

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизація та інформатизація наукових досліджень електромеханічних пристроїв та систем»

**Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітні програми - Електричні та електронні апарати;
Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв**

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «**Автоматизація та інформатизація наукових досліджень електромеханічних пристроїв та систем**» для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – **Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітні програми - Електричні та електронні апарати; Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв** / Укл.: М.О. Поляков – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 19 с.

Укладач:

М.О. Поляков, проф., д.т.н.

Рецензент:

В.В. Василевський, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

П.Д. Андрієнко, проф., д.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електричні та електронні апарати»
Протокол №7
від 26 грудня 2023 р

Затверджено
НМК ЕТФ
Протокол № 7
Від 21.03. 2024 р

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота № 1	4
Лабораторна робота № 2	6
Лабораторна робота № 3	7
Лабораторна робота № 4	8
Лабораторна робота № 5	11
Лабораторна робота № 6	12
Лабораторна робота № 7	14
Лабораторна робота № 8	16
Перелік посилань	19

ВСТУП

У даному курсі лабораторних робіт вивчаються методи та засоби автоматизації наукових досліджень, такі як АЦП та фільтрація даних, нечіткий контролер, навчання нейронної мережі, кластерний аналіз, генетичні алгоритми, вейвлет аналіз, логічне програмування, комп'ютерне моделювання.

Використання комп'ютера та інформаційних технологій - це обов'язкова кваліфікаційна вимога до магістра, який виконує наукові дослідження у галузі електромеханічних пристроїв та систем. Тому якісне, творче виконання запропонованих лабораторних робіт буде сприяти закріпленню теоретичного матеріалу дисципліни.

Для успішного і своєчасного виконання кожної лабораторної роботи студент повинний якісно до неї підготуватись поза розкладом лабораторних занять: вивчити теоретичний матеріал [1-5], ознайомитись з методичними вказівками відповідно до теми лабораторної роботи, розробити тексти програми тощо. Після виконання роботи, студент повинен погодити з викладачем її результати, надати та захистити звіт.

Звіт має бути оформлений у відповідності з ДСТУ 3008 - 2015 і захищений.

Перед виконанням циклу лабораторних робіт студенти повинні пройти інструктаж з техніки безпеки і внутрішнього розпорядку комп'ютерного класу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

АЦП та фільтрація даних

Мета роботи: навчитись вводити зібрані в результаті дослідження данні в комп'ютер і обробляти їх.

Теоретичні відомості

Технологія введення зібраних даних в керуючий комп'ютер і їх обробки описана в [1,4]. Ключовими етапами обробки сигналів є їх цифрування (дискретизація, квантування) и цифрова фільтрація.

Інтервал дискретизації аналогового сигналу має бути достатнім для послідууючого встановлення його форми. Частота вибірки f_s - величина зворотна інтервалу дискретизації. Якщо $f_s < 2f$, де f - частота сигналу що досліджується, то форму цього сигналу неможливо встановити. Гранична частота дискретизації $f_n = 2f$ зветься частотою Найквіста або Котельникова. Якщо аналоговий сигнал містить будь які частоти f , що перебільшують $f_n / 2$, то ці високочастотні компоненти з'являються в послідовності даних вибірки як псевдочастоти $f_0 = f_s - f$.

Практична частина

1. Дослідити дискретизацію синусоїдального сигналу с частотою f , вибірками с частотою f_s від $1f$ до $2f$. Побудувати графік $f_0 / f_s = \varphi(f / f_s)$.

2. Дослідити дискретизацію синусоїдального сигналу с частотою $f = 0,01f_c$ на фоні поміх с частотою f_c (наприклад, $f_c = 50$ Гц), використовуючи вибірки с частотою $f_s = 1,2f_c$. Побудувати графіки залежності від часу сигналу разом з поміхами мережі, встановленого сигналу разом з f_0 . Визначити f_0 в встановленому сигналі.

3. Дослідити цифровий причинний фільтр низької частоти ковзного середнього сигналу. В якості сигналів, що вимірюються, обрати суміш шуму та синусоїдального сигналу або послідовності прямокутних імпульсів. Дослідити якість фільтрації при різній кількості вибірок що усереднюються. Привести осцилограми досліджень.

4. Дослідити цифровий експоненціальний фільтр низької частоти першого порядку. В якості сигналів, що вимірюються, обрати суміш шуму та послідовності прямокутних імпульсів. Дослідити якість фільтрації при різному значенні вагового коефіцієнту α .

Методичні вказівки

Дослідження процесів дискретизації та фільтрації сигналів проводить у середовищі Simulink.

Контрольні запитання

1. Етапи введення зібраних даних в керуючий комп'ютер і їх обробки.
2. Вимоги до інтервалу дискретизації.
3. Що таке частота Найквіста.
4. Які фільтри зветься Moving Average - MA, AutoRegressive – AR, ARMA, causal, non-causal, exponential smoothing.
5. Операції обробки вимірюваної інформації.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Нечіткий контролер

Мета роботи: вивчити принципи дослідження за допомогою нечітких контролерів

Теоретичні відомості

Нечіткий контролер використовують у випадках, коли неможливо створити модель об'єкту дослідження у формі диференціальних рівнянь. Тоді використовують досвід експертів, який є нечітким. Він втілюється в функції приналежності змінних моделі.

Практична частина

1. Дослідити використання нечіткого контролеру як альтернативу PID- контролеру за допомогою демонстраційного прикладу ‘Water Tank with View Ruler’ у пакеті Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab.
2. Дослідити використання нечіткого контролеру як експертної системи прогнозування технічного стану електромеханічного пристрою.

Методичні вказівки

Для створення нечіткого контролеру використовувати редактори структури, функцій приналежності та правил у пакеті Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab.

Контрольні запитання

1. Що таке нечітка множина.
2. Що таке лінгвістична зміна.
3. Етапи створення нечіткого контролеру.

4. Переваги нечіткого контролеру.
5. Приклади використання нечіткої логіки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Навчання нейронної мережі

Мета роботи: вивчити принципи побудови моделі явища або процесу за допомогою навчання нейронної мережі.

Теоретичні відомості

Штучні нейронні мережі використовуються для побудови моделі явища або процесу у випадках коли не має досліду експертів. Навчання нейронної мережі виконується шляхом введення результатів догляду роботи об'єкту дослідження у форматі «вхід – вихід».

Процес утворення нечіткої моделі шляхом навчання нейронної мережі описано в [5].

Практична частина

1. Дослідити процес утворення нечіткої моделі математичної функції шляхом навчання нейронної мережі. Для цього :

- Зробити за допомогою текстового редактору файл із розширенням .txt який містить 10-20 пар строк значень аргумент-функція та завантажити його у програму **anfisedit** системи Matlab.
- Здобути модель зберегти як файл із розширенням .fis, відкрити та виконати у пакеті **Fuzzy Logic Toolbox** системи Matlab.
- Розрахувати похибку обчислення значення математичної функції за допомогою створеної нечіткої моделі. При необхідності змінити параметри утворення моделі у середовищі **anfisedit** та розрахувати похибку.

2. Дослідити процес утворення нечіткої моделі випадкового процесу у якому функція процесу залежить від її значень у попередні моменти часу.

Методичні вказівки

Для побудови нечіткої моделі використовувати функцію **anfisedit** а для дослідження пакет **Fuzzy Logic Toolbox** системи Matlab.

Контрольні запитання

1. Що таке штучний нейрон.
2. У чому переваги побудови нечіткої моделі шляхом навчання нейронної мережі.
3. Приклади використання моделей здобутих шляхом навчання нейронної мережі.
4. Як змінити параметри отриманої моделі у середовищі програми **anfisedit**.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Кластерний аналіз даних

Мета роботи: навчитися розбивати данні досліджень на множену кластерів.

Теоретичні відомості

Кластерний аналіз (або автоматична класифікація, розпізнавання образів без учителя, численна таксономія) займає одно з центральних міст серед методів аналізу даних и представляє собою сукупність підходів, методів і алгоритмів призначених для знаходження деякого розбиття сукупності об'єктів, що досліджуються, на підмножини відносно, схожих між собою об'єктів - кластерів.

Задачею нечіткої кластеризації є знаходження нечіткого розбиття або нечіткого покриття множин елементів, що досліджуються, які створюють структуру нечітких кластерів, присутніх у даних що розглядаються.

Для рішення задачі нечіткої кластеризації може бути використана функція командної строки **fcm** системи Matlab, алгоритм якої заснований на методі нечітких середніх або спеціальний графічний інтерфейс кластеризації функції **findcluster**. Вхідними аргументами функції **fcm** є: **data** - матриця первинних даних; **cluster_n** – число первинних кластерів. Вихідні аргументи функції **fcm**: **center** – матриця центрів нечітких кластерів які шукаються; **U**- матриця значень функції належності розбиття що шукається; **obj_ f_{cm}** – значення цільової функції на кожній з ітерацій роботи алгоритму. Для рішення задачі визначення числа кластерів використовується функція **[C,S]= subclust (x,**

radii, x Bounds, options), де: **X** – матриця даних кластеризації, **radii** – вектор, який задає діапазон розрахунку центрів кластерів по кожній з ознак вимірювань (оптимальні значення **radii** =0,2 – 0,5); **xBounds** – матриця відображення даних **X** в деякому одиничному гіперкубі, яка містить мінімальні та максимальні значення інтервалу вимірювань по кожній з ознак; **options** – вектор додаткових параметрів алгоритму кластеризації.

Компоненти вектора **options**:

- **options (1)** – визначає округу центра кластера;
- **options (2)** – встановлює потенціал як частину потенціалу першого кластера, вище якої друга точка даних може використовуватися в якості центра іншого кластера;
- **options (3)** – встановлює потенціал як частину потенціалу першого кластера, нижче якої друга точка даних може використовуватися в якості центра іншого кластера;
- **options (4)** – признак виведення інформації про виконання процесу кластеризації на монітор.

По умовчанню **options** (1,25 0,5 0,15 0).

Практична частина

1. Виконати нечітку класифікацію даних які містяться в файлі **fcmdata.dat**, який постачається зі системою Matlab. Ці данні представляють матриці 140*2. Для рішення задачі використовувати послідовності команд наведених вище. В звіті привести графіки координат крапок даних і центрів n кластерів, що шукаються, на площині відповідного вікна системи Matlab.

2. Виконати постановку задачі та нечітку класифікацію з використанням функції **fcm** даних що задані таблицею в пакеті Excel. У звіті привести графіки координат крапок початкової сукупності та центрів шуканих кластерів.

3. Виконати нечітку класифікацію даних з використанням графічного інтерфейсу функції **findcluster**. При цьому загрузити вихідні дані з зовнішнього файлу **Matlab/toolbox/fuzzy/furdemos/fcmdata.dat**. У звіті привести графіки координат крапок вихідної сукупності та центрів шуканих кластерів.

4. Визначити, використовуючи функцію **subclust** командної строки, кількість кластерів в вихідних даних пункту 3. Дослідити

вплив параметрів цієї функції на результат визначення кількості кластерів.

5. Визначити кількість кластерів у вихідних даних пункту 3 за допомогою графічного інтерфейсу. Для чого запустити у командній строчці засіб **findcluster** з методом кластеризації **subtractive** у вікні **Methods**.

Контрольні запитання

1. Що таке численна таксономія.
2. Що таке кластерний аналіз.
3. Назвіть задачу нечіткої кластеризації.
4. Назвіть засоби нечіткої кластеризації в пакеті Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab.
5. Суть методу субтрактивної кластеризації.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Генетичні алгоритми

Мета роботи: навчитися вирішувати задачі оптимізації багато-параметричних функцій з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію.

Теоретичні відомості

Генетичний алгоритм (ГА) – це алгоритм, який дозволяє знайти задовільне рішення аналітично нерозв'язних або складно розв'язних проблем через послідовний перебір і комбінування вихідних параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію [5].

Генетичні алгоритми оперують з сукупністю особей (популяцією), які є собою строки и кодують одно з рішень задачі.

Задача оптимізації розглядається ГА як задача знаходження максимуму деякої функції пристосованості. За допомогою функції пристосованості з усіх особей популяції обирають найбільш пристосовані (більш підходящі рішення), які отримують можливість схрещуватися та давати потомство. Найгірші особи (погані рішення) видаляються з

популяції и не дають потомства. Таким чином, пристосованість нового покоління у середньому вище попереднього.

Крок ГА складається з трьох стадій: відбору, схрещування та мутації. В класичному ГА ймовірність кожної особи попасти в проміжну популяцію пропорційно її пристосованості (пропорціональний відбір).

При схрещуванні, особи проміжної популяції розбиваються на пари які схрещуватимуться, тобто. за допомогою кроссоверу формуються особи с новими функціями пристосованості. Оператор мутації необхідний для "вибивання" популяції з локального екстремуму. Під час мутації кожний біт кожної особи популяції с деякою ймовірністю (як правило меншої ніж 0,01) інвертується.

Критерієм зупинки еволюції є задана кількість поколінь, під час яких кроссовер практично не змінює популяції.

Існують різні моделі ГА, що відрізняються способами реалізації етапів алгоритму.

Засоби для реалізації ГА є у системі Matlab.

Практична частина

1. У пакеті Matlab увійти у засіб Genetic Algorithm and Direct Search, ознайомитися с розділами допомоги Introducing Genetic Algorithm and Direct Search, Get Started with Genetic Algorithm

2. Знайти мінімальне значення функції

$$f(x_1, x_2) = x_1^2 - 2x_1x_2 + 6x_1 + x_2^2 - 6x_2. \quad (5.1)$$

З цією метою за зразком прикладу створити m-файл с фітнес функцією (5.1) и функцією генетичного алгоритму **ga**. Запустити цій файл у командній строчці та записати знайдене мінімальне значення функції та змінних x_1 и x_2 .

3. Знайти мінімальне значення функції (5.1) засобом **optitool**. З цією метою набрати в командній строчці **type ps_example**, проглянути m-файл, потім створити за зразком m-файл функції (5.1). Далі відкрити вікно **optitool**, задати в ньому ім'я створеного файлу (**Objective function**), початкові значення вхідних змінних (**Startpoint**), запустити

оптимізацію (**Start**). Після завершення заданого числа ітерацій записати знайдене мінімальне значення функції та змінних x_1 і x_2 .

Контрольні запитання

1. Що таке генетичний алгоритм.
2. Де застосовуються генетичні алгоритми.
3. Що таке функція пристосованості.
4. Стадії шага генетичного алгоритму.
5. Що таке кроссовер у генетичному алгоритмі.
6. Які засоби для реалізації генетичних алгоритмів є в системі Matlab.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Вейвлет аналіз

Мета роботи: вивчити принципи дослідження и порівняти можливості перетворювань Фур'є та вейвлет – перетворювання.

Теоретичні відомості

Як правило, сигнали що досліджуються представлені як функції часу(у часовій області). У багатьох випадках корисним є знання спектра частот, які містяться у вихідному сигналі - представлення сигналу в частотній області. Для переходу від часового представлення до частотного використовується перетворювання Фур'є. Його недоліки виявляються при аналізі нестационарних сигналів – таких сигналів в яких окремі гармоніки присутні не весь час його спостереження. При аналізі таких сигналів ефективно використовувати вейвлет – перетворювання.

Практична частина

1. Дослідити обмеження перетворювання Фур'є. Для чого в середовищі Simulink зібрати генератори сигналів:

$$x_1(t) = \cos(2\pi 10t) + \cos(2\pi 25t) + \cos(2\pi 50t) + \cos(2\pi 100t), \quad (6.1)$$

$$x_2(t) = \begin{cases} \cos(2\pi 10t), & 0 \leq t \leq 300 \text{ мс} \\ \cos(2\pi 25t), & 300t \leq 600 \text{ мс} \\ \cos(2\pi 50t), & 600 < t \leq 900 \text{ мс} \\ \cos(2\pi 100t), & 900 < t \leq 1200 \text{ мс} \end{cases} \quad (6.2)$$

2. Виконати моделювання на інтервалі $[0, 1200 \text{ мс}]$ и отримати спектри сигналів x_1 и x_2 з використанням перетворювання Фур'є та блока FFT (Simulink/DSPBlockset/Estimation/PowerSpectrum Estimation). Графіки $x_1(t)$ та $x_2(t)$, а також спектри сигналів відобразити у звіті.

3. Дослідити можливості вейвлет - перетворювання. Для чого використати сигнали x_1 и x_2 які задані рівняннями (6.1) и (6.2) та заціб Wavelet з пакегу Toolboxes Matlab.

Контрольні запитання

1. Переваги представлення сигналів у часовій та частотній області.
2. Комп'ютерні засоби для Фур'є та вейвлет - перетворювання.
3. Переваги вейвлет - перетворювання порівняно з перетворюванням Фур'є.
4. Поняття скейлет функції и материнського вейвлета.
5. Методика аналізу сигналів с використанням вейвлета Хаара.
6. Методика кратномасштабного аналізу сигналів з використанням вейвлетів с кратністю $n=3$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Логічне програмування

Мета роботи: навчитися синтезувати знання з фактів за допомогою логічного програмування мовою ПРОЛОГ.

Теоретичні відомості

Логічне програмування – це використання дедуктивних процедур (процедур логічного виводу) як механізму обчислень. Для автома-

тизації обчислень використовуються програми на языках логічного програмування, наприклад ПРОЛОГ. У таких програмах формулюються відомості про задачу у вигляді логічних аксіом та припущення, достатні для її рішення. Сама задача формулюється як цільове ствердження, що підлягає доказу.

Програма мовою ПРОЛОГ складається з речень. Кожне речення закінчується крапкою. Речення бувають трьох типів: факти, правила та питання. Факти містять правила, які є завжди безумовно, вірними. Правила містять ствердження, істинність яких залежить від деяких вимог. За допомогою питань користувач запитує систему, які ствердження є істинними.

Можливості логічного програмування виконувати логічний вивід із створенням нового знання на основі статичного опису ситуації (стану деякій прикладної області реального мира) широко застосовується у різноманітних "експертних системах" - системах підтримки прийняття рішень.

Практична частина

1. Застосування логічного виводу для аналізу логічних схем. Нехай задана логічна схема напівсуматору (рис.7.1).

Ця схема описується мовою ПРОЛОГ як ствердження

half – add (A, B, S, C) ← xor (A, B, S), nand (A,B,T1), not

(T1,C).

Елементарні функції **xor**, **nand**, **not** описуються за допомогою фактів, що повторюють відповідні таблиці істинності:

xor (x, x, 0)

xor (0, 1, 1)

xor (1, 0, 1)

nand (0, 0, 1)

nand (0, 1, 1)

nand (1, 0, 1)

nand (1, 1, 0)

not (0, 1)

not (1, 0).

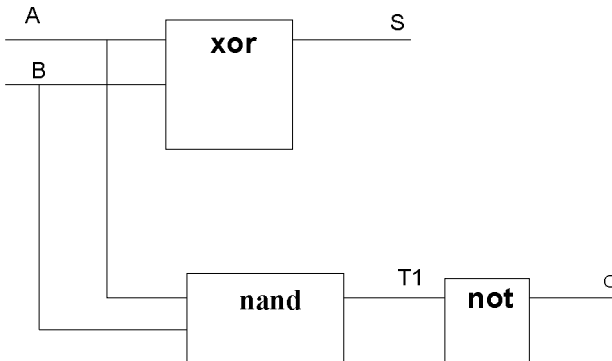


Рисунок 7.1 – Схема напівсуматору

Сформулювати мовою ПРОЛОГ питання:

- Які виходи S і C цієї схеми при входах 0,0?
- При яких входах, вихід S буде нульовим, а вихід C – одиничним?
- При яких входах схеми виходи S і C будуть збігатися?

Виконати ПРОЛОГ - програми с поставленими питаннями на комп'ютері. Тексти програм і відповіді привести в звіті.

2. Перевірити за допомогою логічного програмування чи є правильними слідуючи міркування:

"Якщо Джонс не зустрів цією нічю Сміта, то або Джонс був вбивцем, або Джонс брехун. Якщо Сміт не був вбивцем, то Джонс не зустрів Сміта цією нічю, і вбивство мало місце після полуночі. Якщо ж вбивство мало місце після полуночі, то або Сміт був вбивцем, або Джонс брехун. Отже, Сміт був вбивцем."

Тексти ПРОЛОГ - програми привести в звіті.

3. Перевірити за допомогою логічного програмування істинність стверджень:

- сепульки не хронічні тільки в случає відсутності у них властивості латентності;

б) латентність сепулєк не є не обхїдною вимогою їх хронїчності або бїфуркальностї;

в) сепулькї бїфуркальнї тїльки в випадку їх хронїчності або латентностї;

г) хронїчность сепулєк є достатньою вимогою їх латентностї або бїфуркальностї;

д) для того, щоб сепулькї були бїфуркальнї, достатньо тїльки щоби вони були хронїчнї;

е) для нехронїчності сепулєк необхідним є вїдсутнїсть у них як бїфуркальностї, так і латентностї.

Вїдомо, що "хронїчнї сепулькї завжди латентнї або бїфуркальнї".

Тексти ПРОЛОГ – програми привести в звітї.

Контрольнї запитання

1. Що таке логїчне програмування.
2. Структура програми мовою ПРОЛОГ.
3. Дайте визначення речень рїзних типїв, якї використовуються в ПРОЛОГ - програмах.
4. Трьох школярїв А, В и С було викликано до директору. В бесїдї з директором А стверджував, що В брехун, В стверджував, що бреше С, а С стверджував, що обидва А и В, брешуть. Що може заключити директор?
5. Методика аналізу логїчних схем с допомогою ПРОЛОГ – програм.
6. Синтез експертних систем с допомогою ПРОЛОГ – програм.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Комп'ютерне моделювання

Мета роботи: навчитися проектувати та використовувати комп'ютерну модель системи що досліджується.

Теоретичнї вїдомостї

Комп'ютерне моделювання – основний метод одержання інформації об об'єкті що досліджується при вїдсутностї реального об'єкта.

Модель системи досліджень включає підсистеми об'єкта дослідження, регулювання, зовнішнього середовища та обробки даних.

Вихідними даними для побудови підсистеми об'єкта досліджень є результати теоретичних досліджень в формі диференціальних рівнянь або передаточні функції елементів об'єкта та с'язків між ними, що описують поведінку об'єкта; опит експертів, результати спостереження за реакціями на вихідні зовнішні дії аналогічного об'єкта.

Підсистема регулювання містить релейний, ПД або нечіткий регулятори. Модель зовнішнього середовища представляє собою формувачі залежних від часу зовнішніх дій на об'єкт дослідження. Підсистема обробки даних забезпечує розрахунок вторинних параметрів, візуалізацію та збереження результатів дослідження. В деяких випадках складовою частиною моделі об'єкта досліджень є моделі його дефектів и технічних станів.

Система досліджень може бути реалізована в програмному середовищі системи управління об'єктом як компонент програмного забезпечення програмованого логічного контролера, SCADA-системи або в універсальному пакеті моделювання, наприклад Simulink.

Практична частина

1. Виконати аналіз вихідних даних для побудови системи досліджень теплових процесів в паперовій ізоляції обмоток у силовому оліє наповненому трансформаторі. Трансформатор має одну ступень охолодження та працює в режимах ONAN, OFAF. Регулювання температури олії виконується релейним регулятором по значенням температури верхніх слоїв олії.

Для створення термодинамічної моделі трансформатора (ТДМТ) використати рівняння балансу енергій. Дефект системи охолодження, що приводить до зниження в процесі експлуатації трансформатора ефективності охолодження моделювати введенням залежності теплового опору ділянки «трансформатор – зовнішнє середовище» від часу. Наявність дефектів приводить до відмов. Будемо розрізняти катастрофічні и параметричні відмови системи охолодження. Для настройки ТДМТ використовувати технічні характеристики трансформатора що заданий і результати його теплових випробувань.

Модель «зовнішнє середовище» різна на різних етапах дослідження. Зовнішні дії можуть бути незмінними синусоїдальними, імпульсними, випадковими, реальними даними, що отримані системою моніторингу параметрів трансформатора и др.

Підсистема обробки даних формується в відповідності до мети дослідження та може виконувати розрахунки температури найбільш нагрітої точки ізоляції, сумарного часу ввімкненого стану системи охолодження, відносної швидкості зносу ізоляції, витрат ресурсу ізоляції, затрат на функціонування системи охолодження за час дослідження та інші.

В якості середовища моделювання обрати засіб Simulink.

2. Виконати налагодження ТДМТ. Для чого зібрати цю модель у засобі Simulink, змоделювати зовнішні дії, при яких проводились теплові випробування, отримати в результаті моделювання залежність температури верхніх слоїв олії от часу та, шляхом підбору теплових параметрів моделі, добитися її максимально можливої відповідності результатам теплових випробувань у режимах ONAN, OFAF. Після виконання налагодження оцінити погрішність моделювання.

3. Виконати дослідження теплових процесів у трансформаторі у відсутності дефектів системи охолодження. З цією метою поєднати контур регулювання ТДМТ та релейний регулятор. Тепловий опір ділянки «трансформатор – зовнішнє середовище» задати константою, час моделювання роботи трансформатора – доба. Параметри добового коливання температури обрати по ДСТУ 14209-97 для найбільш спекотного дня року. Моделювання теплових процесів проводити при різних формах залежності струму навантаження від часу. В результаті досліджень встановити максимальну температуру верхніх слоїв олії, найбільш нагрітої точки ізоляції обмоток, сумарний час я роботи системи охолодження в режимі OFAF, максимальну відносну швидкість термічного зносу ізоляції, витрату ресурсу ізоляції обмоток.

4. Дослідити теплові процеси в трансформаторі при наявності параметричних або катастрофічних дефектів в системі охолодження. Для чого, в модель системи, яка описана в пункті 2, вести дефект системи охолодження що виявляється в рості (лінійно або стрибком) починаючи з деякого моменту часу, значення теплового опору ділянки «трансформатор – зовнішнє середовище». Порівняти результати досліджень за пунктами 2 и 3.

Контрольні запитання

1. Область застосування, переваги та недоліки метода дослідження шляхом комп'ютерного моделювання.
2. Основні елементи системи дослідження методом комп'ютерного моделювання.
3. Основні елементи системи дослідження теплових процесів у силовому олієнаповненому трансформаторі.
4. Методика налагодження ТДМТ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Третяк О.В. Засоби та системи автоматизації наукових досліджень: підручник / О.В. Третяк, Ю.В. Бойко ; КНУТШ. - Київ: ВПЦ "Київський університет", 2007. – 320 с. – (Автоматизація наукових досліджень / ред. О.В. Третяк).
2. Петергеря Ю.С. Інтелектуальні системи забезпечення енергозбереження житлових будинків: навч. посіб. - К.: Медіа-Прес, 2008. – 255 с.
3. Булгакова, О. С. Методи та системи штучного інтелекту: теорія та практика [Текст] : навчальний посібник / О. С. Булгакова, В. В. Зосімов, В. О. Поздєєв. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. – 356 с.
4. Рокочинський, А. М. Основи наукових досліджень [Текст] : навч. посібник / А. М. Рокочинський, А. М. Сапсай, С. В. Шалай ; за ред. А.М. Рокочинського. – Стереотип. вид. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. – 178 с.
5. Субботін, С. О. Нейронні мережі: теорія і практика [Текст] : навчальний посібник / С. О. Субботін. – Житомир : О. О. Євенок, 2020.– 184 с.