їх оптимальні значення залежать від цільової функції, обмежень та обсягу популяції. У більшості випадків ці параметри знаходяться методом проб та помилок.

У класичній схемі вибору ДЕ популяція наступного покоління вибирається так

$$X_i^{(G+1)} = \begin{cases} U_i^{(G+1)}, & \text{якщо } f(U_i^{(G+1)}) \leq f(X_i^{(G)}), \\ X_i^{(G)}, & \text{інакше} \end{cases} \quad (2.8)$$

Таким чином, кожен індивідуум тимчасової популяції порівнюється зі своїм двійником із поточної популяції. І той, хто більше відповідає умовам оптимальності, переходить у наступне покоління. Зазначимо, що індивідууми наступного покоління або залишаються такими ж добрими, або стають кращими порівняно з їх дублікатами в попередньому поколінні [43].

Також у схемі вибору ДЕ проміжний (пробний) індивідуум не порівнюється з усіма індивідуумами поточної популяції, а лише протиставляється своєму дублікату [19].

З матеріалів [1, 5, 15, 17, 19, 26, 27] можна дійти висновку, що використання МДЕ не широко застосовується в різних областях, але дає позитивні результати. У роботах [1, 17] зазначається, що МДЕ є більш ефективним, на відміну від класичних методів оптимізації. В [19] порівняні характеристики властиво різних методів оптимізації, де підкреслюється, що МДЕ - це один з перспективних евристичних методів оптимізації серед еволюційних алгоритмів, також не поступається за швидкістю методам імітації і

перевершує за точністю генетичні алгоритми, незважаючи на свою практичність у використанні та нескладну реалізацію.

Незважаючи на високу ефективність методу, у статтях [15, 26] автори відзначають залежність, як і у всіх еволюційних алгоритмах, від своїх параметрів: іноді навіть невелика зміна будь-якого параметра може привести до покращення результату. Якщо популяція мала і час обчислення фіксований, вона встигне створити велику кількість поколінь, але вірогідність сходження до локального екстремуму підвищується. Занадто великий розмір популяції може призвести до того, що кількість поколінь стане недостатньою для знаходження глобального екстремуму [39, 40]. Питання про теоретично оптимальний розмір популяції в алгоритмах з мутацією залишається відкритим. Збільшуючи силу мутації F , ми збільшуємо стохастичну складову алгоритму. Локальна структура цільової функції при цьому практично не використовується. Швидкість збіжності при цьому сильно зменшується. При невеликій силі мутації алгоритм наближається до градієнтних методів, оскільки за рахунок підналаштування хмари точок до структури функції він фактично будує наближення градієнта [17].

2.2 Особливості ЕМ як системи

Розробку проекту електропостачання організації починають із вивчення ТПр та його особливостей. На першій стадії аналізують взаємозв'язок взятих окремо ТПр і агрегатів, можливі наслідки перерв в електропостачанні всієї організації підприємства, а також окремих агрегатів або цехів. Розраховують очікувані електричні навантаження цехів та окремих великих технологічних агрегатів, а також очікуване розрахункове навантаження підприємства в цілому [10, 14].

Електроенергія на шляху від джерела до електроприймача на сучасних підприємствах перетворюється один або кілька разів, а струми її по ходу

наближення до реальних споживачів, поділяються на менш дрібні та розгалужуються.

Перетворення електроенергії за напругою здійснюють на трансформаторних підстанціях, котрі (у відповідності із місцем їх знаходження у схемі електропостачання) носять назву головних понижаючих підстанцій (ПП) та цехових трансформаторних підстанцій (ТП).

Прийнятий спосіб передачі електроенергії в основному визначає схему реального електропостачання підприємства. На обрання схеми мають вплив взаємне розміщення споживачів, усталені вимоги щодо безперебійності живлення, кількість, потужність і напруга джерел живлення, прийнята напруга мереж, величини струмів КЗ, визначені умови генерального плану підприємства, конструктивні особливості та техніко – економічні характеристики електроустаткування. Напруга мережі, число, потужність і розміщення розподільчих і ТП вибирають на основі [21].

Аналіз ЕМ як системи, перш за все, повинен виявити основні параметри, що визначають ефективність мережі електропостачання. До них відносять:

а) ККД – η – показник ефективності системи (пристрою, машини) щодо перетворення чи передачі енергії, котрий обчислюється за формулою

$$\eta = \frac{P_{кор}}{P_{пов}} \%, \quad (2.9)$$

де $P_{кор}$ – корисна потужність; $P_{пов}$ - повна потужність (сумарна);

б) коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ – показник системи (пристрою, машини), що характеризує наявність реактивної складової в навантаженні та визначається за формулою

$$\cos \varphi = \frac{P_{кор}}{S_{пов}} \%, \quad (2.10)$$

де $S_{пов}$ - повна реактивна потужність;

- в) ВАЕ, що виникають у двигунах і трансформаторах;
- г) техніко – економічні розрахунки;
- д) обмеження, що накладаються на електроустаткування.

Виходячи з того, що в роботі використовується схема з вхідним номіналом напругою 380/220 В і магістральною топологією, то будуть використовуватися відповідні величини та методи розрахунку навантажень мережі.

2.3 Модель управління мережею

2.3.1 Структура мережі

На рис. 2.1 показана узагальнена схема ЕМ, що є типовою для ділянки цеху, наприклад, складального або ковальського.

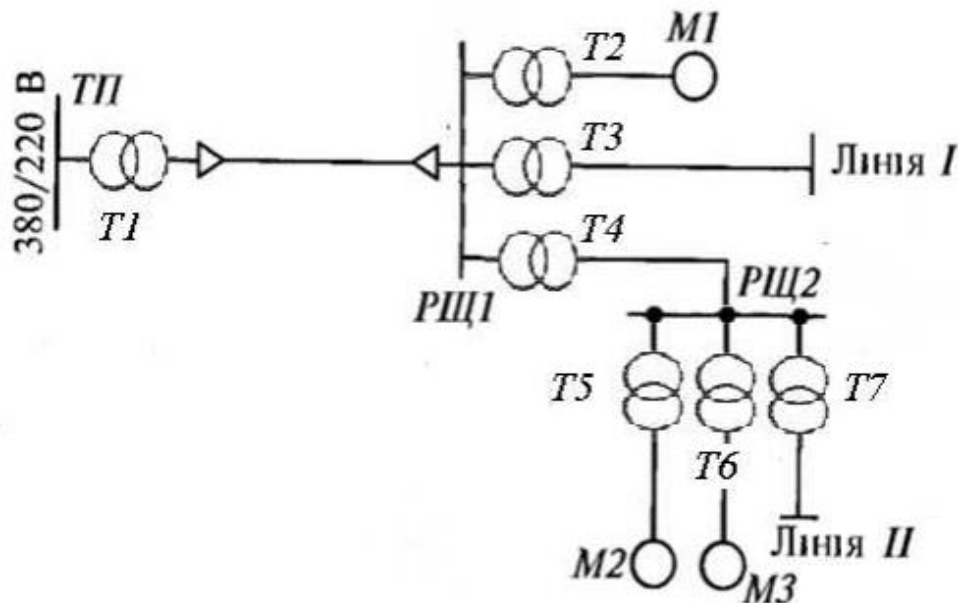


Рисунок 2.1 – Схема ЕМ

Від ЦТП з номінальною нижчою напругою 380/220 В прокладають ЕМ. Електродвигуни М1, М2, М3 – короткозамкнені, асинхронні (таблиця 2.1),

освітлювальне навантаження – симетричне. Навантаження P р освітлювальної лінії I - 20кВт, лінії II - 30кВт.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики асинхронних короткозамкнених електродвигунів, що розглядаються в прикладі

Показник	Електродвигун		
	M1	M2	M3
Потужність P_n , кВт	7	14	10
ККД η	0,82	0,85	0,87
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0,9	0,88	0,92
Коефіцієнт реактивної потужності $\operatorname{tg} \varphi$	0,48	0,53	0,43

Потрібно підібрати електрообладнання (трансформатори і двигуни) для оптимізації електропостачання в мережі за рахунок мінімізації витрат на електропостачання шляхом ДЕ.

Перш ніж адаптувати МДЕ, необхідно виявити взаємозв'язки між елементами мережі.

2.3.2 Критерії ефективності

Критерієм економічності цього варіанта схеми електропостачання є приведені витрати.

Якщо зобразити залежності параметрів як граф, то отримаємо граф, представлений на рис. 2.2.

У графі є змінні трьох видів:

а) вхідні параметри – всі змінні, які не мають розгалужень.

Вхідні змінні включають зовнішні і внутрішні;

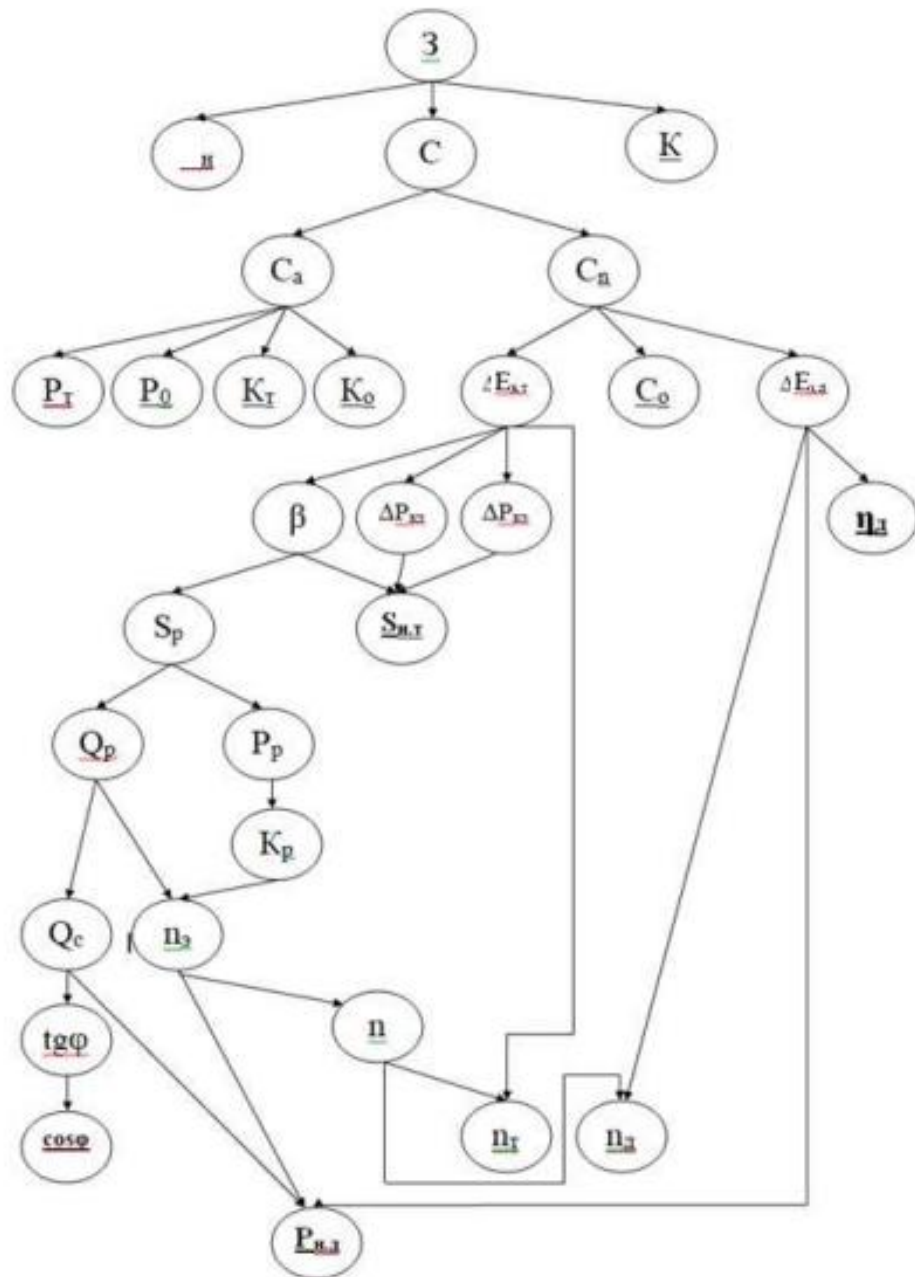


Рисунок 2.2 – Граф залежності змінних

б) зовнішні параметри – ті дані, які можна змінити, чи вибрати (на графі виділені потовщенням та підкреслені). Це ті параметри, що потрібно оптимізувати. Вони є вхідними параметрами для цільової функції;

в) внутрішні параметри – ті, що не змінюються (на графі підкреслені). Їх значення беруться з існуючих таблиць у довідниках на основі обраних трансформатора, двигуна або інших проміжних розрахункових показників (const).

Лінії показують взаємозв'язок між змінними, а стрілки – в якій послідовності обчислюються параметри.

Для керування використовується МДЕ. Економічна ефективність мережі визначається приведеними витратами, котрі розраховують за формулою (грн):

$$Z = E_H * K + C \quad (2.11)$$

де E_H – нормативний коефіцієнт ефективності – const (значення від 0,1 до 0,33 залежно від галузі); K – ОКВ – const; C – щорічні поточні витрати.

У свою чергу щорічні поточні витрати є сумою АВ C_a й вартості втрат електроенергії C_n (грн):

$$C = C_a + C_n. \quad (2.12)$$

АВ розраховується за формулою (грн):

$$C_a = P_T * \frac{K_T}{100} + P_o * \frac{K_o}{100}, \quad (2.13)$$

де P_T, P_o - АВ в % - const; K_T, K_o – вартості трансформатора та двигуна – const (значення залежать від обраного трансформатора та двигуна).

Як цільова функція взято вартості втрат електроенергії C_n (грн):

$$C_n = C_o * (\Delta E_{a.t.} + \Delta E_{a.d.}), \quad (2.14)$$

де C_o – вартість 1кВт * год електроенергії – const; $\Delta E_{a.d.}$ – ВАЕ в двигунах - змінна проміжних обчислень; $\Delta E_{a.t.}$ – ВАЕ в трансформаторах - змінна проміжних обчислень.

ВАЕ у двигунах $\Delta E_{a.d.}$ (кВт*год):

$$\Delta E_{a.d.} = \sum_{k=1}^{n_d} \left(\frac{1 - \eta_d}{100} * P_{нд} \right), \quad (2.15)$$

де η_d - ККД двигуна - const; $P_{нд}$ – НП двигунів - зовнішня оптимізована змінна;
 n_d - кількість двигунів-const.

ВАЕ у трансформаторах ΔE а.т. :

$$\Delta E_{a.t.} = 8760 * n_t * \Delta P_{xx} + \frac{1}{n_t} * \Delta P_{кз} * \beta^2 * T_m, \quad (2.16)$$

де ΔP_{xx} – сума втрат ХХ у трансформаторах – const; $\Delta P_{кз}$ – сума втрат КЗ – const;
 n_t - кількість трансформаторів-const; 8760 – кількість годин на рік – const; T_m –
 години використання навантаження по максимуму – const (10 % від робочого
 часу на рік); β -коефіцієнт – змінна проміжних обчислень.

Коефіцієнт β розраховується за формулою

$$\beta = \frac{S_p}{S_{нт}}, \quad (2.17)$$

де S_p - повна РП трансформатора - змінна проміжних обчислень; $S_{нт}$ – НП
 трансформатора – зовнішня оптимізована змінна.

Сума втрат ХХ в трансформаторах ΔP_{xx} та сума втрат КЗ $\Delta P_{кз}$ – паспортні
 характеристики, які залежить від вибору трансформатора. Вибір
 трансформатора здійснюється на основі умови:

$$S_{нт} \geq \frac{\sum P_{нд}}{n_t * K_3}, \quad (2.18)$$

де $S_{нт}$ – РП трансформатора - зовнішня оптимізована змінна; $\sum P_{нд}$ – середні активні потужності – const; $Kз$ - коефіцієнт завантаження трансформатора - const (значення від 0,7 до 1,4 залежно від галузі промисловості).

Повна РП трансформатора в кВт:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.19)$$

де P_p - повна РП активна - змінна проміжних обчислень; Q_p – повна РП реактивна – змінна проміжних обчислень.

РП активна P_p всієї групи електроприймачів знаходиться за формулою:

$$P_p = K_p * P_{нд}, \quad (2.20)$$

де K_p - коефіцієнт РП - змінна проміжних обчислень (табличне значення, що отримується на перетині $K_i = 1$ і n_e ефективного числа електроприймачів); $P_{нд}$ - середня активна потужність (формула вище).

Визначаємо ефективне число електроприймачів n_e шт за формулою:

$$n_e = \frac{(\sum P_{нд})^2}{\sum n * P_n}, \quad (2.21)$$

де $P_{нд}$ - НП елементів; n - загальна кількість елементів у мережі – змінна проміжних обчислень.

РП реактивна Q_p знаходиться за формулою:

$$Q_p = 1,1 Q_c, \quad (2.22)$$

де якщо $n_e > 10$, то $Q_p = \sum Q_c$; інакше $Q_p = 1,1 Q_c$; Q_c – середня реактивна потужність – змінна проміжних обчислень.

При обчисленні значення середньої реактивної потужності Q_c покладемо величину K_i рівну одиниці, тому що в даний час використовують значення ККД, а для визначення коефіцієнта РП коефіцієнт використання необхідний, то не використовувати його невиправдано:

$$Q_c = K_i \cdot Q_n = K_i \cdot \sum P_{нд} \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.23)$$

де K_i - коефіцієнт використання; $P_{нд}$ – сума НП; $\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності – зовнішня оптимізована змінна.

K_i дорівнює 1, сума НП є середньою активною потужністю, а $\operatorname{tg} \varphi$ виражається через коефіцієнт потужності.

2.3.3 Модель ПР

Фактично для майже усіх випадків підтримка ПР – це генерація можливих альтернатив рішень, подальша їх оцінка та правильний вибір кращої альтернативи. При виборі необхідно брати до уваги значне число вимог, котрі суперечать властиво одна одній, та, як наслідок, проводити оцінку варіантів рішень за багатьма критеріям. Характерною особливістю завдань, що вирішуються сьогодні, є їх багатокритеріальність, тому особи, які приймають рішення, повинні здійснити оцінку множини сил, впливів, інтересів і наслідків, котрі є атрибутами варіантів рішень [12, 13].

Модель ПР включає завдання оптимізації втрат електроенергії та завдання вибору електроустаткування. Завдання оптимізації втрат електроенергії формулюється так: знайти набір значень основних параметрів двигунів та трансформаторів, котрі дадуть мінімальні втрати електроенергії

$$C_n = C_n(\vec{\eta}_d, \vec{P}_{нд}, \vec{S}_{нт}, \overrightarrow{\cos\varphi}_d, C_0, n_d, n_t) \quad (2.24)$$

на допустимій множині Z , заданій обмеженнями

$$Z = \left\{ S_{HT5} \geq \frac{P_{нд2}}{\cos\varphi_2}; S_{HT6} \geq \frac{P_{нд3}}{\cos\varphi_3}; S_{HT7} \geq \frac{P_{наг2}}{\eta_{наг2} * \cos\varphi_2}; S_{HT4} \geq (S_{HT5} + S_{HT6} + S_{HT7}); S_{HT3} \geq \frac{P_{наг1}}{\eta_{наг1} * \cos\varphi_1}; S_{HT2} \geq \frac{P_{нд1}}{\cos\varphi_1}; S_{HT1} \geq (S_{HT2} + S_{HT3} + S_{HT4}); \cos\varphi_j = 0,8; P_{ндj} \geq \frac{P_{yj}}{\eta_{dj}}; \eta_{dj} \in [0,8, 1] \right\},$$

де $\vec{\eta}_d, \vec{P}_{нд}, \vec{S}_{HT}, \overline{\cos\varphi_d}$ – вектори зовнішніх параметрів (змінні); C_0, n_d, n_T – внутрішні параметри (постійні); S_{HT_i} – НП трансформаторів T_i відповідно ($i=1,2,\dots, 7$); $P_{нд2}$ – НП двигуна M2; $P_{нд1}$ – НП двигуна M1; $P_{наг2}$ – потужність навантаження на Лінії 2; $P_{наг1}$ – потужність навантаження Лінії 1; $\eta_{dj}, j=1,2,3$ – ККД двигунів M1, M2, M3; $\eta_{наг1}$ – ККД навантаження на Лінії 1; $\eta_{наг2}$ – ККД навантаження на Лінії 2; $\cos\varphi_1, \cos\varphi_2, \cos\varphi_3$ – коефіцієнти потужності двигунів M1, M2, M3 відповідно.

Завдання вибору електроустаткування – це завдання вибору двигунів та трансформаторів із безлічі альтернатив, представлених у вигляді набору значень паспортних характеристик на базі відповідних критеріїв оптимальності. Критерії визначаються розв’язком задачі оптимізації енерговтрат:

$$\left(\vec{\eta}_d^*, \vec{P}_{нд}^*, \vec{S}_{HT}^*, \overline{\cos\varphi_d}^*, C_0, n_d, n_T \right). \quad (2.25)$$

Завдання вибору двигунів. Безліч альтернатив D для завдання вибору двигуна складається з наборів D^k паспортних значень двигунів, що включають НП двигуна, ККД та коефіцієнт потужності.

$$D_k = (P_{нд}^k, \eta^k, \cos\varphi^k), \quad (2.26)$$

де $k = 1, 2, \dots, l$; $P_{нд}^k$ – НП двигуна (паспортна); η^k – ККД двигуна (паспортний); $\cos\varphi^k$ – коефіцієнт потужності двигуна (паспортний); l – число варіантів у допустимій множині альтернатив двигунів.

Критерієм оптимальності для вибору двигуна OP_d^j є оптимальна НП двигуна $P_{нд}^{opt}$ і ККД. Оптимальні значення НП вибираються з умови

$$P_{ндj}^{opt} = \min_{P_{нд}^k \geq P_{ндj}^*} P_{нд}^k, \quad j = 1, 2, \dots, n_d. \quad (2.27)$$

Потім на отриманій множині невідомінованих альтернатив вирішується завдання вибору оптимального ККД $\eta_{дж}^{opt}$, виходячи з умови

$$\eta_{дж}^{opt} = \max_{\substack{\eta_{дж}^k \geq \eta_{дж}^* \\ P_{нд}^k - P_{ндj}^{opt}}} \eta_{дж}^k, \quad j = 1, 2, \dots, n_d. \quad (2.28)$$

Він вибирається з паспортних даних двигунів із оптимальними значеннями НП двигуна та ККД.

Завдання вибору трансформаторів. Для завдання вибору трансформатора множина альтернатив $S_{нт}$ представлена паспортними значеннями НП $S_{нтj}^{opt}$.

Критерієм оптимальності OP_t^j вибору трансформатора є оптимальність його НП.

$$S_{нтj}^{opt} = \min_{S_{нт}^k \geq S_{нтj}^*} S_{нт}^k, \quad j = 1, 2, \dots, n_d. \quad (2.29)$$

де $S_{нт}^k$ - НП трансформатора (паспортна).

Таким чином, завдання вибору двигунів і трансформаторів можна записати в наступному вигляді:

$$\langle D, OP_d^j \rangle, \quad j = 1, 2, \dots, n_d, \quad (2.30)$$

$$\langle S_{нт}, OP_t^j \rangle, \quad j = 1, 2, \dots, n_t \quad (2.31)$$

2.3.4 Моделі даних та знань

Модель даних системи є БД, що містить номінальні значення двигунів і трансформаторів, які не взаємозв'язані між собою.

Довідник електродвигунів повинен містити інформацію про марку, НП, ККД, коефіцієнті потужності та вартості. У таблиці 2.2 представлені атрибути довідника електродвигун.

Таблиця 2.2 - Опис атрибутів довідника електродвигун

Атрибут	Тип	Опис
ID	Числовий	Унікальний ідентифікатор запису (ключ)
Name	Текстовий	Марка двигуна
P _{ном} , кВт	Числовий	Номінальна потужність
ККД	Числовий	ККД
cosφ	Числовий	Коефіцієнт потужності
Price, грн	Числовий	Вартість трансформатора

Атрибути сутності трансформатора є марка, НП, коефіцієнт завантаження, втрати потужності при ХХ та КЗ, а також вартість, подані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Опис атрибутів довідника трансформатор

Атрибут	Тип	Опис
ID	Числовий	Унікальний ідентифікатор запису (ключ)
Name	Текстовий	Марка трансформатора
S _{вт} , кВА	Числовий	Номінальна потужність
Кз	Числовий	Коефіцієнт завантаження
P _{хх}	Числовий	Втрати потужності холостого ходу
P _{кз}	Числовий	Втрати потужності короткого замикання
Ціна, грн	Числовий	Вартість трансформатора

Проблема збереження результатів вирішується за допомогою створення спеціальної таблиці БД. Вона включає відомості про проміжні розрахунках. Список атрибутів архіву результатів наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Опис атрибутів результату

Атрибут	Тип	Опис
ID	Числовий	Унікальний ідентифікатор запису (ключ)
Name	Текстовий	Назва збереженого запису
S _{нт} , кВА	Числовий	Номінальна потужність трансформатора
ККД	Числовий	ККД двигуна
cosφ	Числовий	Коефіцієнт потужності двигуна
Кз	Числовий	Коефіцієнт завантаження двигуна
P _{хх}	Числовий	Втрати потужності холостого ходу трансформатора
P _{кз}	Числовий	Втрати потужності короткого замикання трансформатора
C, грн	Числовий	Щорічні поточні витрати при нормальній експлуатації
Ca	Числовий	Амортизаційні відрахування
Cп	Числовий	Вартість втрат електроенергії

БЗ у проєктованій ЕС представлена у вигляді бази паспортних даних трансформаторів і двигунів, таблиці розрахунків результатів, а також критеріїв вибору. До критеріїв відносяться обмеження на НП електрообладнання, ККД та коефіцієнт потужності.

2.3.5 Алгоритми ПР

Запропонований алгоритм складається з двох етапів: знаходження рішення задачі оптимізації цільової функції (2.24); вибір електрообладнання. Для завдання оптимізації використано МДЕ. Вибір електрообладнання здійснюється згідно з методом ПР, описаного у пункті 2.3.3.

Шукатимемо оптимальні значення НП трансформаторів такими, щоб обмеження – нерівності, що описують допустиму множину задачі мінімізації енерговитрат, виконувались як рівність.

У такому разі НП трансформаторів можна виразити через номінальні характеристики двигунів, що дозволяє виключити змінні із завдання оптимізації та скоротити її розмірність.

Отримана задача оптимізації вирішується МДЕ, блок – схема якого представлена на рис. 2.3. Коефіцієнти потужності двигунів приймаємо рівними 0,8, оскільки недоцільно використовувати менше значення для електроустаткування, що використовується в цехах, тобто $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \cos \varphi_3 = \cos \varphi_j = 0,8$. Значення взято із довідника [2].

На другому етапі вирішуємо задачу вибору двигуна (2.30) і трансформатора (2.31). Після вибору електроустаткування для їх паспортних (реальних) значень перераховуємо втрати електроенергії, а далі приведені витрати.

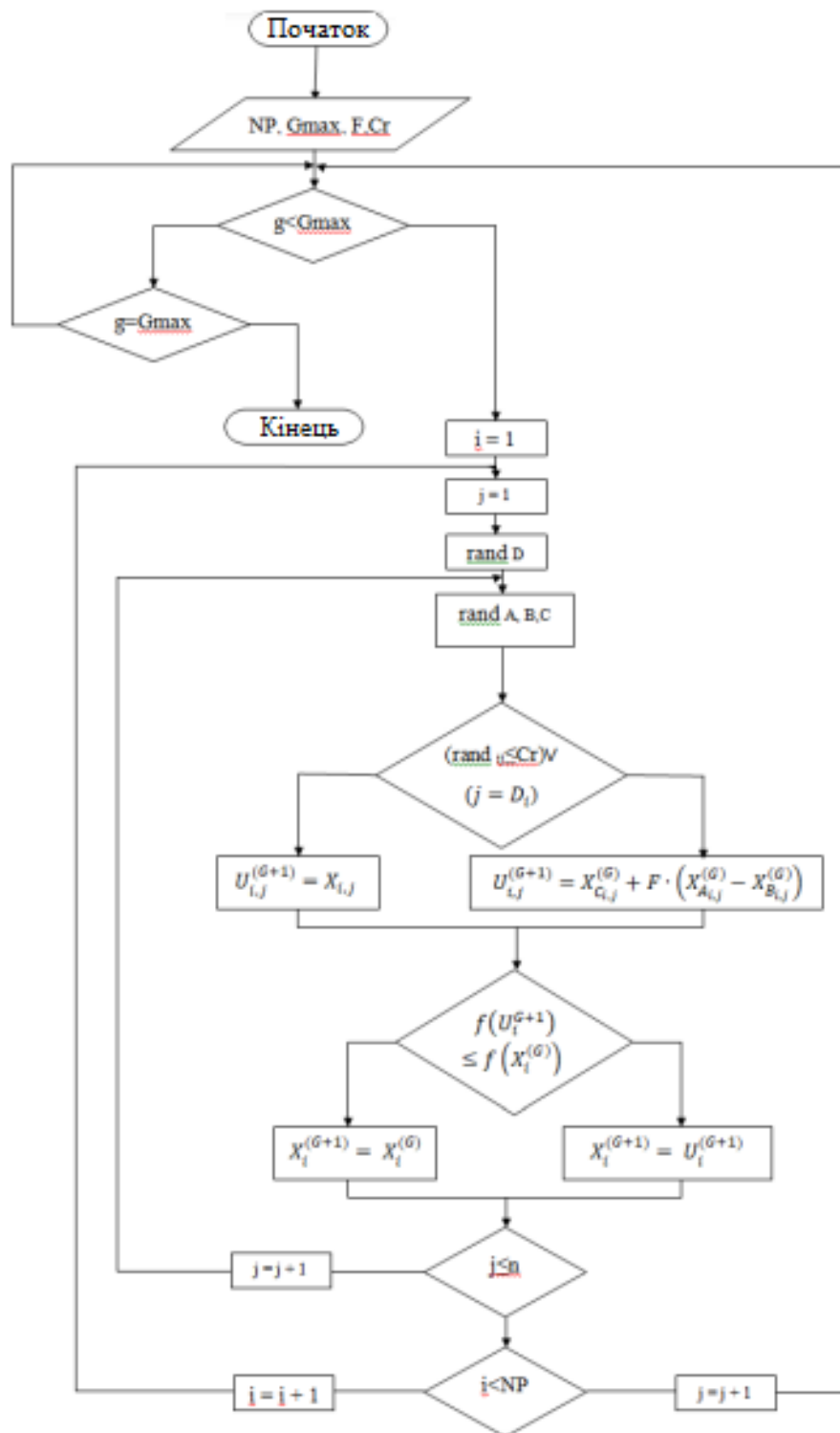


Рисунок 2.3 – Блок – схема алгоритму МДЕ

Використовуючи модель ПР, описану в пункті 2.3.3, можна скласти алгоритм розрахунку приведених витрат (рис. 2.4) на основі формул і послідовності розрахунків проміжних значень з пункту 2.3.2 цього розділу.



Рисунок 2.4 – Схема алгоритму розрахунку приведених витрат

Такий розрахунок можливий після вибору марок двигунів та трансформаторів, розрахунку вартості втрат електроенергії на основі їх паспортних характеристик.

2.4 Висновки до другого розділу

У цьому розділі описані предметна область та методи, що використовуються: ухвалення рішення, ДЕ, розрахунку навантажень, розрахунку приведених витрат.

У розділі описаний алгоритм МДЕ, наведено порівняльний аналіз ефективності даного методу з іншими. У роботах [1, 5, 15, 17, 19, 26, 27] зазначається, що кількість популяцій, максимальне число поколінь, ймовірність мутації, ймовірність схрещування не можуть задаватися довільно. Вони повинні вибиратися шляхом чисельних експериментів з урахуванням специфіки розв'язуваної задачі.

Подано модель БД системи, що складається з довідкових характеристик трансформаторів, двигунів, а також таблиці проміжних результатів. Описано модель ПР вибору електроустаткування з існуючих альтернативних паспортних характеристик на основі критеріїв, що задовольняють умовам (2.27-2.29) та алгоритм ПР, котрий містить у своєму складі завдання оптимізації та завдання ПР.

3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Проектування довідкової БД

Властиво моделлю даних системи є БД, що містить номінальні значення двигунів і трансформаторів, які не взаємозв'язані між собою.

На рис. 3.1 показані атрибути довідника асинхронних двигунів: 4А, 4АН, 4АД, 4АС, АІР, АОЗ, А, АЗ, ТАК-ЗО2, ДАЗО4, АТД2, 2АЗМ, АТД4, 4АЗМ, 4АРМ, АВ, АВК, АОВ2, АО2, В (вибухозахисні) та ВАО (вибухобезпечні).

				id	name	pnom	kpd	cosf	price
				1	2АЗМ1-1000/6000УХЛ4	1000	0.958	0.89	10900
				2	2АЗМ1-1250/6000УХЛ4	1250	0.963	0.89	11500
				3	2АЗМ1-1600/6000УХЛ4	1600	0.965	0.9	12500
				4	2АЗМ1-2000/6000УХЛ4	2000	0.965	0.91	15800
				5	2АЗМ1-2500/6000УХЛ4	2500	0.969	0.92	17600
				6	2АЗМ1-315/6000УХЛ4	315	0.947	0.9	NULL
				7	2АЗМ1-3200/6000УХЛ4	3200	0.968	0.91	23600
				8	2АЗМ1-400/6000УХЛ4	400	0.953	0.91	7200
				9	2АЗМ1-4000/6000УХЛ4	4000	0.969	0.92	24700
				10	2АЗМ1-500/6000УХЛ4	500	0.956	0.92	7600
				11	2АЗМ1-5000/6000УХЛ4	5000	0.974	0.92	26600
				12	2АЗМ1-630/6000УХЛ4	630	0.955	0.9	8200
				13	2АЗМ1-800/6000УХЛ4	800	0.958	0.9	8900

Рисунок 3.1 – Довідник електродвигунів.

Атрибутами таблиці силових трансформаторів 3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750 та 1150 кВ є: марка, НП, ККД, коефіцієнт потужності, втрати потужності ХХ та КЗ, вартість (рис 3.2).

				id	name	snt	kz	pxx	pkz	price
<input type="checkbox"/>				1	OM-4/6	4	NULL	0.055	0.14	NULL
<input type="checkbox"/>				2	ТЛС-10/6/0,4	10	NULL	0.09	0.27	NULL
<input type="checkbox"/>				3	OM-10/6	10	NULL	0.09	0.3	NULL
<input type="checkbox"/>				4	ТМ-25/10-У1(ХЛ1	25	NULL	0.115	0.6	NULL

Рисунок 3.2 – Довідник трансформаторів

Таблиця збереження результатів представлена на рис. 3.3. Вона включає відомості про проміжні розрахунки.

id	name	snt	kpd	cosf	kz	pxx	pkz	c	ca	cn

Рисунок 3.3 – Збережені результати

БЗ у проєктованій ЕС представлена у вигляді БД із довідника трансформаторів, довідника двигунів, таблиці розрахунків результатів, а також критеріїв вибору.

До критеріїв відносяться обмеження на НП електрообладнання, ККД, коефіцієнт потужності.

3.2 Вибір ПЗ

Для реалізації ПЗ застосовуються мови програмування PHP, MySQL та середовище Open Server.

Основною властивістю PHP є, властиво, її практичність. Вона містить засоби для вирішення проблем з достатньою ефективністю та швидкістю [25].

Також PHP поширюється безкоштовно, що не викликає проблем з реєстрацією продукту. Варто згадати і движок цієї мови, котрий не є ні чистим компілятором, ні власне інтерпретатором у чистому вигляді, дає змогу швидко опрацьовувати сценарії. У PHP реалізовано безпекові механізми, котрими

керуються адміністративно, – це забезпечує, при грамотному налаштуванні РНР, максимально можливу свободу дій та власне безпеку. Робота РНР може проходити із застосуванням безпечного режиму, котрий дозволяє обмежити перспективи вживання РНР юзерами з деяких вагомих параметрів. Для прикладу, обмежити найбільший час реалізації та зайнятості пам'яті (варто відмітити, що саме безконтрольна власне витрата ресурсів пам'яті значно зменшує серверну швидкодію). Стандартно до складу функцій РНР включено набір способів шифрування з достатньо високою їх надійністю. Так само РНР є сумісним з багатьма незалежними додатками, що дозволяє власне досить просто поєднувати її із електронною комерцією. Ще один плюс – не вдасться продивитися в браузері вихідний текст скриптів мови, тому що сам скрипт компілюється власне до його надсилання на запит юзера. Реалізація мови на стороні сервера попереджає викрадення небанальних сценаріїв іншими юзерами [25].

РНР є мовою із можливістю вбудовування, вона відрізняється надзвичайною гнучкістю стосовно змін потреб різних розробників. Навіть при тому, що фахівці рекомендують застосовувати її разом з HTML, вона успішно поєднується і з JavaScript, WML, XML та ін. На додачу, добре структуровані додатки РНР, за потреби, можуть легко розширюватися. Так само відсутні проблеми із взаємозв'язком з різноманітними браузерами, так як сценарії РНР властиво цілковито опрацьовуються на серверній стороні перед їх надсиланням клієнту. Фактично, скрипти РНР можуть бути надіслані яким небудь пристроєм із будь-якого браузера. Так як у мові відсутній код, котрий орієнтований на визначений web-сервер, то юзери не обмежені визначеними серверами. Мова працює на таких серверах як: Apache, Microsoft IIS, Netscape Enterprise Server, Stronghold та Zeus.

SQL - формальна мова програмування, що є непроцедурною, котра застосовується для створення, редагування та керування даними в довільній БД, керованою відповідною СУБД. Переваги: безвідносно до існування діалектів і

певних відмінностей у синтаксисі програм, здебільшого SQL-запити можна достатньо легко перемістити з однієї СУБД до іншої. Існування стандартів та ряду тестів для визначення сумісності і відповідності визначеної реалізації SQL стандарту, котрий є загально прийнятним, сприяє властиво її «стабілізації». Із використанням SQL фахівець описує, які саме дані необхідно витягти або модифікувати. А вже те, яким саме чином має бути це зроблено, покладено на саму СУБД при опрацюванні безпосередньо конкретного SQL-запиту.

Для реалізації БД було використано PHPMyAdmin, котрий написаний на відкритому кодї мовою PHP і є веб-інтерфейсом для адміністрування СУБД MySQL. Властиво PHPMyAdmin для роботи з БД потрібен браузер, який і передаватиме на сервер усі команди. Як мова роботи з БД використовується широко відома SQL.

OpenServer є сучасним локальним сервером, WAMP - комплексом, де: W(Windows) – його ОС; A (Apache) — web-сервер для «підйому» Open Server; M(MySQL) — СУБД; P (PHP) – мова програмування сервера.

OpenServer дає змогу в налаштуваннях вказати один з можливих варіантів Apache, PHP, MySQL та інших компонентів.

3.3 Структура ІІІ

При проектуванні ЕС, аналіз схеми ІІІ дозволяє вказати зв'язки модулів програми та характер інформації, котра передається [19]. На основі схеми проходить розробка програмного продукту, розробляються модулі програми, їх взаємодія, створюються засоби захисту ІІІ, що передають найбільш важливу інформацію, організуються вимоги до структур модулів. У розроблюваній ЕС зв'язки інформаційних потоків представлені на рис. 3.4.

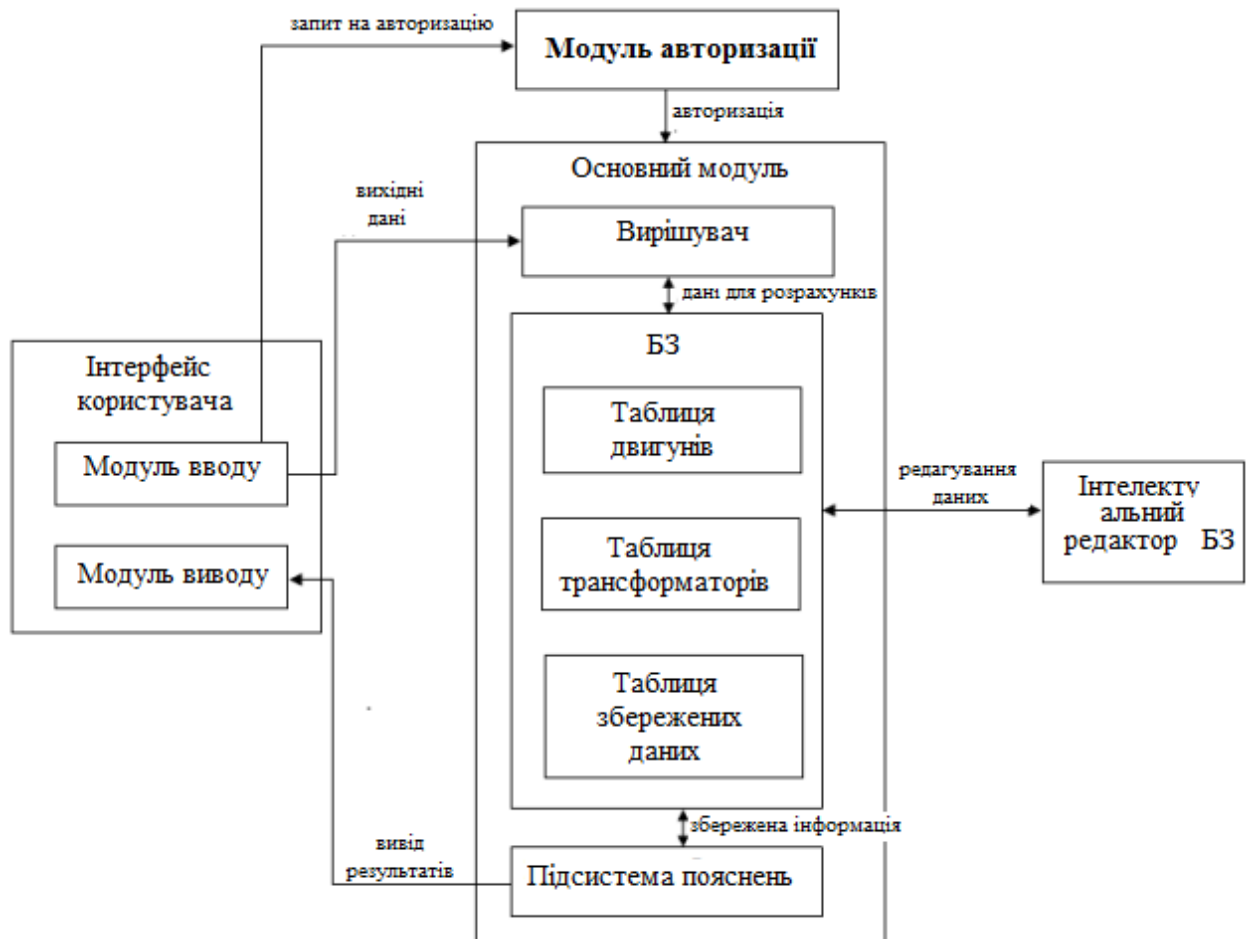


Рисунок 3.4 – Схема ІІІ

3.4 Проектування ЕС. Опис основних модулів та взаємодія між ними

Розроблена ЕС включає БД паспортних характеристик електродвигунів та трансформаторів, сім основних модулів: модуль авторизації, модуль введення даних, модуль розрахунку, модуль збереження даних, модуль адміністрування, модуль виведення даних, довідковий модуль. Схема взаємодії всіх модулів показана на рис. 3.5.

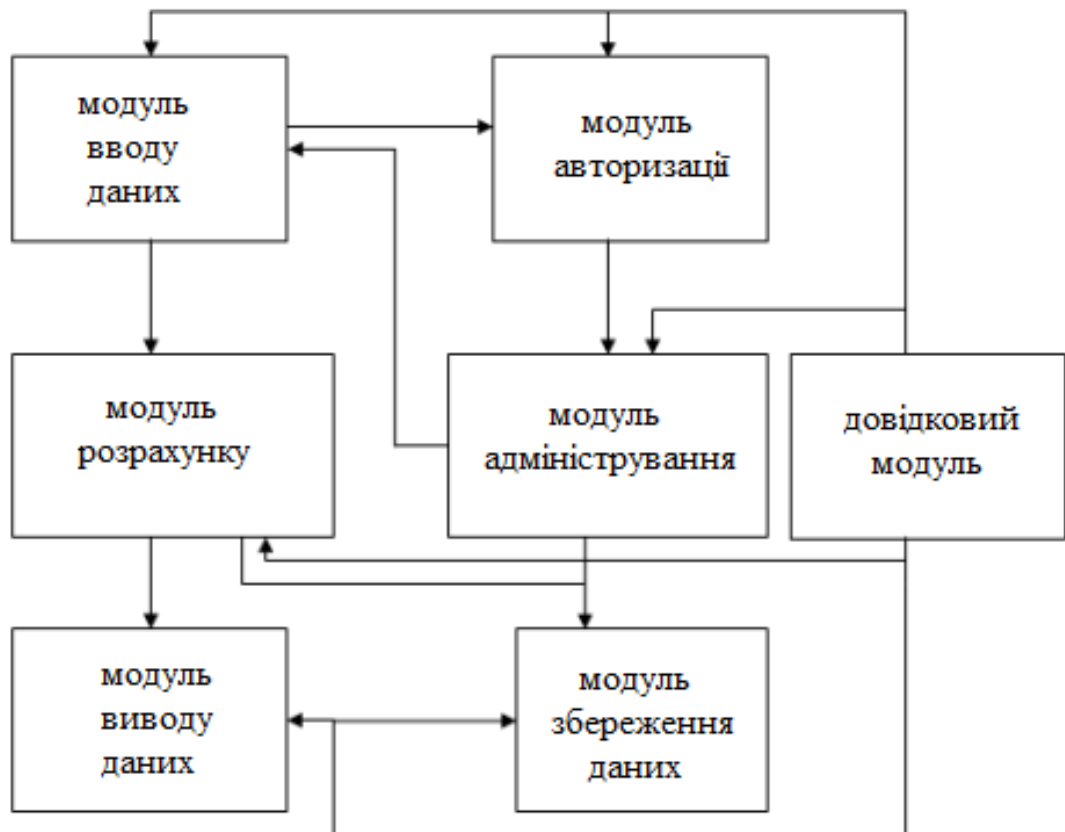


Рисунок 3.5 – Схема взаємодії програмних модулів

Вподальшому будуть наведені опис та схеми всіх складових частин.

Модуль авторизації. Дозволяє працювати з програмою в режимі адміністратора. Схема роботи модуля зображена на рис. 3.6.

Режим адміністратора дозволяє здійснювати перегляд, додавання, видалення та редагування записів, видаляти збережені записи результатів роботи, а також змінювати пароль для входу.

Режим користувача переводить основний модуль введення даних.



Рисунок 3.6 – Схема роботи модуля авторизації

Модуль вводу даних. Призначений для введення необхідних параметрів розрахунку умов пошуку оптимального електроустаткування. До них відносять наступні параметри: навантаження на двигун 1,2,3 і параметри МДЕ. До параметрів МДЕ відносяться NP – кількість популяції, G_{max} – кількість поколінь, яку необхідно згенерувати, F - коефіцієнт мутації, Cr - коефіцієнт схрещування. Коефіцієнт мутації задається в межах $[0, 1]$, рекомендується використовувати значення $[0,4, 1]$. Діапазон коефіцієнта схрещування $[0, 1]$, рекомендується використовувати середнє значення 0,5.

Схема модуля показана на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – Схема роботи модуля вводу даних

Модуль розрахунку. Він є основним і здійснює всі необхідні розрахунки проміжних і основних параметрів, пошук оптимального електрообладнання. Схема функціонування модуля показана на рис. 3.8.

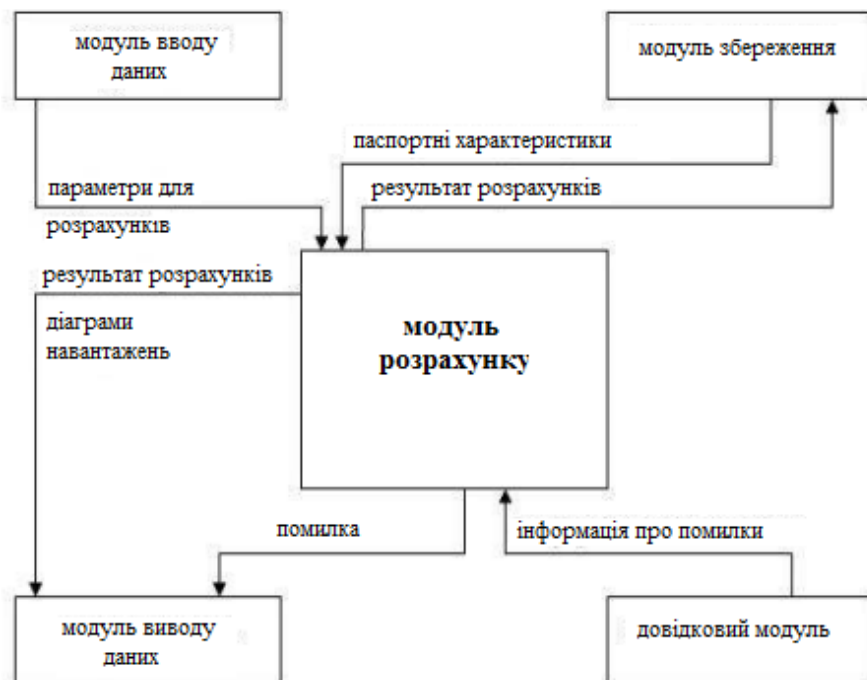


Рисунок 3.8 – Схема роботи модуля розрахунку

Модуль збереження даних. Виконує збереження результатів роботи у спеціально створену таблицю БД, яка зберігає проміжні результати розрахунків. Процес роботи показано на рис. 3.9.



Рисунок 3.9 – Схема роботи модуля збереження даних

Модуль адміністрування. Він доступний лише в режимі адміністратора. Дозволяє додавати, видаляти, переглядати та редагувати записи в таблиці БД, що містить довідник з двигунів, видаляти збережені записи. Також цей модуль реалізує зміну пароля адміністратора.

Схема роботи модуля представлена на рис. 3.10.



Рисунок 3.10 – Схема роботи модуля адміністрування

Модуль виводу даних. Організує виведення результатів роботи на екран монітора у вигляді списку обраного електрообладнання, де виводяться списком марки двигунів та трансформаторів з їх характеристиками. Для розрахунку приведених витрат вводяться нормативний коефіцієнт ефективності, ОКВ, АВ та вартість електроустаткування.

Також у цей модуль входять результати попередніх кроків у вигляді деталізації за індивідами та деталізації за поколіннями для того, щоб переглядати проміжні значення, що вибираються системою.

Процес роботи модуля зображено на рис. 3.11.



Рисунок 3.11 – Схема роботи модуля виводу даних

Довідковий модуль. Здійснює супровід попередженнями та підказками під час роботи з програмою, тобто відповідність заданих значень. Його робота показана на рис. 3.12.



Рисунок 3.12 – Схема роботи довідкового модуля

3.5 Порядок роботи програми

3.5.1 Чисельний експеримент

У програму були введені вихідні параметри навантажень на кожен з двигунів, кількість популяції, максимальна кількість поколінь, коефіцієнти мутації і схрещування, навантаження на освітлювальні лінії, вартість електроенергії, як показано на рис. 3.13. Після натискання кнопки «Ок» відобразиться форма виведення.

Повна потужність P_p пристрою (навантаження на привід), кВт

Двигун №1	Двигун №2	Двигун №3
<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="24"/>

Навантаження P_r освітлювальних ліній, кВт

I лінія	II лінія
<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="30"/>

Початкові параметри

cosφ _р	cosφ _п	ккд _п	l ккд _л	h ккд _л	С _о - вартість 1квт/год електроенергії, грн
<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="text" value="12.5"/>

Параметри методу диференціальної еволюції

NP	G _{max}	F	Cr
<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="0.5"/>

Рисунок 3.13 – Введення початкових даних

Результат у вигляді обраного електроустаткування показаний на рис. 3.14, де виводяться списком марки двигунів та трансформаторів з їх паспортними характеристиками. Якщо заповнити поля введення нормативного коефіцієнта ефективності, ОКВ, АВ, виражених у відсотках, які встановлені для пристроїв електропередачі, електродвигунів та силового обладнання з [16], то програма розрахує приведені витрати. Вартість електрообладнання та ОКВ вимірюються

в грош. од. НП двигуна та втрати потужностей вимірюються в кВт, а НП трансформатора – кВА.

[Результат](#)
[Деталізація за індивідами](#)
[Деталізація за поколіннями](#)
[Зберегти деталізацію](#)

Вартість втрат електроенергії $C_n = 640421,65$ грн

Втрати активної енергії в двигунах = 0.12 кВт*год

Втрати активної енергії в трансформаторах $\Delta E_{a.t.} = 128160.41$ кВт*год

Параметри для підрахунку витрат

Ен
 К, грн
 Рт, %
 Ро, %

Двигуни

№	Марка двигуна	Номінальна потужність, кВт	ККД	Коефіцієнт потужності	Вартість двигуна, грн
1	4AC225M6Y3	34	0.81	0.91	91000
2	BAO-62-2	17	0.87	0.9	50000
3	4AC180M4Y3	27	0.885	0.91	70000

Трансформатори

№	Марка трансформатора	Номінальна потужність, кВА	Втрати потужності холостого ходу, кВт	Втрати потужності короткого замикання, кВт	Вартість трансформатора, грн
2	TM-63	63	0.22	1.28	89000
5	TM-25	25	0.11	0.6	61000
6	TM-40	40	0.15	0.88	85000
7	TM-63	63	0.22	1.28	89000
4	TM-160	160	0.41	2.65	90000
3	TM-40	40	0.15	0.88	85000
1	TM-400	400	0.83	5.5	130000

Рисунок 3.14 – Список обраного електроустаткування

Для розрахунку приведених витрат запроваджуються нормативний коефіцієнт ефективності 0.12, ОКВ 300 тис. грн, АВ для трансформаторів 6.4% та обладнання 4.3% та вартості електрообладнання. Заповнені дані показані на рис. 3.14. Натиснути кнопку «Підрахувати». Результат розрахунку зображено на рис. 3.15 у полі «Разом».

Всього

Витрати: 180842.56 грн

Рисунок 3.15 – Розрахунок приведених витрат

Результатом розрахункового експерименту є розрахунок програмою вибору електрообладнання та розрахунок приведених витрат.

3.5.2 Посібник користувача

ЕС розроблена на тестовому сайті, тому його робота здійснюється у локальному режимі для чого використовується Open Server.

Щоб почати працювати з кодом, потрібно:

- створити домен у папці "OpenServer/domains", sapr.loc;
 - завантажити вихідний код ЕС у створену папку та перезапустити Open Server;
 - знайти та відкрити свій сайт у підменю «Мої сайти» (рис. 3.16).
- Сайт буде запущено у браузері, який встановлено за замовчуванням.

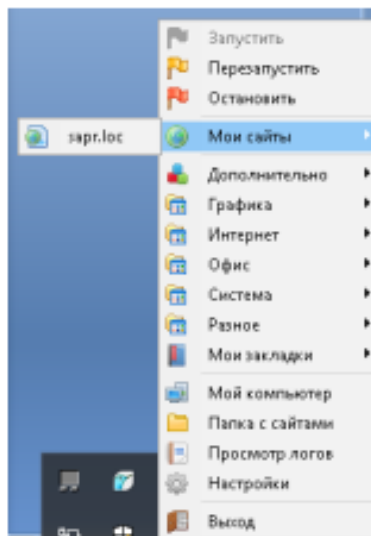


Рисунок 3.16 – Сайт sapr.loc у підменю «Мої сайти»

Після завантаження сторінки у браузері з'явиться вікно входу до системи.

Вхід до основної частини в режимі користувача. Після запуску встановленої програми, ви побачите вікно входу, показане на рис. 3.17. Щоб увійти до програми в режимі користувача, введіть у полі "Ім'я користувача" user, "Пароль" - user, натисніть кнопку "Вхід", вхід в режимі адміністратора здійснюється з ім'ям – admin, паролем – ad123.



Рисунок 3.17 – Вікно входу

Після успішного входу відкривається головне вікно (див. рис. 3.13). Воно є центральною ланкою програмного інтерфейсу та містить переходи виконання більшості дій.

Треба помістити дані в такі поля: навантаження на двигун 1,2,3 та параметри МДЕ. При введенні допустимих значень поля введення підсвічуються синьою рамкою, інакше – червоною, як показано на рис. 3.18, де параметр F - коефіцієнт мутації більше 1 і містить недопустиме значення.

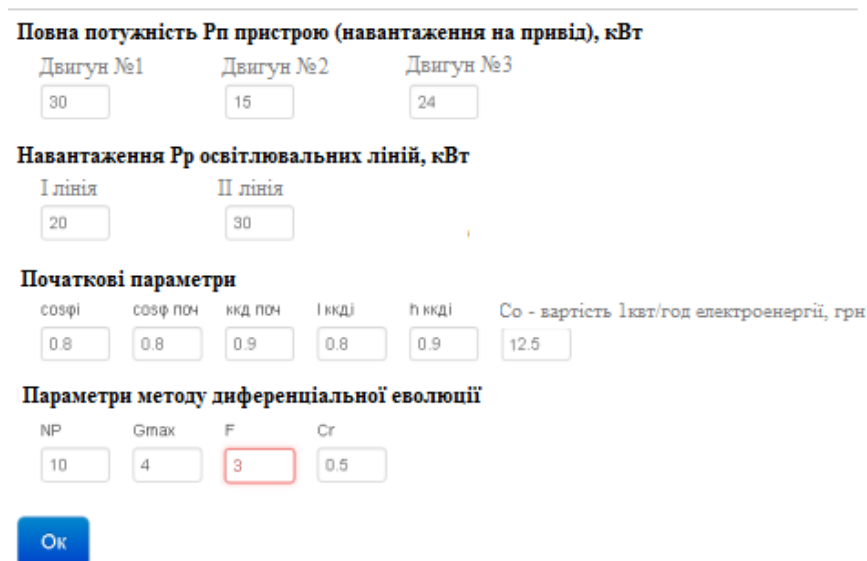


Рисунок 3.18 – Введення недопустимого значення

Вибір електроустаткування. Спочатку потрібно заповнити всі поля модуля введення, після чого будуть розраховані втрати, оптимізовані МДЕ, згідно з алгоритмом ПР виведено список трансформаторів і двигунів з їх паспортними характеристиками, далі натисніть кнопку «Ок» (див. рис. 3.13). Деталізація за індивідами здійснює перегляд значень попередніх етапів вибору індивіда, що дозволяють обґрунтувати вибір – це є модуль пояснень. На рис. 3.19 приклад деталізації за індивідами на прикладі 1 індивіда з розміром популяції рівною 10 і кількістю поколінь - 4.

Результат **Деталізація за індивідами** Деталізація за поколіннями Зберегти докладніше

1 індивід

0i	пд 1	пд 2	пд 3	Рнд 1	Рнд 2	Рнд 3	Вит 2	Вит 5	Вит 6
1	0.88000	0.88000	0.85000	33.70787	17.75645	28.23529	42.13483	23.43750	36.26412
u1	0.85000	0.86500	0.85000	34.65789	17.85645	28.23529	43.43132	23.43750	36.26412
2	0.85000	0.86500	0.85000	34.65789	17.85645	28.23529	43.43132	23.43750	36.26412
u2	0.85000	0.86500	0.86500	34.65789	16.72113	26.43867	43.88808	23.43750	36.30897
3	0.85000	0.86500	0.86500	34.65789	17.85645	28.23529	43.88808	23.43750	36.30897
u3	0.85600	0.85000	0.90000	36.25659	17.85645	28.23529	43.88808	23.43750	36.04403
4	0.85600	0.85000	0.90000	34.65789	17.85645	28.23529	43.88808	23.43750	36.04403

Рисунок 3.19 – Деталізація за індивідами

Деталізація за поколіннями здійснює перегляд значень попередніх етапів вибору індивіда в поколінні, що надає у зручній формі розрахункові значення параметрів електроустаткування. На рис. 3.20 приклад деталізації за поколіннями для 1 індивіда з розміром популяції рівним 10, кількістю поколінь – 4.

1 покоління

№PI	пд 1	пд 2	пд 3	Рнд 1	Рнд 2	Рнд 3	Вит 2	Вит 5	Вит 6
1	0.89000	0.80000	0.85000	33.70787	18.75000	28.23529	42.13483	23.43750	35.29412
2	0.83000	0.88000	0.87000	36.14458	17.04545	27.58621	45.18072	21.30682	34.48276
3	0.90000	0.83000	0.86000	33.33333	18.07229	27.90698	41.66667	22.59036	34.88372
4	0.87000	0.85000	0.90000	34.48276	17.64706	26.66667	43.10345	22.05882	33.33333
5	0.86000	0.81000	0.84000	34.88372	18.51852	28.57143	43.60465	23.14815	35.71429
6	0.82000	0.90000	0.86000	36.58537	16.66667	27.90698	45.73171	20.83333	34.88372
7	0.83000	0.83000	0.90000	36.14458	18.07229	26.66667	45.18072	22.59036	33.33333
8	0.82000	0.86000	0.82000	36.58537	17.44186	29.26829	45.73171	21.80233	36.58537
9	0.86000	0.85000	0.88000	34.88372	17.64706	27.27273	43.60465	22.05882	34.09091
10	0.81000	0.89000	0.87000	37.03704	17.64706	27.58621	46.28630	22.05882	34.48276

Рисунок 3.20 – Деталізація за поколіннями

Вкладка «Завантажити деталізацію» дозволяє зберегти результати обчислень та деталізації у вигляді файлу формату CSV. Після переходу по вкладці, необхідно натиснути на посилання «Завантажити в CSV», після чого перегляд файлу result.csv буде доступний у MicrosoftExcel (рис. 3.21).



Рисунок 3.21 – Завантажити деталізацію

У вкладці «Результат», що з'явилася після виведення списків електрообладнання необхідно заповнити форму (рис. 3.22), де вказують нормативний коефіцієнт ефективності, ОКВ, АВ та вартості електрообладнання.

Параметри для підрахунку витрат

Ек	К, грн	Рг, %	Ро, %	...
<input type="text" value="0.12"/>	<input type="text" value="100000"/>	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="4.3"/>	<input type="button" value="Обрахувати"/>

Двигуни

№	Марка двигуна	Номінальна потужність, кВт	ККД	Коефіцієнт потужності	Вартість двигуна, грн
1	4AC225M6Y3	34	0.81	0.91	91000
2	BAO-62-2	17	0.87	0.9	50000
3	4AC180M4Y3	27	0.865	0.91	70000

Трансформатори

№	Марка трансформатора	Номінальна потужність, кВА	Втрати потужності холостого ходу, кВт	Втрати потужності короткого замикання, кВт	Вартість трансформатора, грн
2	TM-63	63	0.22	1.28	89000
5	TM-25	25	0.11	0.6	61000
6	TM-40	40	0.15	0.88	85000
7	TM-63	63	0.22	1.28	89000
4	TM-160	160	0.41	2.65	90000
3	TM-40	40	0.15	0.88	85000
1	TM-400	400	0.83	5.5	130000

Рисунок 3.22 – Форма введення приведених витрат

Значення ОКВ вибираються з ПУЕ відповідно до галузі промислового підприємства. АВ виражаються у відсотках, значення яких встановлені для пристроїв електропередачі, електродвигунів та силового обладнання з [16]. Вартість електрообладнання та ОКВ вимірюються в грош.од. НП двигуна, втрати потужності ХХ трансформатора, втрати потужності при КЗ трансформатора вимірюються у кВт, а НП трансформатора – кВА. Для отримання значень приведених витрат потрібно натиснути на кнопку «Підрахувати». Після чого програма видасть приведені витрати у вкладці «Результат» та полі «Разом», як показано на рис. 3.15.

Збереження результатів. Збережений результат міститься у файлі result.csv, де вказані втрати активної потужності в двигунах і трансформаторах, список рекомендованого електрообладнання, а також звіти деталізації за індивідами. Щоб відкрити файл у зручній формі в Microsoft Excel, необхідно слідувати вказівнику: вкладка «Дані» – Вставка з тексту – Вказати шлях до файлу

result.csv та вибрати його – натиснути на кнопку «Імпорт». Відкриється вікно майстра текстів (імпорт), де на першому етапі формат даних вибирається з роздільниками, почати його з першого рядка, натискаємо "Далі". Другий крок – вибір символів розділювачів: знак табуляції, крапка з комою, натискаємо «Далі». Крок третій пропускається, натискаємо "Готово". Залишається лише вибрати куди помістити дані.

3.6 Висновки до третього розділу

Спроектовано БЗ для ЕС у вигляді БД із довідника трансформаторів, довідника двигунів, таблиці розрахунків результатів та критеріїв вибору. До них належать обмеження на НП електрообладнання, ККД, коефіцієнт потужності.

Для програмної реалізації додатку використано PHP, MySQL, PHPMyAdmin, Open Server.

Показана структура інформаційних потоків спроектованої ЕС із представленням схем роботи усіх складових модулів. Проведено чисельний експеримент, результатом якого є розрахунок програмою вибору електрообладнання та приведених витрат. Також в розділі міститься посібник користувача розробленого додатку.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Відповідальність за порушення умов праці при виконанні електромонтажних робіт

Для ефективної і безпечної роботи працівників з розробки експертної системи для оптимізації споживання енергії в електричних мережах на основі методу диференціальної еволюції необхідно організувати безпечні умови праці. Суттєвим є забезпечення відповідних умов праці при проведенні електромонтажних робіт.

Як правило, відповідальність за електробезпеку на об'єкті лежить на відповідальній особі того чи іншого будинку чи споруди.

Електробезпека (в т.ч. електромонтажні роботи) на підприємстві забезпечується завдяки дотриманню вимог, викладених у таких законодавчих актах [48]:

- Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (далі — ПБЕЕС), затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.1998 № 4, вимоги яких поширюються на працівників, що обслуговують діючі електроустановки споживачів напругою до 220 кВ включно і є обов'язковими для всіх споживачів та виробників електроенергії, незалежно від їх відомчої належності і форм власності на засоби виробництва;

- Правила безпечної експлуатації електроустановок, дія яких поширюються на працівників, що виконують роботи в електроустановках Міністерства енергетики України (наказ Держнаглядохоронпраці України від 06.10.1997 № 257);

- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (далі — ПТЕЕС), затверджені наказом Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу від 13.02.2012 № 91), якими унормовано організаційні й технічні вимоги щодо експлуатації електроустановок споживачів;

– Правила експлуатації електрозахисних засобів, затверджені наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 05.06.2001 № 253, в яких наведено перелік засобів захисту, вимоги до них, обсяги і норми випробувань, порядок застосування, зберігання їх, а також норми комплектування засобами захисту електроустановок і виробничих бригад.;

– Правила улаштування електроустановок (далі — ПУЕ), які визначають будову, принципи улаштування, особливі вимоги до окремих систем, їх елементів, вузлів і комунікацій електроустановок (наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 24.07.2017 № 476);

– ДСТУ 2843-94 «Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення», який установлює терміни та визначення основних понять в галузі електротехніки;

– Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС від 30.12.2014 № 1417.

Всі наведені вище нормативно-правові документи є чинними на 2022 рік.

Важливим моментом в організації електромонтажних робіт є підготовка і забезпечення безпечних умов праці. Всі підготовчі заходи в цьому плані мають бути закінчені до початку виконання робіт і прийняті по акту про виконання вимог з охорони праці.

Відповідальність за організацію безпечної експлуатації електроустановок ПБЕЕС покладають на роботодавця.

Відповідальність за правильну експлуатацію електрогосподарства виробничих підприємств, цехів та ділянок несуть поряд із особою, відповідальною за електрогосподарство, особи призначені з числа інженерно-технічних працівників (ІТП) електротехнічного персоналу. Відповідальність за виконання ПТЕЕС, ПБЕЕС електротехнічним персоналом на кожному підприємстві визначається посадовими інструкціями та положеннями, що затверджуються керівниками підприємства чи вищестоящою організацією [49].

Ці документи регламентують також:

- взаємовідносини з енергетичною службою та цехами і відділами підприємства;

- розподіл обов'язків між електротехнічним та технологічним персоналом.

Відповідальність за експлуатацію електроустановок на підприємстві, переданому в оренду, зазначається у договорі сторін, якщо керівник вказаного підприємства не укладає договір на користування електроенергією безпосередньо із енергопостачальною організацією [49].

За порушення у роботі електроустановок несуть персональну відповідальність:

- робітники, що обслуговують електрообладнання і технологічні установки – за порушення з їх вини, а також неправильні дії з ліквідації порушень на обслуговуваній ними ділянці;

- робітники, що ремонтують обладнання – у разі порушень в роботі електроустановок, спричинених низькою якістю ремонту;

- ІТП енергослужби – за порушення у роботі електроустановок, що виникли внаслідок несвоєчасного ремонту та недбалого приймання обладнання в експлуатацію;

- оперативний та оперативно-ремонтний персонал – за порушення в роботі електроустановок, що виникли з їх вини, а також з вини підпорядкованого їм персоналу;

- ІТП енергослужби, головні інженери, головні енергетики підприємства, начальники цехів, майстри-електрики та інші ІТП – за порушення в роботі електроустановок, що сталися за їх вини, з вини підпорядкованого їм персоналу, а також у результаті незадовільного і несвоєчасного проведення ремонту, невиконання протиаварійних заходів.

Посадові інструкції мають чітко визначати відповідальність робітників за порушення у роботі електроустановок [49].

Обов'язки по забезпеченню безпечних умов праці покладаються на підрядника, який розробляє організаційно-технологічну документацію по виконанню робіт (ПВЕР), яка вміщує конкретні проектні рішення, що визначають технічні засоби і методи робіт, які забезпечують виконання нормативних вимог охорони праці [48].

Допуск електромонтажників до робіт в діючих електроустановках повинен здійснюватися персоналом експлуатуючої організації і оформлюється в письмовому вигляді з вказуванням складу бригади і групи по електробезпеці кожного члена бригади. Наряд-допуск видається керівнику робіт (виконробу, майстру, менеджеру) на термін, необхідний для виконання заданого об'єму робіт. Персонал електромонтажних організацій перед допуском до роботи в діючих електроустановках повинен бути проінструктований з питань електробезпеки на робочому місці особою, яка допускає до роботи, яка зобов'язана здійснювати контроль за виконанням передбачених в наряді-допуску заходів по забезпеченню безпеки виконання робіт [52].

Експлуатаційний персонал несе відповідальність за збереження тимчасових огорожень робочих місць, попереджувальних плакатів і попередження подачі робочої напруги на відключені струмоведучі частини, дотримання членами бригади монтажників безпечних відстаней до струмоведучих частин, що залишилися під напругою.

Роботою електромонтажної бригади повинен керувати грамотний і досвідчений інженерно-технічний працівник підрядної організації, який повинен правильно розставити людей і механізми, забезпечити виконання вимог експлуатаційного персоналу. Важливими елементами високої якості і безпечності робіт являються відповідна кваліфікація і висока дисциплінованість електромонтажного і експлуатаційного персоналу. При відсутності цих властивостей навіть самим ретельним чином розроблені ПВЕР не гарантують від виробничого травматизму, браку при монтажі дорогого обладнання, подачі напруги в зону виконання робіт [50].

Для безпосереднього виконання функцій щодо організації експлуатації електроустановок призначається особа, відповідальна за електрогосподарство [50]. Персонал, що здійснює експлуатацію електроустановок, поділяють на: електротехнічний; електротехнологічний; неелектротехнічний. Перелік посад і професій працівників електротехнічного і електротехнологічного персоналу, яким необхідно мати відповідну групу з електробезпеки, затверджує керівник підприємства [53].

Залежно від ступеню та характеру порушень особи, що порушили ПТЕЕС, несуть дисциплінарну, адміністративну та кримінальну відповідальність [54].

Дисциплінарна відповідальність регулюється Кодексом законів про працю і передбачає такі види покарання, як догана, звільнення, а також дисциплінарні стягнення. За кожне порушення трудових обов'язків може бути застосоване лише одне притягнення до дисциплінарної відповідальності.

Адміністративна відповідальність — це відповідальність посадових осіб і працівників перед органами державного нагляду, що полягає у застосуванні до них штрафних санкцій. Умови притягнення до адміністративної відповідальності передбачені Кодексом України про адміністративні правопорушення.

Кримінальна відповідальність за порушення правил охорони праці покладається на працівників і посадових осіб підприємств, а також на роботодавців. Ступінь покарання залежить від конкретних обставин і встановлюється Кримінальним кодексом України.

Матеріальна відповідальність у вигляді грошової компенсації накладається на працівників і посадових осіб за шкоду, заподіяну підприємству, а також на роботодавців за порушення вимог щодо охорони праці. Розрізняють обмежену матеріальну відповідальність, повну матеріальну відповідальність, колективну матеріальну відповідальність та матеріальну відповідальність за порушення вимог охорони праці.

4.2 Ергономічні вимоги до робочого місця користувача ПК

Робоче місце — це зона простору, що оснащена необхідним устаткуванням, де відбувається трудова діяльність одного працівника чи групи працівників [49].

Раціональне планування робочого місця має забезпечувати: найкраще розміщення знарядь і предметів праці, не допускати загального дискомфорту, зменшувати втомлюваність працівника, підвищувати його продуктивність праці. Площа робочого місця має бути такою, щоб працівник не робив зайвих рухів і не відчував незручності під час виконання роботи. Важливо мати також можливість змінити робочу позу, тобто положення корпусу, рук, ніг. Проте доцільно виключати або мінімізувати всі фізіологічно неприродні і незручні положення тіла. Проведені дослідження показують, що при раціональній організації робочих місць продуктивність праці зростає на 15–25% [50].

Організація робочого місця користувача ПК має відповідати ергономічним вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги», ДСан ПіН 3.3.2.007-98, характеру та особливостям трудової діяльності.

Площа одного робочого місця користувача ПК повинна складати не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³. Конструкція робочого місця користувача ПК повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки, характеру виконуваної роботи і забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, мишки та інших периферійних пристроїв. Монітор на робочому місці встановлюється так, щоб верхній край екрана знаходився на рівні очей.

Розташування монітора ПК має забезпечувати:

- безпечність роботи в цілому;
- зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом 30° від лінії зору, площина екрана при цьому має бути

перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Клавіатура розміщується на поверхні столу або висувній полиці на відстані 100-300мм від краю, ближчого до користувача. Кут нахилу клавіатури має бути в межах 5-150. Поверхня клавіатури повинна бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. Клавiші клавіатури мають бути зручними в роботі і м'якими при натисканні (хід всіх клавiш має бути однаковим з мінімальним опором натискання 0,25Н та максимальним – не більше 1,5Н) [49].

При розміщенні робочих місць з ПК слід дотримуватися вимог, зазначених в ДНАОП 0.00-1.31-99:

– робочі місця розміщуються на відстані не менше 1м від стін з світловими прорізами; – відстань між бічними поверхнями моніторів ПК має бути не менше 1,2м; – відстань між тильною поверхнею монітора одного ПК та екраном монітора іншого ПК має бути не меншою 2,5м. Вимоги двох останніх пунктів враховуються також при розміщенні робочих місць з ПК в суміжних приміщеннях з урахуванням конструктивних особливостей стін та перегородок.

Загальні принципи організації робочого місця:

– на робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Усі необхідні для роботи предмети мають бути поряд із працівником, але не заважати йому;

– ті предмети, якими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, якими користуються рідше;

– предмети, які беруть лівою рукою, повинні бути зліва, а ті предмети, які беруть правою рукою – справа;

– якщо використовують обидві руки, то місце розташування пристосувань вибирається з урахуванням зручності захоплення його двома руками;

– робоче місце не повинно бути захаращене;

– організація робочого місця повинна забезпечувати необхідну оглядовість.

Статичні напруження працівника в процесі праці пов'язані з підтриманням у нерухомому стані предметів і знарядь праці, а також підтриманням робочої пози.

Робоча поза – це основне положення працівника у просторі: зручна робоча поза має забезпечувати стійкість положення корпусу, ніг, рук, голови працівника під час роботи, мінімальні затрати енергії та максимальну результативність праці. Неправильна сидяча поза може викликати застій крові в ногах, а якщо виконується великий обсяг роботи для пальців рук – запалення суглобів.

Організація робочого місця користувача комп'ютера повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам (рисунок 4.1).

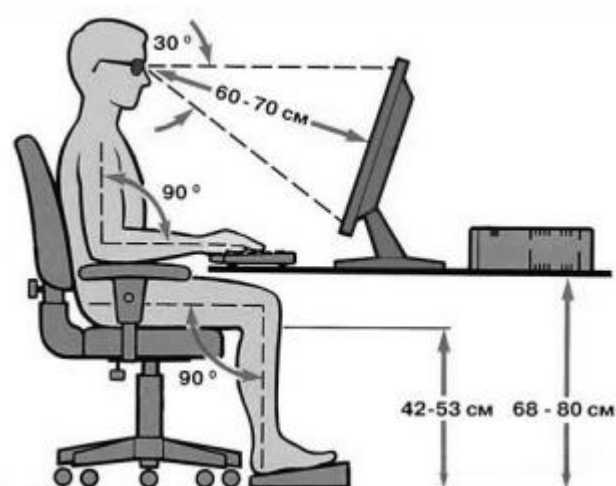


Рисунок 4.1 - Робоче місце і робоча поза користувача ПК

Найпоширенішими у процесі праці є пози сидячи і стоячи. Проектуючи робоче місце, потрібно враховувати, що при виконанні роботи з фізичним навантаженням бажана поза стоячи, а при малих зусиллях – сидячи.

Робоча поза стоячи втомлює людину більше, ніж сидяча. Вона вимагає на 10% більше енергії, спричиняє підвищення артеріального і венозного тиску

крові, розширення вен на ногах, пошкодження ступень, викривлення хребта [49].

4.3 Висновки до четвертого розділу

В цьому розділі розглянуто важливі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, зокрема описана відповідальність за порушення умов праці при виконанні електромонтажних робіт та ергономічні вимоги до робочого місця користувача ПК

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі запропонована методика вибору оптимального електроустаткування для мережі, на основі якої розроблено програмний додаток – ЕС для оцінки ефективності мереж електропостачання на основі МДЕ. Дане дослідження націлене на підбір електрообладнання, що дозволяє оптимізувати приведені витрати шляхом зменшення втрат електроенергії згідно з алгоритмом ПР вибору електроустаткування. Розроблена методика сприяє зниженню не лише енерговитрат, а й амортизаційних витрат підприємства.

Результати роботи полягають у наступному:

- проведено аналіз існуючих ЕС та сучасних методів керування технічними системами;
- побудована математична модель експертизи мережі, що включає себе завдання оптимізації енерговитрат та модель ПР;
- створено програмний додаток для розв'язання завдання.

Отримані результати роботи планується використовувати у навчальному процесі для виконання курсового та дипломного проектування, а також при проектуванні ЕМ для скорочення споживання енерговитрат. Сфера застосувань представленої системи не обмежується ділянкою цеху підприємства. Можливе розширення масштабів проектування для всього промислового підприємства.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Э.А. Монахова, Г.И. Токтошов. Алгоритм дифференциальной эволюции в задачах оптимизации маршрутов прокладки инженерных сетей // Наука та образование – М.: МГТУ им. Баумана, 2015. - № 09. - С. 135-144.
2. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию – М.: Высшая школа, 2000. - 255 с.
3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.С. Базы знаний интеллектуальных систем. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. - 384 с.
4. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Вильямс, 2001. - 624 с.
5. Диференціальна еволюція [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Диференціальна еволюція](https://uk.wikipedia.org/wiki/Диференціальна_еволюція) (дата звертання 21.12.2021).
6. Долотина Е.А. Особенности применения экспертных систем в интеллектуальных компьютерных обучающих системах // НиКа - 2013. - № 1. - С.276-278.
7. Дошина А.Д. Экспертная система. Классификация. Обзор существующих экспертных систем // Молодой ученый. – 2016. – №21. - С. 756-758.
8. Држевецкий Ю.А. Экспертні системи як прикладна область штучного інтелекту / КиСа. - 2011. - №1. - С.152-154.
9. Евгенийев Г.Б. Интеллектуальные системы проектирования. – М.: МГТУ им. Баумана, 2012. - 410 с.
10. Методичні рекомендації визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання – Харків: Індустрія, 2009. – 82 с.
11. Сумко В.В. Особливості експертних систем у порівнянні зі звичайними комп'ютерними програмами // Інформаційні моделі, системи та

технології: Праці ІХ наук.-техн. конф. (08-09 грудня 2021 р.), Тернопіль, 2021. – С. 79.

12. Кушлик-Дивульська О.І., Кушлик Б.Р. Основи теорії прийняття рішень. – К.: НТУУ КПІ, 2014. – 94 с.

13. Бутко М.П. Теорія прийняття рішень: – К.: Центр учбової літератури, 2018. – 360 с.

14. Онлайн база з електричних мереж та електроустаткування. Інтерактивні розрахунки систем електропостачання [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://online-electric.ua> (дата звертання 22.12.2021).

15. Пантелеев А. В., Дмитраков И.Ф. Применение метода дифференциальной эволюции для оптимизации параметров аэрокосмических систем. // Труды МАИ. Выпуск № 37 – 2010. – № 37. – с. 29-38.

16. Правила влаштування електроустановок: Міненерговугілля України. – Київ, 2017. - 617 с.

17. Применение оптимизационных методов для решения обратной задачи сейсморазведки: отчет о НИР / Бабичев, Д.С. - Москва: МФТИ, 2014. - 114 с.

18. Прокопенко Н.Ю. Системы поддержки принятия решений на базе Deductor Studio Academic 5.3. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. - 188 с.

19. Ковриго Ю.М., Степанець О.В. Прикладні аспекти сучасної теорії управління – Київ :НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 155 с.

20. Терентьев О.О. Методи експертних оцінок в системах прийняття рішень. – К.: КНУБА, 2020. – 116 с.

21. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий. – М.: Академия», 2006. - 368 с.

22. . Бобух А. О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. — Харків: ХНАМГ, 2006. — 185 с.

23. Трофіменкова Є.В. Експертні системи. Переваги, недоліки та застосування. // Нова наука: проблеми та перспективи. – 2016. – №4. – С.145-148.

24. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию .Т. 1. Электроснабжение - Москва: Высшая школа, 1986. - 568 с.
25. Харрис Е. PHP/mysql для начинающих. – М.: Кудиц - образ, 2005. - 384 с.
26. Ходашинський І.А., Дудін П.А. Ідентифікація нечітких систем на основі методу диференціальної еволюції // Управління, обчислювальна техніка та інформатика. – 2011. – № 1 (23). - С.178-183.
27. Вакал Л.П. Апроксимація функцій багатьох змінних із застосуванням алгоритму диференціальної еволюції. // Математичні машини і системи. - 2017. № 1. - С. 90–96.
28. Differential Evolution (DE) [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www1.icsi.berkeley.edu/~storn/code.html> (дата звертання 13.01.2022).
29. Kuznetsov, RA The technology of «computer vision» in the question of visual identification of a personal// Scientific Visualization. - 2017. - №1. - P.124-136.
30. Shterenberg, S.I. Method of use of self-modification files for secure communication in the expert system / Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2016. – №1. – p.71-75.
31. Storn R. Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces / R. Storn, K. Price // Journal of Global Optimization. - 1997. - Vol. 11. - P. 341-359.
32. Price K. New Ideas in Optimization, McGraw-Hill Publishing Company, pp. 77-106, 1999.
33. Trens M., Moore A. “Policy Search using Paired Comparisons”, Journal of Machine Learning Research, Vol. 3, pp. 921-950, 2002.
34. Haupt R., Haupt S. Practical Genetic Algorithms // Wiley-Interscience, 2004. — 254 p.

35. Weise T. Global Optimization Algorithms. Theory and Application. — Self-published, 2009. — 820 p.
36. Ali M., Zabinsky B. A numerical Evaluation of Several Stochastic Algorithms on Selected Continuous Global Optimization Test Problems // J. of Global Optimization. — 2005. — 31. — P. 635—672.
37. Fan H., Lampinen J. A Trigonometric Mutation Operation to Differential Evolution // Ibid. — 2003. — 27. — P. 105—129.
38. Draa A., Meshoul S. A Quantum-Inspired Differential Evolution Algorithm for Solving the N-Queens Problem // The Int. Arab J. of Information Technology. — 2010. — 7. — P. 21—27.
39. Locatelli M. Simulated Annealing Algorithms for Continuous Global Optimization: Convergence Conditions // J. of Optimization Theory and Applications. — 2000. — 104. — P. 121—133.
40. Dervis K. A Simple and GO Algorithm for Engineering Problems — DE Algorithm // Turkish J. of Electrical Engineering and Computer Sciences. — 2004. — 12. — P. 53—55.
41. Advances in Differential Evolution / Ed. Uday Ch. // Studies in Computational Intelligence. — Berlin: Springer, 2009. — P. 15—19.
42. Chunjiang Zhang. Electromagnetism-like Mechanism For Fuzzy Flow Shop Scheduling Problems Algorithm // J. of Global Optimization. — 2003. — 25. — P. 263—282.
43. Субботин С.А., Олейник А.А. Сравнительный анализ методов эволюционного поиска // Искусственный интеллект. — 2008. — № 6. — С. 125—129.
44. Aluffi-Pentini F., Parisi V., Zirilli F. Global optimization and stochastic differential equations // J. of optimization theory and applications. — 1985. — 47, Is. 1. — P. 1—16.
45. Ali M., Storey C. Application of some stochastic global optimization algorithms to practical problems // Ibid. — 2004. — P. 545—563.

46. Kaelo P., Ali M. Differential evolution algorithms using hybrid mutation // Computational Optimization and Applications. — 2007. — 37. — P. 231—246.

47. Huang Z., Wang Ch. A Robust Archived Differential Evolution Algorithm for Global Optimization Problems // Journal of Computers. — 2009. — 4. — P. 160—167.

48. Електробезпека [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sop.com.ua/article/745-elektrobezpeka> (дата звертання 08.05.2022).

49. Лекція 4. Організація обслуговування електротехнічного обладнання у сільському господарстві. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=275105> (дата звертання 11.05.2022).

50. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Львів : Укр. акад. друкарства, 2006. — 336 с.

51. Призначення відповідального за електрогосподарство [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sop.com.ua/article/106-qqq-16-m8-22-08-2016-priznachennya-vdpovdalnogo-za-elektrogospodarstvo> (дата звертання 08.05.2022).

52. Визначення групи з електробезпеки [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://esop.m CFR.ua/466661?utm_source=www.sop.com.ua&utm_medium=refer&utm_campaign=content_link (дата звертання 08.05.2022).

53. Правила охорони праці під час виконання електромонтажних робіт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/pravylo-ohorony-praci-pid-chas-vykonannya-elektromontazhnyh-robit> (дата звертання 08.05.2022).

54. Хто і яку несе відповідальність за порушення в сфері охорони праці? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ohrana-truda.in.ua/uk/materyalu/otvetstvennost-za-narushenie-zakonodatelstva-ot/> (дата звертання 10.05.2022)

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

ІХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



8–9 грудня 2021 року

ТЕРНОПІЛЬ
2021

О. Ревнюк, Н. Загородна МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВЕБ-ДОДАТКІВ O. Revnuk, N. Zagorodna MODELS AND METHODS FOR EVALUATION OF WEB-APPLICATIONS QUALITY	73
А. Степанов, А. Мукитський ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СТАНДАРТНИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ВЕБ-ДОДАТКІВ A. Stepanov, A. Mykutyshyn STUDY AND IMPROVEMENT OF STANDARD METHODS OF WEB- APPLICATIONS PROTECTION	75
М. Серватинюк ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ OSINT В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМ РИЗИКАМИ M. Servatniuk INTEGRATION OF OSINT METHODS INTO THE INFORMATION RISK MANAGEMENT SYSTEM	76
Д. Сиренко, Р. Грималовський, І. Дедів СПОСІБ ПІДСИЛЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО СПРІЙНЯТТЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ СТОХАСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ D. Sirenko, R. Grymalovsky, I. Dediv THE METHOD OF ENHANCING VISUAL PERCEPTION OF IMAGES ON THE BASIS OF STOCHASTIC RESONANCE	77
Д. Стюпа, О. Ярема МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ ВІД НЕСАВКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ VPN D. Stupa, O. Yarema METHODS OF SECURING INFORMATION, TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS FROM UNAUTHORIZED ACCESS USING VPN TECHNOLOGY	78
В. Сумко ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ У ПОРІВНЯННІ З ЗВІЧАЙНИМИ КОМП'ЮТЕРНИМИ ПРОГРАМАМИ V. Sumko PECULIARITIES OF EXPERT SYSTEMS IN COMPARISON WITH COMMON COMPUTER PROGRAMS	79
В. Гафінетс, І. Струтинська БЛОКЧЕЙН ТА РОЗУМНЕ МІСТО V. Hafinets, I. Strutynska BLOCKCHAIN AND A SMART CITY	80
І. Станько, А. Войтович ОГЛЯД МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ I. Stanko, A. Vojtovych OVERVIEW OF PROCESS OPTIMIZATION METHODS	81
Ю. Сибайло ОГЛЯД СИСТЕМИ ПІД НАЗВОЮ K COMPUTER Y. Stibailo OVERVIEW OF THE K COMPUTER SYSTEM	83

УДК 004.891

В.В. Сумко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ У ПОРІВНЯННІ ЗІ ЗВІЧАЙНИМИ КОМП'ЮТЕРНИМИ ПРОГРАМАМИ

UDC 004.891

V.V. Sumko

PECULIARITIES OF EXPERT SYSTEMS IN COMPARISON WITH COMMON COMPUTER PROGRAMS

Симуляція способів мислення людини щодо вирішення завдань в проблемній області значно ріднить експертні системи (ЕС) від схожих систем у сфері математичної симуляції. Програма не в змозі абсолютно відтворити визначену психологічну модель спеціаліста власне в цій предметній області (експерта), проте важливо, що основна увага приділена відтворенню за допомогою комп'ютера методології вирішення проблем, котра застосовується експертом, фактично реалізація деякої частини завдань аналогічно до роботи експерта (чи навіть краще).

ЕС, окрім власне проведення обчислень, будує визначені міркування і висновки, спираючись на тих знаннях, котрими вона володіє. Знання є представленими на деякій спеціальній мові та є збереженими порізно від самого коду, котрий і формує умовиноди і міркування. Такий елемент програми називається базою знань. Для вирішення задач здебільшого користуються евристичними та наближеними методами, котрі (на відміну від алгоритмічних) не гарантують отримання успішного результату завжди. Такі методи не вимагають повної вхідної інформації, а також існує ймовірність впевненості (чи невпевненості) власне в тому, що запропонований розв'язок є правильним. Ще одна відмінність ЕС від звичайних систем в тому, що вони володіють знаннями у визначній предметній області, котрі є результатом власне практичної діяльності людини, і використовують їх для розв'язування завдань, які їй притаманні. Також ЕС відмінні і від інших типів програм штучного інтелекту (ШІ).

ЕС працюють з реальними об'єктами, виконання операцій з якими потребує володіння досвідом, котрий накопичений самою людиною. Безліч програм зі сфери ШІ є дослідними, основна увага в яких спрямована на абстрактні математичні проблеми. Основна мета роботи такої програми – це відпрацювання визначеної методики. ЕС мають чітку практичне направлення у визначеній науковій або комерційній сфері.

Продуктивність – це один з визначальних атрибутів ЕС. Це швидкість одержання достовірного і надійного результату. Програми ШІ - це засіб дослідження, а не чистий програмний продукт, тому вони можуть бути не надто швидкими, а також не виключені відмови, які можуть в них виникати. ЕС має упродовж прийнятвого часу зуміти знайти таке рішення, котре б було як мінімум не гіршим за те, що може представити фахівець в цій предметній області. Властиво ЕС має володіти хвєтом пояснити, власне чому пропонується тільки таке рішення, та вміти обгрунтувати його. Розробка ЕС планується для взаємодії з користувачами, власне для яких вона властиво має бути зрозумілою (за можливості).

Створення ЕС володіє суттєвими відмінностями у порівнянні із розробкою звичайного програмного засобу. Застосування методологій розробки, прийнятих в стандартному програмуванні, неефективні для ЕС, так як затягують процес її створення, або дадуть негативний результат. Неформалізованості завдань, котрі вирішуються ЕС, відсутність фіналізованої теорії та методології їх розробки – все це говорить про необхідність зміни принципів і способів створення ЕС по мірі того, як набираються знання розробників щодо проблемної області.