

Вінницький національний технічний університет
Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

**Діагностування ланки постійного струму
перетворювачів частоти**

Паршенко К.А.

Керівник: к.т.н. доцент. Проценко Д.П.

Вінниця – 2019

Діагностування ланки постійного струму перетворювачів частоти

Метою роботи є підвищення надійності роботи перетворювачів частоти шляхом вдосконалення методів та засобів діагностування їх кіл постійного струму.

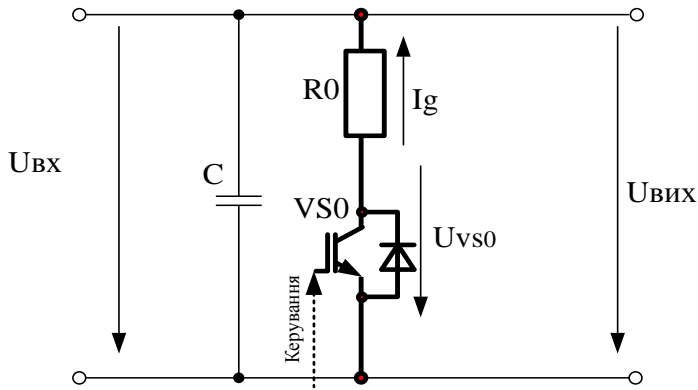
Відповідно до вказаної мети в роботі необхідно розв'язати такі **основні задачі**:

- провести огляд існуючих методів і засобів для діагностування кіл постійного струму перетворювачів частоти, визначити причини виходу їх з ладу ;
- розробити математичні моделі діагностування кіл постійного струму перетворювачів частоти;
- за математичними моделями розробити структурні схеми пристроїв для діагностування, що далі реалізуються на базі промислових компонентів, які виробляються серійно, або інтегрувати їх в існуючі системи діагностування перетворювача частоти;

Об'єктом дослідження є процес визначення поточного стану кола постійного струму перетворювача та процес визначення ступеня його наближення до аварійного стану.

Предметом дослідження є коло постійного струму перетворювача частоти та його складові.

Математична модель вейвлет-діагностування кола постійного струму перетворювача частоти



Ланка постійного струму перетворювача частоти

Стани	Діагностичні ознаки кола постійного струму				
	ΔU_C	U_{vs0}	I_g	T_r°	T_{vs0}°
Q_0	1	1	1	1	1
Q_1	1	0	1	1	0
Q_2	0	1	0	1	1
Q_3	0	0	1	1	0
Q_4	0	0	0	1	1

Таблиця 1 – Стани кіл постійного перетворювачів частоти

де в таблиці 1: Q_0 – справний стан; Q_1 – справний стан, з перегрівом силового модуля; Q_2 – несправний гальмівний резистор; Q_3 – критичний стан; Q_4 – несправний стан; ΔU_C – перенапруга на конденсаторі фільтра; U_{vs0} – напруга на IGBT модулі; I_g – струм через гальмівний резистор; T_r° – температура гальмівного резистора; T_{vs0}° – температура IGBT модуля, число «1» відповідає попаданню параметру і діапазон допустимих значень; «0» – виходу за межі діапазону допустимих значень відповідної діагностичної ознаки.

Математична модель вейвлет-діагностування кола постійного струму перетворювача частоти

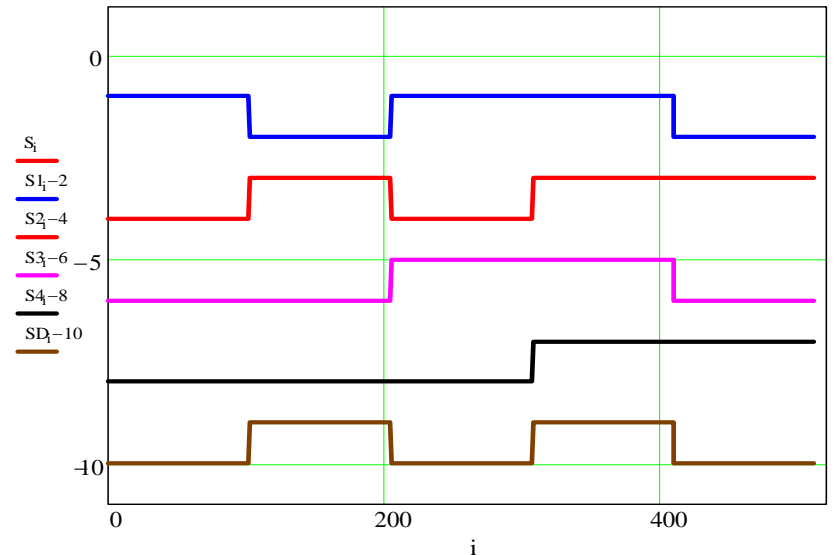
$$S1_i = \begin{cases} 1, \text{ якщо } 0 \leq i \leq \frac{N}{5}; \\ 0, \text{ якщо } \frac{N}{5} \leq i \leq 2 \cdot \frac{N}{5}; \\ 1, \text{ якщо } 2 \cdot \frac{N}{5} \leq i \leq 3 \cdot \frac{N}{5}; \\ 0, \text{ якщо } 3 \cdot \frac{N}{5} \leq i; \end{cases}$$

$$S2_i = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 0 \leq i \leq \frac{N}{5}; \\ 1, \text{ якщо } \frac{N}{5} \leq i \leq 2 \cdot \frac{N}{5}; \\ 0, \text{ якщо } 2 \cdot \frac{N}{5} \leq i \leq 3 \cdot \frac{N}{5}; \\ 1, \text{ якщо } 3 \cdot \frac{N}{5} \leq i; \end{cases}$$

$$S3_i = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 0 \leq i \leq 2 \cdot \frac{N}{5}; \\ 1, \text{ якщо } 2 \cdot \frac{N}{5} \leq i \leq 4 \cdot \frac{N}{5}; \\ 0, \text{ якщо } 4 \cdot \frac{N}{5} \leq i; \end{cases}$$

$$SD_i = \begin{cases} 0, \text{ якщо } 0 \leq i \leq \frac{N}{5}; \\ 1, \text{ якщо } \frac{N}{5} \leq i \leq 2 \cdot \frac{N}{5}; \\ 0, \text{ якщо } 2 \cdot \frac{N}{5} \leq i \leq 3 \cdot \frac{N}{5}; \\ 1, \text{ якщо } 3 \cdot \frac{N}{5} \leq i \leq 4 \cdot \frac{N}{5}; \\ 0, \text{ якщо } 4 \cdot \frac{N}{5} \leq i; \end{cases}$$

(2)



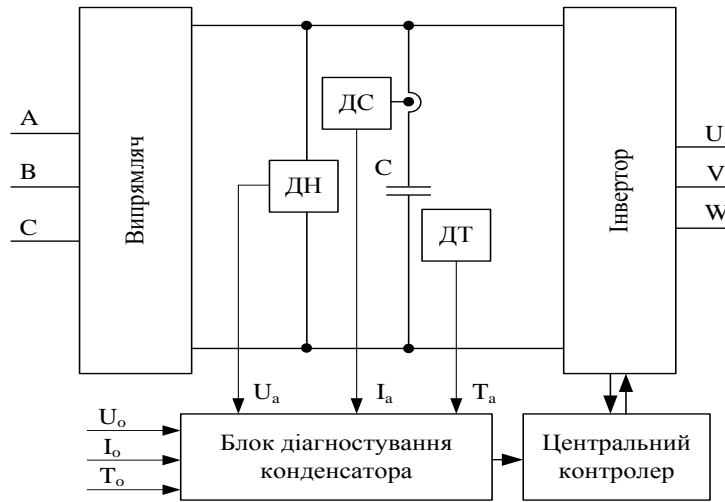
Пряме дискретне вейвлет-перетворення зводиться до обчислення вейвлет-коефіцієнтів $C(a,b)$:

$$C(a, b) = \int_R s(t) a^{-j/2} \cdot \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (3)$$

де, $a, b \in R, a \neq 0$; R – область обмеження.

N – кількість елементів вектора даних і вейвлет-спектра;
 i – крок дискретизації;
 S_i – сигнали станів гальмівного кола.

Математична модель діагностування конденсаторів ланки постійного струму перетворювачів частоти



Структурна схема системи діагностування конденсаторів перетворювачів частоти

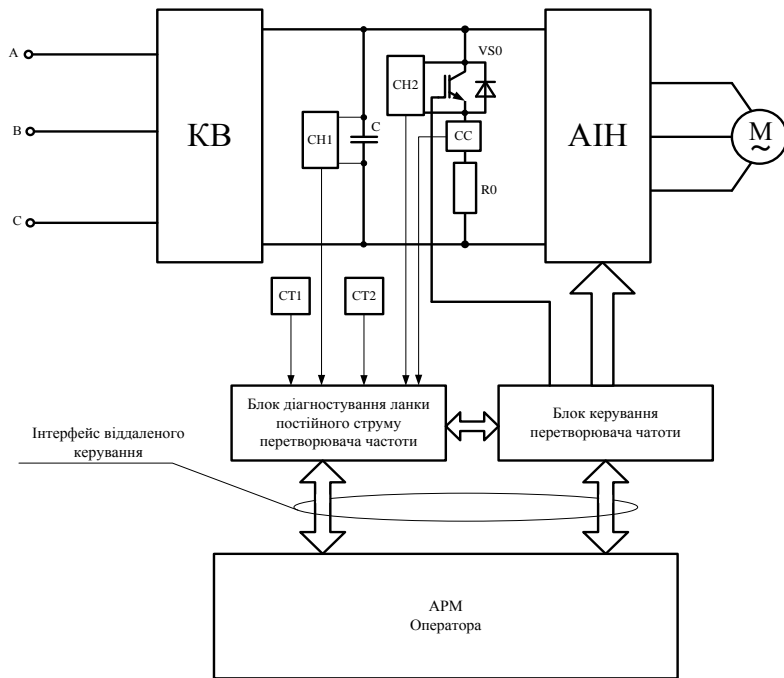
На схемі: ДС – датчик струму I_a , ДН – датчик напруги U_a , ДТ – датчик температури T_a . Номінальні експлуатаційні параметри U_o , I_o , T_o задаються в мікропроцесорному блокові діагностування відповідними константами.

$$k(t) = 2 \frac{T_o - T_a(t)}{10} \cdot m \left(1 - \frac{I_a(t)}{I_o} \right)^{\frac{T_o - T_a(t)}{10}} \cdot \left(\frac{U_a(t)}{U_o} \right)^n,$$

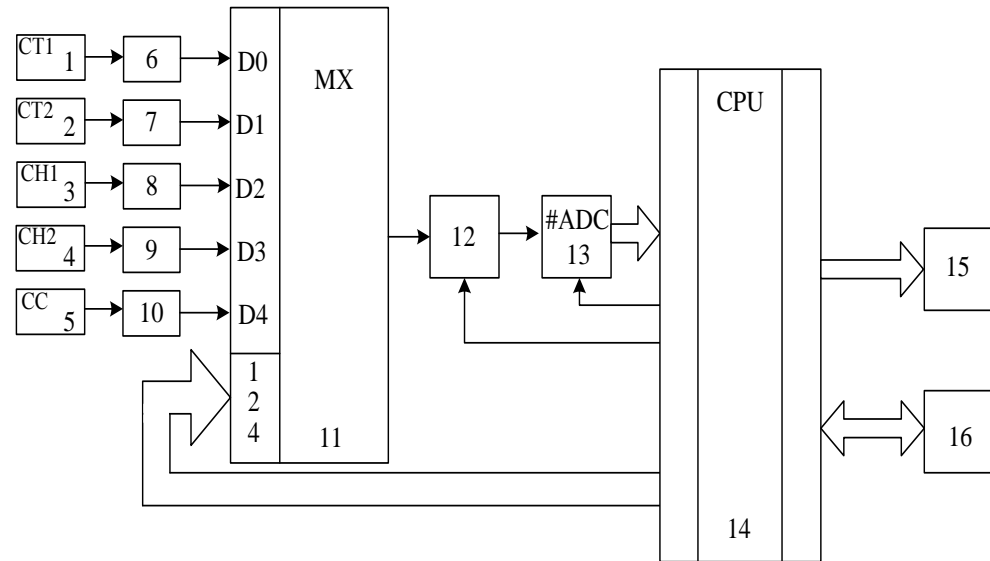
$$\left\{ \begin{array}{l} k(t) < k_{нз} \wedge k(t - \tau) < k_{нз} \wedge \frac{dk(t)}{dt} \leq 0 \rightarrow \text{несправність}; \\ k(t) \in [k_{нз}; k_{вз}] \wedge \frac{dk(t)}{dt} \leq 0 \rightarrow \text{на межі несправності}; \\ k(t) > k_{вз} \vee \left(k(t) \in [k_{нз}; k_{вз}] \wedge \frac{dk(t)}{dt} > 0 \right) \rightarrow \text{справний стан}, \end{array} \right. \quad (16)$$

де τ – час затримки для формування діагностичного висновку, U_a – робоча напруга конденсатора перетворювача частоти, U_o – номінальна напруга конденсатора, I_a – фактичний пульсуючий струм конденсатора, I_o – номінальний пульсуючий струм конденсатора для промислової частоти; T_o – максимально допустима температура експлуатації, T_a – фактична температура роботи конденсатора; верхнє $k_{вз}$ та нижнє $k_{нз}$ значення експлуатаційного коефіцієнта

Мікропроцесорна реалізація засобу для вейвлет-діагностування кола постійного струму перетворювача частоти



Структурна схема мікропроцесорної системи вейвлет-діагностування кола постійного струму ПЧ

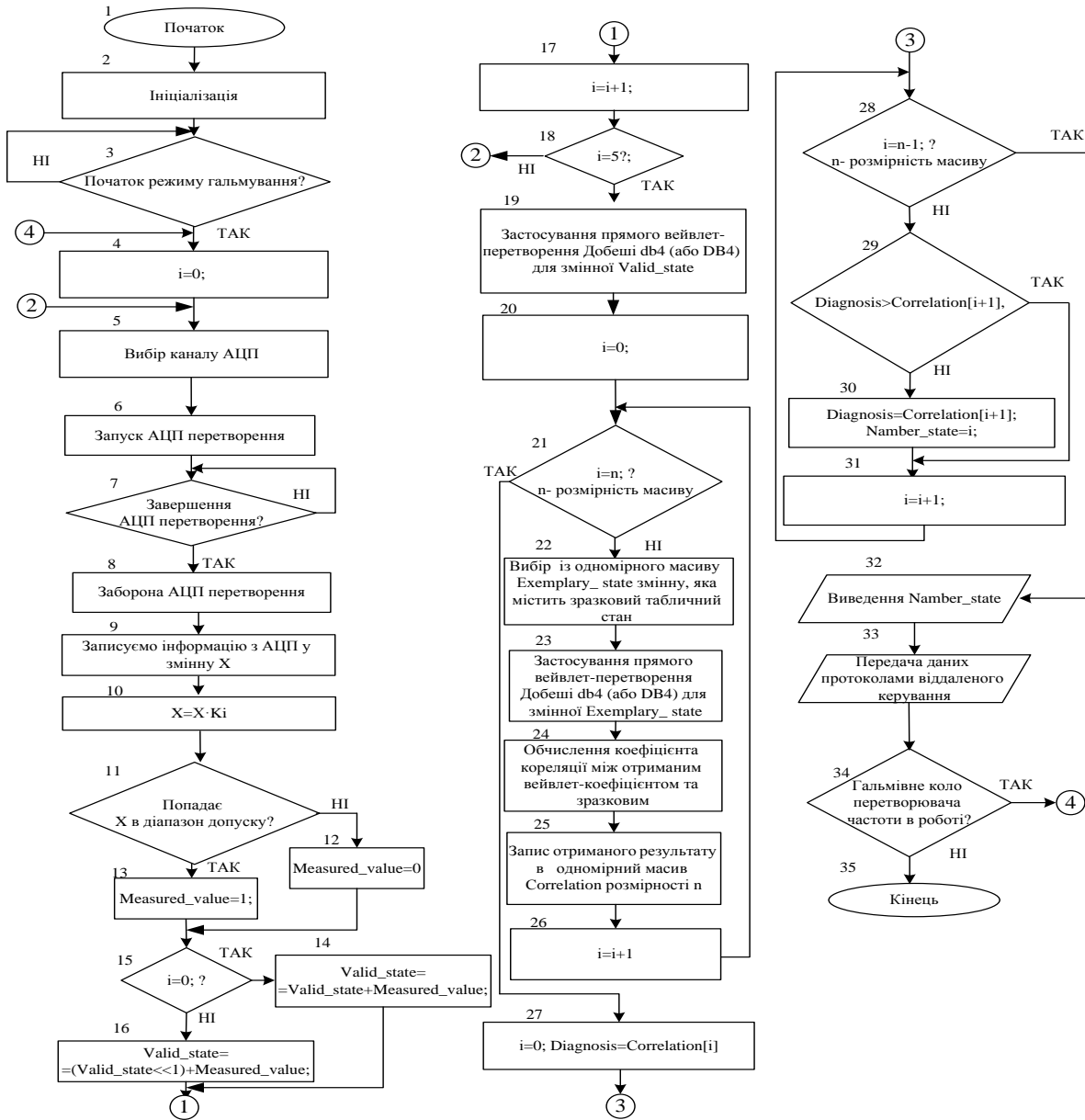


Структурна схема блока вейвлет-діагностування кола постійного струму ПЧ

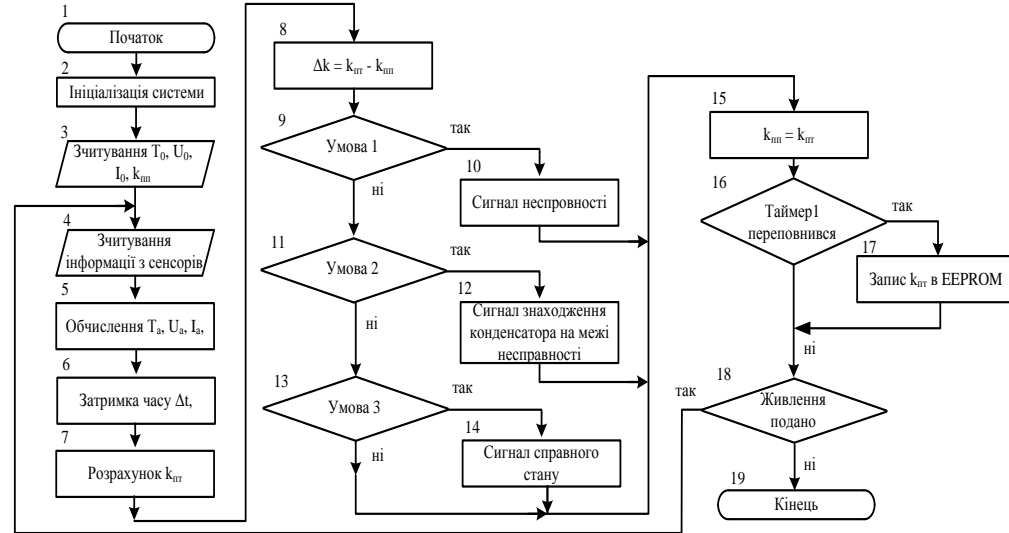
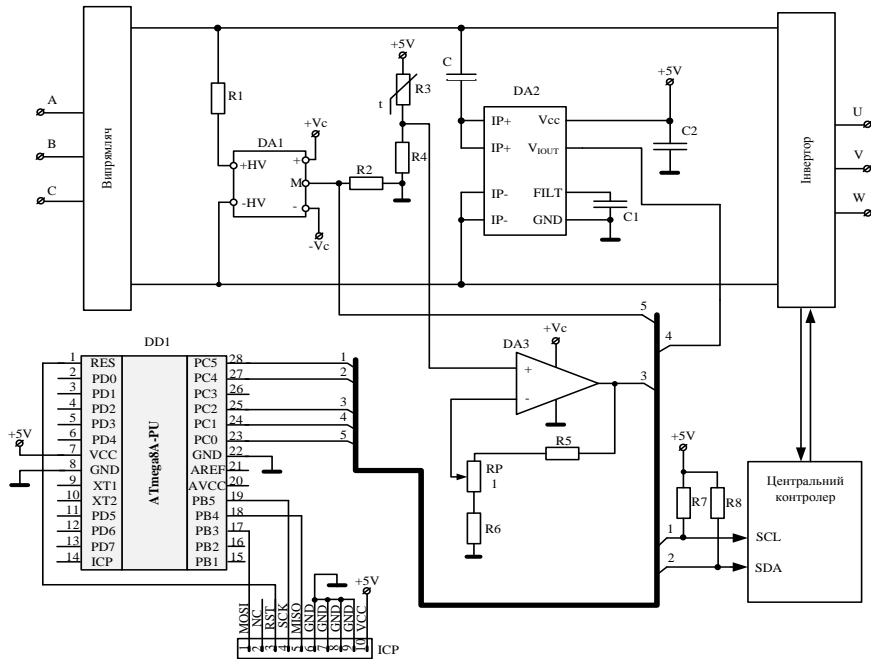
На схемі: СС – сенсор струму; CH1, CH2 – сенсори напруги; CT1, CT2 – сенсори температури, KV – керований випрямляч; АИH – автономний інвертор напруги.

На схемі: блоки 1-5 – сенсори; 6-10 – масштабуючі перетворювачі; 11 – мультиплексор; 12 – блок вибірки-зберігання; 13 – аналогово-цифровий перетворювач (АЦП); 14 – мікроконтролер; 15 блок індикації ; 16 – інтерфейсний перетворювач

Алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою вейвлет-діагностування кола постійного струму ПЧ



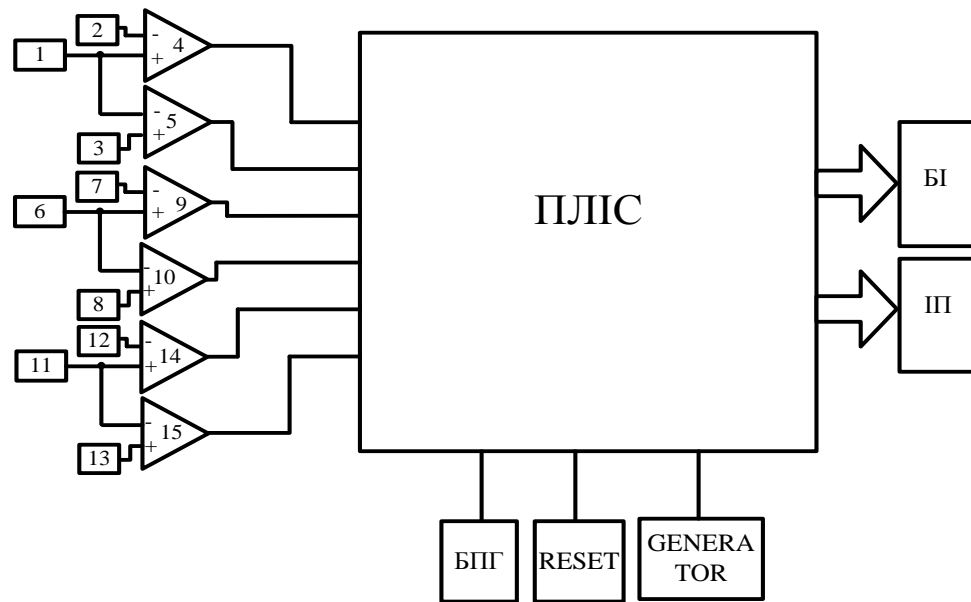
Мікропроцесорний пристрій діагностування конденсаторів ланки постійного струму перетворювачів частоти



Структурна схема мікропроцесорного пристрою діагностування конденсаторів ланки постійного струму перетворювачів частоти

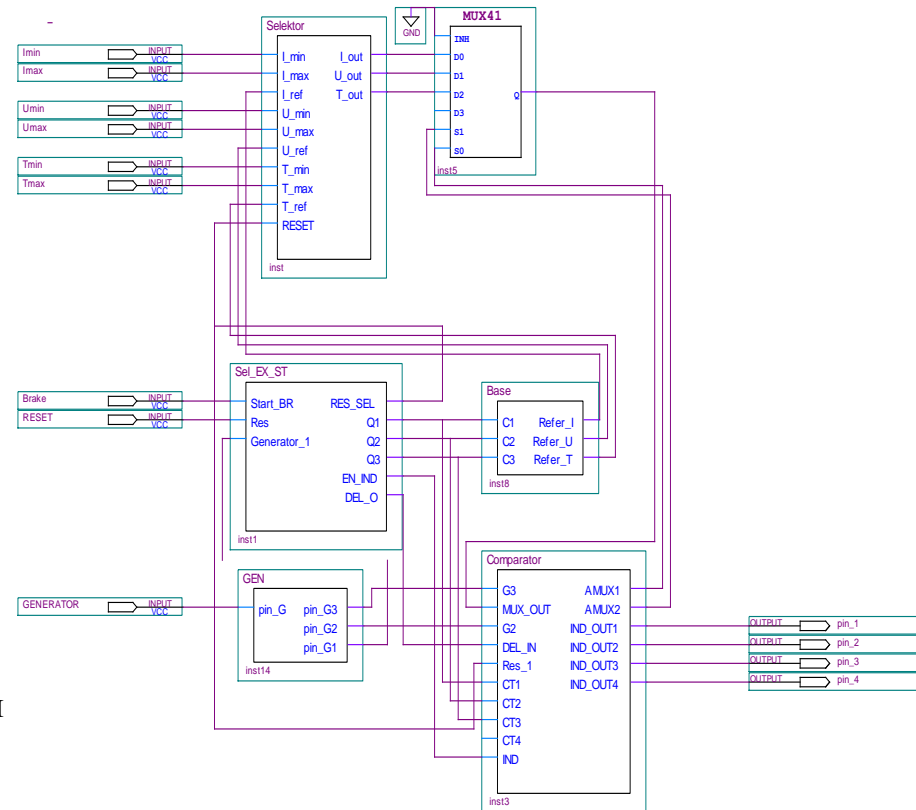
Алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою діагностування конденсаторів ланки постійного струму перетворювачів частоти

Реалізація пристрою діагностування ланки постійного струму перетворювача частоти із застосуванням програмованих логічних інтегральних схем

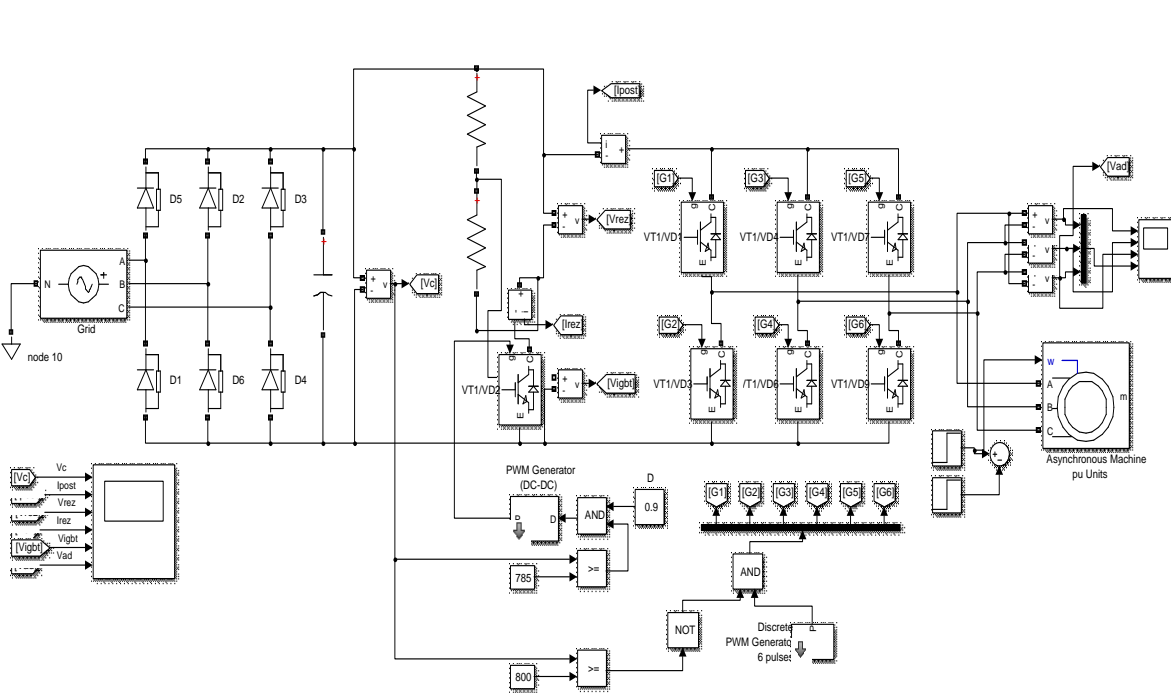


Структурна схема пристрою для діагностування ланки постійного струму перетворювача частоти із застосуванням ПЛІС

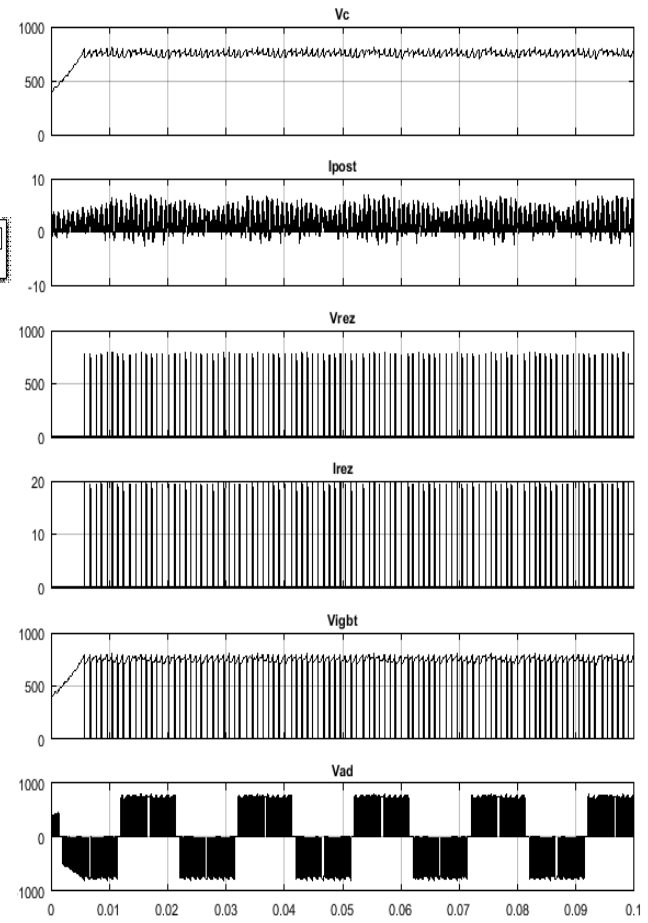
На схемі: блоки з 1 по 15 призначені для визначення належності виміряних сигналів гальмівного кола до діапазону допустимих значень та відповідно перетворення вхідних аналогових сигналів в цифрову інформацію, ПЛІС – програмована інтегральна логічна схема, БПГ – блок початку гальмування, RESET – блок скидання схеми; GENERATOR – генератор опорної частоти; БІ – блок індикації; ІІ – інтерфейсний перетворювач.



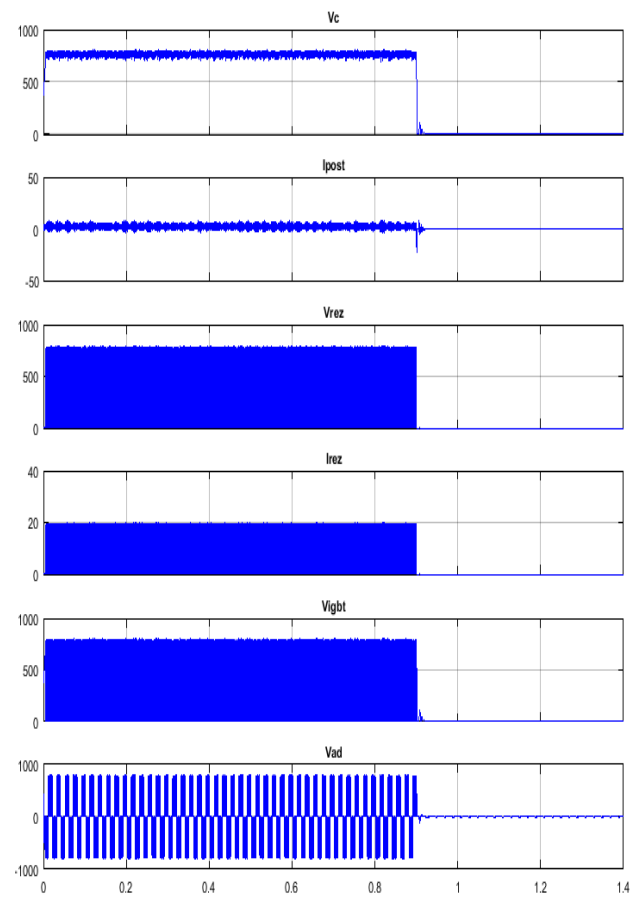
Структурна схема пристрою діагностування ланки постійного струму перетворювача частоти в середовищі Quartus II



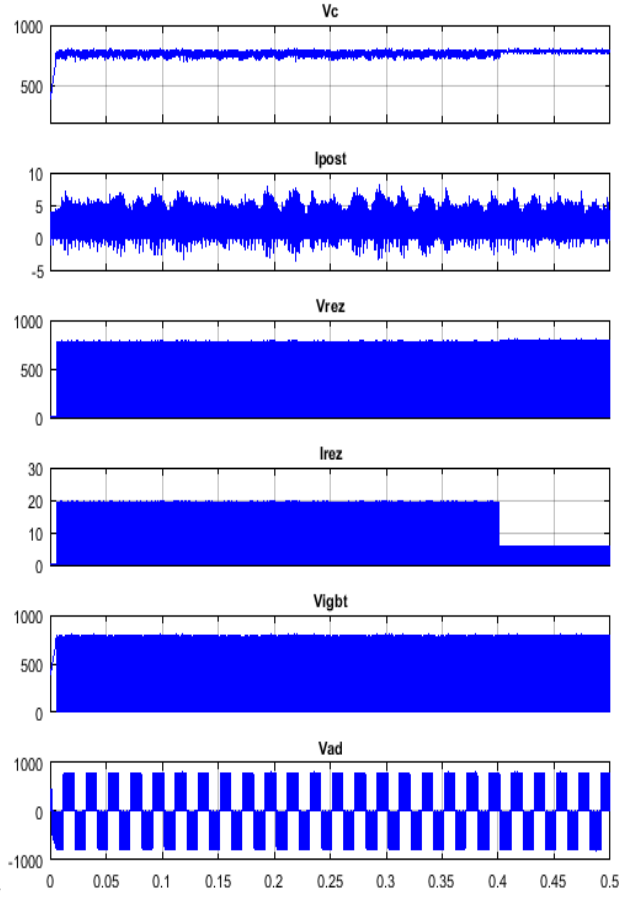
Структурна схема комп'ютерної моделі частотно-керованого асинхронного електропривода в ППП Matlab



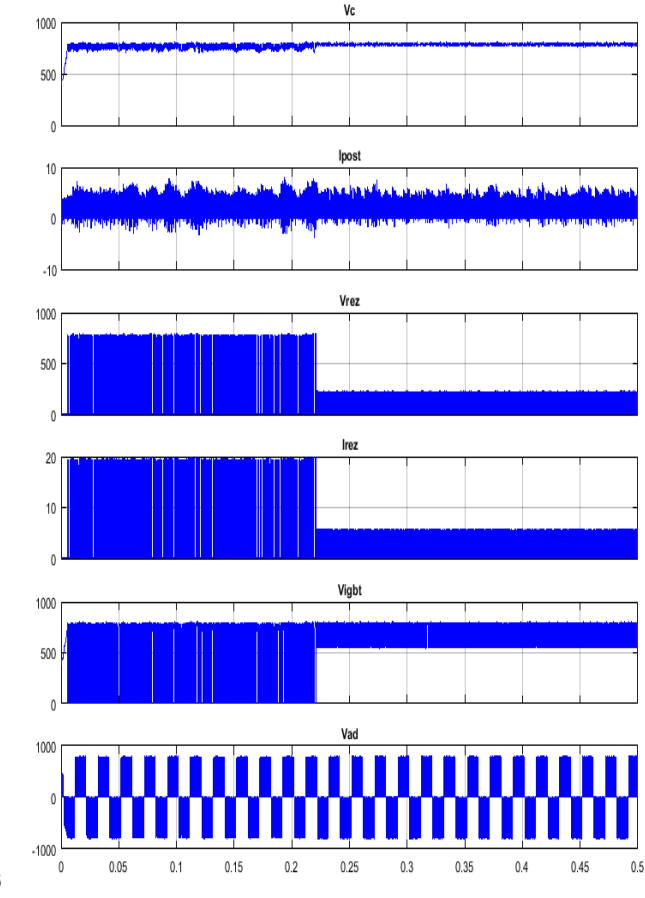
Результати моделювання роботи справного кола постійного струму



Результати моделювання аварійного режиму роботи при обриві гальмівного кола перетворювача частоти



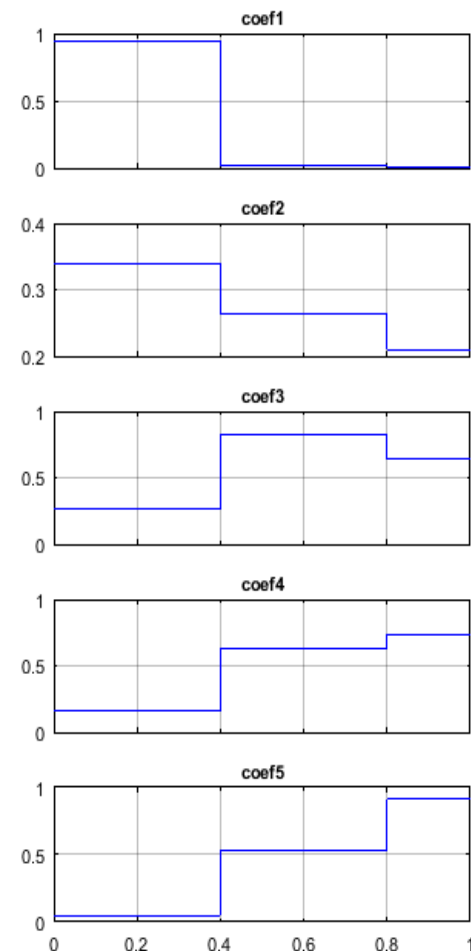
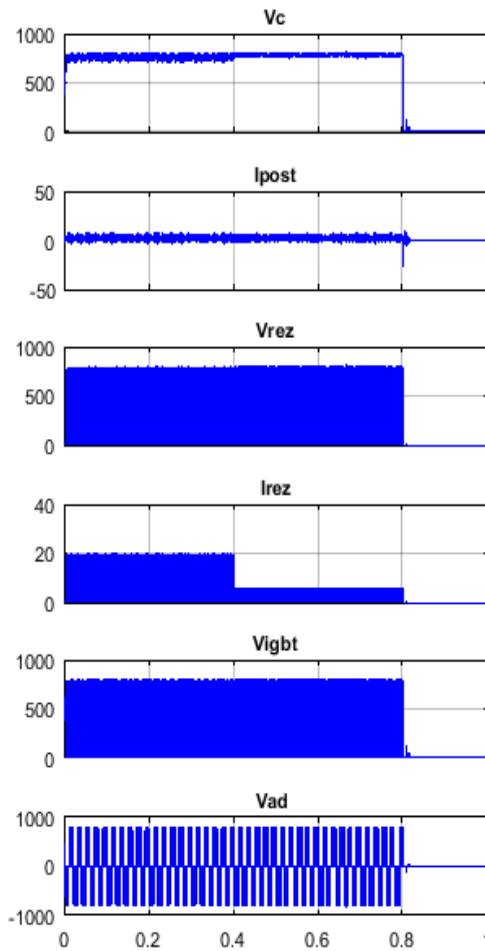
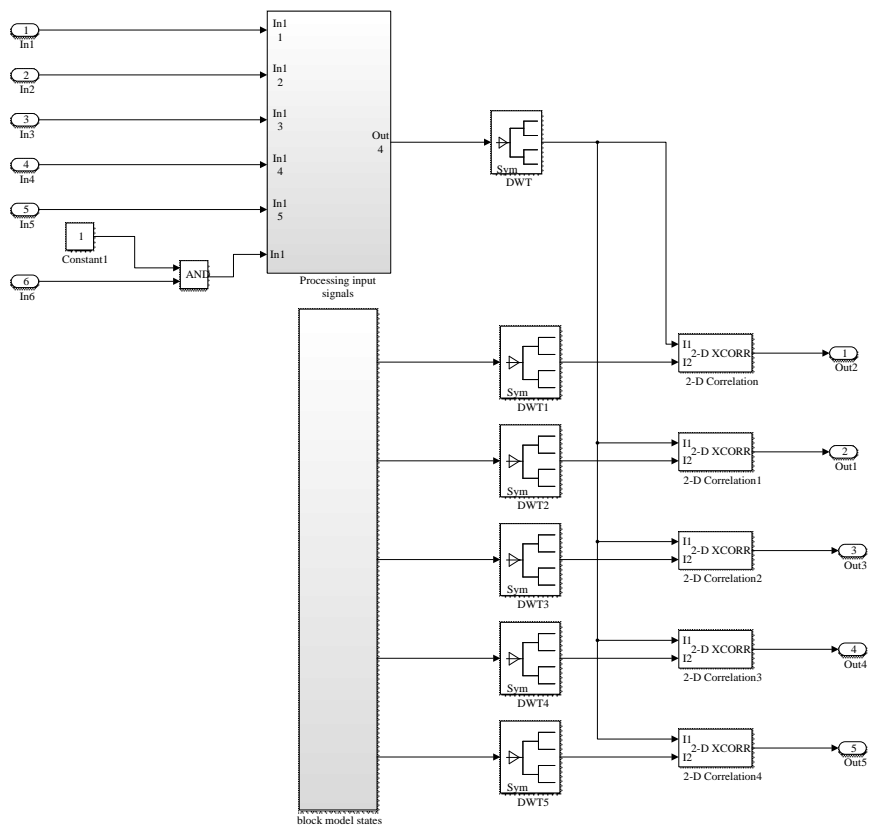
Результати моделювання аварійного режиму роботи при зростанні опору резистора гальмівного кола перетворювача частоти



Результати моделювання аварійного режиму роботи при зростанні опору транзистора гальмівного кола перетворювача частоти

Комп'ютерна модель вейвлет-діагностування кола постійного струму ПЧ

13



розгорнута структура блока вейвлет-діагностування в ППП Matlab Simulink

Результати моделювання роботи блока вейвлет-діагностування перетворювачів частоти

Удосконалено математичну модель діагностування ланки постійного струму перетворювачів частоти, яка, на відміну від існуючих, враховує динаміку зміни експлуатаційного коефіцієнта в часі та знак його похідної, що дозволяє уникнути прийняття системою хибних рішень, вчасно попереджати обслуговувальний персонал про критичний стан робочого конденсатора, необхідність виведення перетворювача частоти в ремонт та запобігати пошкодженням конденсатора, та адаптовано її для реалізації засобами програмованої логіки.

1. На основі математичних моделей вейвлет-діагностування ланки постійного струму перетворювача частоти розроблено алгоритми та функціональну схему мікропроцесорного засобу, який має розширені функціональні можливості та дозволяють здійснювати діагностування гальмівних кіл перетворювачів частоти, що в свою чергу дозволяє з високою достовірністю визначати технічний стан.

2. На основі математичної моделі діагностування ланки постійного струму перетворювача частоти розроблено алгоритм та функціональну схему пристрою із застосуванням ПЛІС, який має розширені функціональні можливості та дозволяє здійснювати діагностування ланки постійного струму перетворювача частоти, та з високою достовірністю визначати технічний стан електрообладнання. Також проведення моделювання роботи реалізованого пристрою

3. Розроблено комп'ютерні моделі діагностування ланки постійного струму перетворювача частоти та пристроїв для їх діагностування, які адекватно відображають запропоновані математичні моделі та їх технічні реалізації,

Дякую за увагу!