

УДК 62-83:629.4

Б. І. Мокін, д. т. н., проф.;

С. О. Жуков, магістрант,

М. П. Розводюк

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ

Вихідні передумови та постановка задачі дослідження

В роботі [1] авторами запропоновано діагностувати тягові електродвигуни трамвая за падінням напруги на якорі двигуна та температурою його обмоток.

В цій же роботі було запропоновано алгоритм синтезу і отримано структурну схему системи діагностування тягового електродвигуна трамвая.

Метою даної роботи є практична реалізація системи діагностування тягового електродвигуна трамвая на основі попередньо синтезованої структури.

Практична реалізація синтезованої структури

Процес практичної реалізації синтезованої структури системи діагностування електричних двигунів почнемо із перетворення отриманої структурної схеми системи діагностування до зручного для реалізації в вибраній елементній базі вигляду. Для цього замінимо з'єднання елементів через

діодну матрицю безпосереднім під'єднанням. Отримана в результаті цих перетворень схема показана на рис. 1.

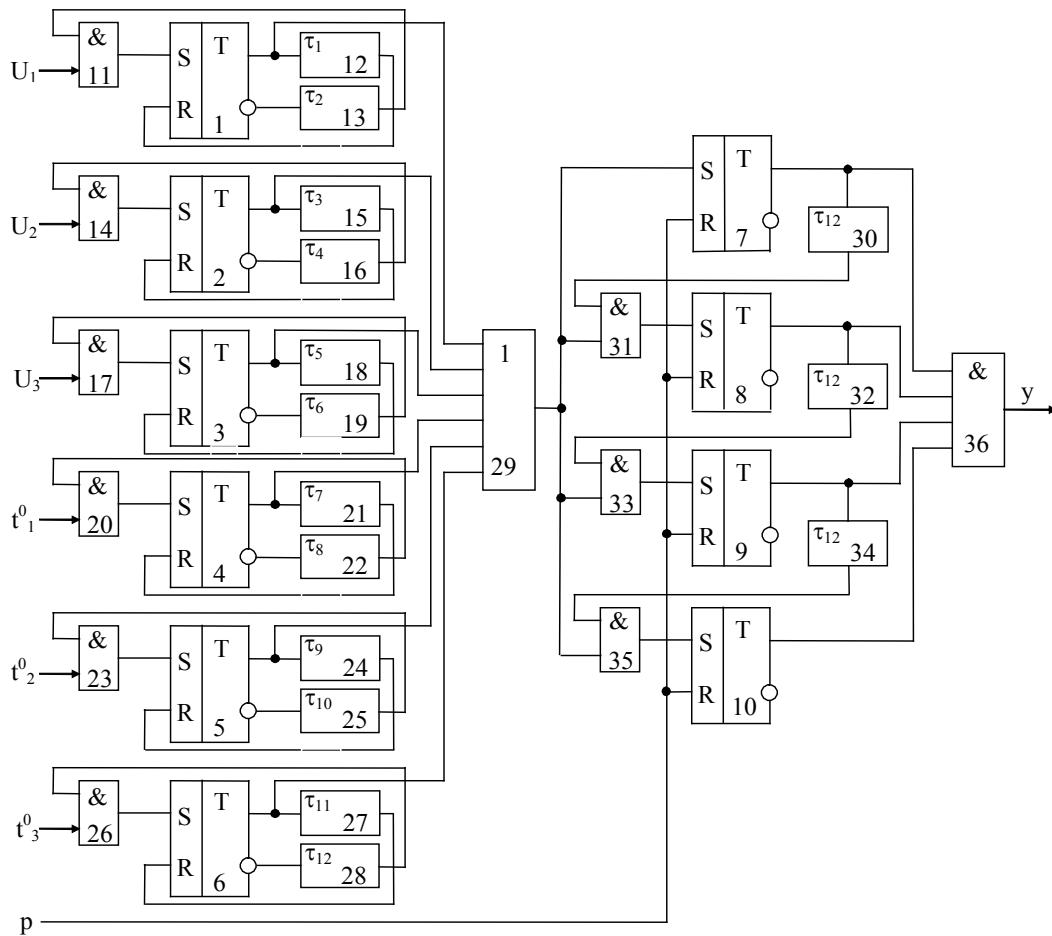


Рис. 1. Перетворена структурна схема системи діагностування тягових електродвигунів трамвая

Часові логічні функції τ_j ($j = \overline{1, 12}$) на цьому рисунку замінені елементами витримки часу, які їх реалізують.

А далі перетворимо схему, що показана на рис. 1, до вигляду, зручного для реалізації з використанням елементів, які серійно випускаються.

На рисунку 2 показана найпростіша структурна схема контролю електричного двигуна, яка здійснює контроль за відхиленням від норми. Параметром, що контролюється, є активна потужність на валу двигуна.

На цій схемі: 1 — блок задання аналогового сигналу опору обмотки якоря двигуна якщо температура 20 °С (у подальшому — блок задання опору обмотки якоря двигуна); 2, 4, 8 — перший, другий і третій функціональні перетворювачі відповідно; 3 — сенсор температури; 5 — блок задання аналогового сигналу опору обмотки збудження двигуна, якщо температура 20 °С (у подальшому — блок задання опору обмотки збудження двигуна); 6 — блок задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна (90 % від номінальної); 7 — блок задання аналогового сигналу напруги мережі (у подальшому — блок задання напруги мережі); 9 — аналого-цифровий перетворювач; 10, 14 — перший і другий компаратори відповідно; 11, 15 — перший та другий індикатори відповідно; 12 — сенсор напруги якірної обмотки двигуна; 13 — блок задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна (110 % від номінальної).

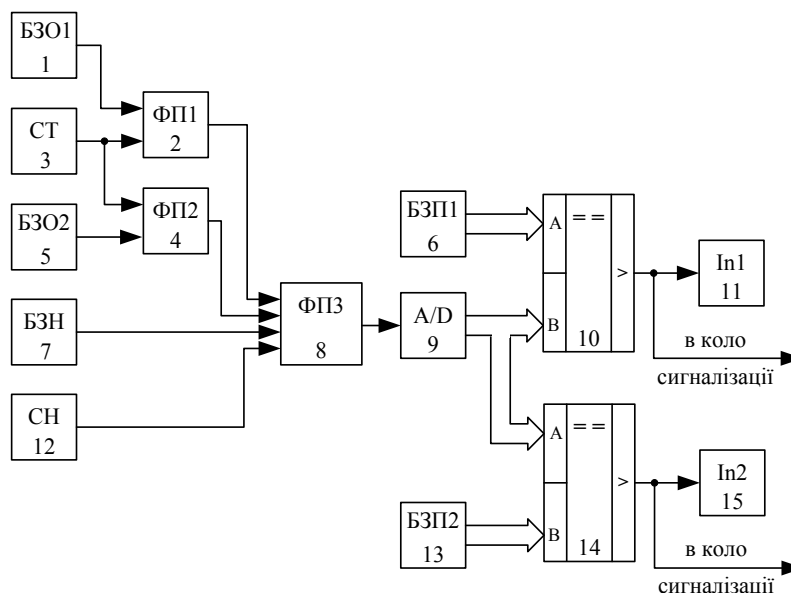


Рис. 2. Структурна схема системи діагностування тягових електродвигунів трамвая

Пристрій працює таким чином.

Зі ввімкненням пристрою на виходах блоку задання опору обмотки якоря двигуна БЗО1 1 і блоку задання опору обмотки збудження двигуна БЗО2 5 формуються аналогові сигнали, які відповідають величинам опорів обмотки якоря $R_{я,20}$ і обмотки збудження $R_{з,20}$ двигуна відповідно, якщо температура $20\text{ }^\circ\text{C}$. Ці сигнали разом з сигналом, який відповідає рівню вимірної температури t сенсором температури СТ 3 поступають у відповідні функціональні перетворювачі ФП1 2 і ФП2 4, на виходах яких формуються сигнали, які відповідають рівням опору обмотки якоря $R_{я,t}$ обмотки збудження $R_{з,t}$ двигуна, коли виміряна температура t за формулами

$$\begin{aligned} R_{я,t} &= R_{я,20}(1 + \alpha(t - 20)); \\ R_{з,t} &= R_{з,20}(1 + \alpha(t - 20)); \end{aligned} \quad (1)$$

де α — температурний коефіцієнт (для мідних проводів $\alpha = 0,004$).

На виході блоку задання напруги мережі БЗН 7 формується сигнал, який відповідає напрузі U_M мережі живлення двигуна. На виході сенсора напруги СН 12 якірної обмотки двигуна формується сигнал, який відповідає напрузі $U_я$ якоря двигуна. Сигнали, які відповідають величинам $R_{я,t}$, $R_{з,t}$, U_M і $U_я$ поступають на відповідні входи третього функціонального перетворювача ФП3 8, на виході якого формується сигнал, який відповідає потужності $P_{ем}$ на валу двигуна за формулою

$$P_{ем} = \left(U_M + U_я \frac{(R_{з,t} - R_{я,t})}{R_{я,t}} \right) \frac{U_я}{R_{я,t}}. \quad (2)$$

На виході аналого-цифрового перетворювача 9 отримуємо значення цієї потужності у цифровому вигляді.

У блоці задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна БЗП1 6 та у блоці задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна БЗП2 13 у цифровому вигляді записані відповідні значення нижньої ($0,9 P_{ем}$) та верхньої ($1,1 P_{ем}$) меж допустимої потужності на валу двигуна.

За допомогою компараторів 10 і 14 цифровий аналог потужності на валу двигуна, який отримано з виходу аналого-цифрового перетворювача 9, порівнюється з допустимими межами його зміни. У випадку, якщо значення потужності виходить за допустимий інтервал, на виході одного з компараторів з'являється сигнал логічної одиниці, який вмикає перший In1 11 або другий In2 15 індикатори (відповідно, коли значення потужності на валу двигуна менше за допустимий інтервал і більше) та подається в коло сигналізації. В іншому випадку на виходах компараторів 10 і 14 з'являється сигнал логічного нуля. При цьому сигнал на перший In1 11, другий In2 15 індикатори та у коло сигналізації не подається.

Шляхи вдосконалення запропонованої системи діагностування тягових електродвигунів трамвая

Запропонована система діагностування дозволяє контролювати стан лише одного з чотирьох двигунів, встановлених на трамваї. Тож доцільно об'єднати кожну з них в одну централізовану систему діагностування, для реалізації якої необхідно використовувати мікропроцесорну техніку.

Варіант структурної схеми такої об'єднаної системи діагностування усіх електродвигунів із застосуванням однокристальних мікро-ЕОМ (ОЕОМ), наприклад KM1816BE51 [2], показана на рис. 3.

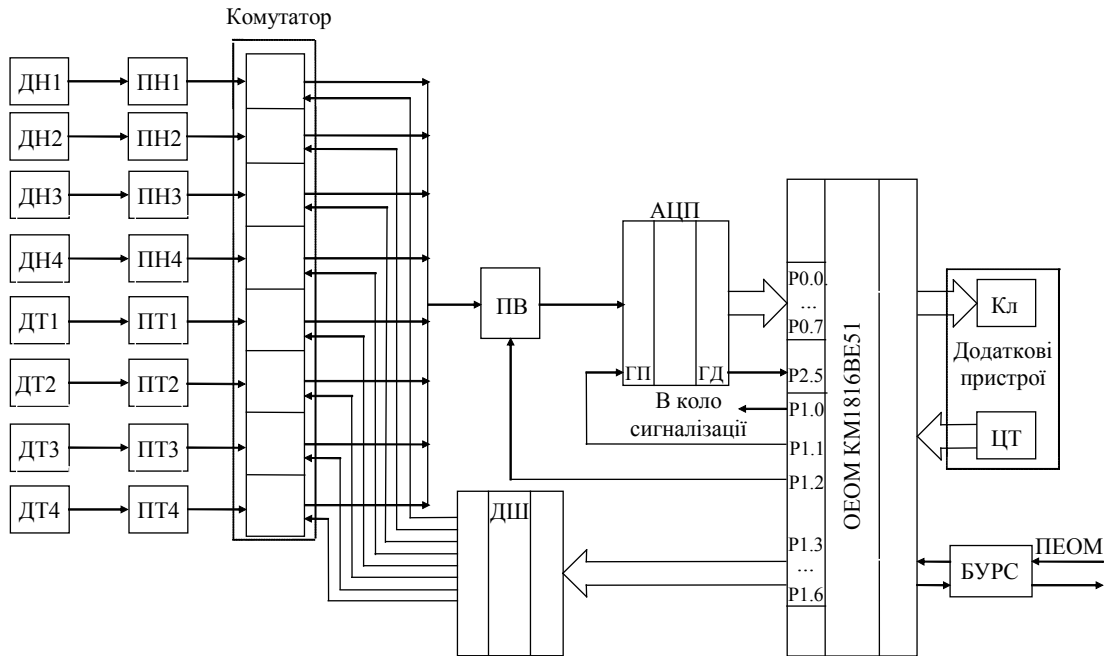


Рис. 3. Структурна схема системи діагностики електричних двигунів із застосуванням ОЕОМ KM1816BE51

Схема містить чотири сенсори напруги (по одному на кожен двигун) і чотири сенсори температури обмоток двигунів, сигнали з виходів яких поступають на відповідні нормувальні перетворювачі, в яких здійснюється перетворення вхідної величини в уніфіковані сигнали постійної напруги, що поступають в свою чергу на вхід мікропроцесорних блоків, які здійснюють попереднє оброблення і передачу інформації в центральний персональний комп'ютер, що знаходиться на оперативному пульті управління підприємства.

Структурна схема системи діагностування із застосуванням ОЕОМ KM1816BE51 містить сенсор напруги двигуна 1 ДН1, сенсор напруги двигуна 2 ДН2, сенсор напруги двигуна 3 ДН3, сенсор напруги двигуна 4 ДН4, сенсор температури ДТ1 обмотки двигуна 1, сенсор температури ДТ2 обмотки двигуна 2, сенсор температури ДТ3 обмотки двигуна 3, сенсор температури ДТ4 обмотки двигуна 4. Аналогові сигнали з цих сенсорів поступають на відповідні нормуючі перетворювачі ПН1, ПН2, ПН3, ПН4, ПТ1, ПТ2, ПТ3, ПТ4 виходи яких під'єднуються до комутатора MS. Ці давачі разом із відповідними нормуючими перетворювачами утворюють багатоканальну систему. Таким чином, комутатор на схемі здійснює послідовне під'єднання аналогових сигналів, що знімаються з різних каналів, до одного спільного вихідного каналу з розподілом часу. Управління під'єднанням *i*-го вхідного сигналу до виходу комутатора здійснюється з допомогою коду, що подається на цифровий керуючий вхід із виходів дешифратора ДШ, сигнали управління яким, в свою чергу, поступають по цифровій шині з портів P1.3 — P1.6 ОЕОМ.

ОЕОМ KM1816BE51 повинна приймати й обробляти аналогові сигнали, які поступають з давачів. Однак ОЕОМ приймає і обробляє тільки цифрові сигнали. Тому між комутатором і ОЕОМ повинен знаходитися АЦП для перетворення аналогових сигналів у цифрові. Вихідна десятирозрядна цифрова шина АЦП під'єднується до портів P0.1 — P0.7 і P2.7, P2.6 ОЕОМ, вихід ГД (готовність даних) — до порту P2.5, а вихід порту P1.1 ОЕОМ під'єднується до входу ГП (гасіння й перетворення) АЦП. Під час подачі на вхід ГП рівня логічного нуля АЦП починає перетворення вхідної інформації. Через час, необхідний для перетворення, на виході ГД АЦП з'являється сигнал

з рівнем логічної одиниці, що запрошує вивід даних з АЦП на цифрову шину до ОЕОМ. Приймаючи дані, ОЕОМ встановлює на вході ГП АЦП рівень логічної одиниці, який гасить інформацію, що міститься в регістрі послідовного наближення всередині АЦП, і АЦП знову готовий до прийому і оброблення вхідних даних. Таким чином, ОЕОМ ініціює АЦП і через задані періоди дискретизації зчитує з нього цифровий код. Протягом часу перетворення сигналу в АЦП сигнали з давачів продовжують поступати до комутатора через нормуючі перетворювачі. В зв'язку з цим необхідно додатково встановити пристрій вибірки-зберігання (ПВЗ) між комутатором і АЦП. ПВЗ забезпечує зберігання сигналу для виконання перетворення по одному каналу в той час, коли комутатор перемикається на інший канал. Відлік сигналу у відповідні моменти запам'ятовується в ПВЗ на час, необхідний для того, щоб АЦП перетворив його в двійковий код. Сигнал з комутатора поступає до інформаційного входу ПВЗ, вихід ПВЗ під'єднується до аналогового входу АЦП, а до керуючого входу ПВЗ під'єднується вихід порта P1.2 ОЕОМ.

ОЕОМ здійснює оброблення даних, які поступають, за відповідною програмою, записаною в ПЗУ, і видає сигнал в коло сигналізації у випадку перевантаження чи недовантаження двигуна. Обмін інформацією (передача і прийом) між ОЕОМ і центральним персональним комп'ютером (ПЕОМ), що знаходиться в диспетчерському пульті, здійснюється через порти TXD і RXD ОЕОМ і блок узгодження рівнів сигналів БУРС. Якщо ОЕОМ, наприклад, з'єднується з ПЕОМ по послідовному інтерфейсу RS-232, то узгодження рівнів може бути здійснено з допомогою буферних схем прийомо-передавачів K170АП2 і K170УП2.

Незаявні порти ОЕОМ можуть бути використані з розширенням функційних можливостей. Наприклад, до ОЕОМ можна під'єднати такі додаткові пристрої як клавіатуру Кл і цифрове табло ЦТ. Кл використовується під час введення оперативної інформації, а ЦТ показує завантаження електродвигуна у відсотках до номінального. Як ЦТ можна використовувати семисегментні індикатори або матричні світлодіодні індикатори.

Висновки

В даній роботі здійснено практичну реалізацію системи діагностування тягових електродвигунів трамвая з метою підвищення надійності їх роботи та захисту, а також контролю параметрів обмоток електродвигунів в пускових, номінальних та аномальних режимах. Запропоновано три варіанти практичної реалізації цієї системи. В трамваї найкраще використовувати систему, реалізовану за схемою, що зображена на рисунку 1. Вона дає достовірнішу інформацію, в порівнянні з другою, оскільки має вдвічі більше діагностованих параметрів. Друга схема може використовуватись для досліджень в лабораторних умовах, оскільки її легко реалізувати. Система з використанням однокристалльної мікро-ЕОМ типу KM1816BE51 має один основний недолік — випадкова складова похибки, яка може вплинути на кінцевий результат діагностування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін Б. І., Жуков С. О., Розводюк М. П. Синтез структури системи технічного діагностування тягових електричних двигунів трамвая // Вісник ВПІ. — 2004. — № 1.
2. Гуляев В. А. Техническая диагностика управляющих систем. — К.: Наукова думка, 1983. — 208 с.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації

Надійшла до редакції 20.11.03
Рекомендована до опублікування 30.06.04

Мокін Борис Іванович — завідувач кафедри моделювання і моніторингу складних систем; *Жуков Сергій Олександрович* — магістрант Інституту магістратури, аспірантури та докторантури; *Розводюк Михайло Петрович* — старший викладач кафедри електромеханічних систем автоматизації.

Вінницький національний технічний університет.