

Бороденко Юрій Миколайович, к. ф-м. н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, docentmaster@gmail.com

## **ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ ЕКСПЕРТНОЇ ДІАГНОСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ АВТОМОБІЛЯ**

На борту сучасних автомобілів використовуються інтегровані діагностичні системи, здатні виконувати пасивні (інформування) і активні (підтримка працездатності) функції під час транспортного процесу. Основу таких систем складають мікропроцесорні пристрої, в яких втілені експертні програми (експертні системи ЕС). Програми ЕС використовуються в системах керування та засобах комп'ютерної діагностики автомобілів [1, 2].

Основу ЕС складає база знань, яка призначена для зберігання довгострокових даних, що описують об'єктну область і правила доцільних перетворень даних цієї області. Аналіз об'єктної області в ЕС здійснюється шляхом вибору адекватного рішення із бази знань при надходженні бази даних, які визначають окремі факти, що характеризують об'єкти, процеси та явища в предметній області [3].

Стосовно діагностики автомобіля, як об'єктна область розглядається мехатронна система, а як предметна – її технічний стан. В такому разі, як база знань розглядаються допустимі значення діагностичних параметрів і алгоритми функціонування справної системи (далі по тексті – база даних), а як база даних – поточні (фактичні) значення діагностичних параметрів і алгоритми функціонування системи по факту їх реалізації (далі по тесту – поточні дані).

Оперативний контроль діагностичних параметрів електроприводу (ЕП) автомобіля дозволяє своєчасно встановити факт наявності несправності, локалізувати місце пошкодження і вплинути на систему з метою уникнення аварійної ситуації. Найбільш детальну інформацію про технічний стан ЕП можна отримати методом спектрального аналізу струмів в колах його живлення. Вигляд спектрограм, отриманих за результатами моделювання, виправдовує напрямок досліджень [4].

Метою досліджень на даному етапі є визначення процедури формування бази знань ЕС. Методика формування бази знань ЕС полягає у спостереженні спектрального складу функції струму у колі живлення ЕП і накопичення діагностичної інформації під час імітації пошкоджень її елементів в експлуатаційних режимах.

Процедура формування бази знань для ідентифікації технічних станів (справного і несправних) ЕП відбувається наступним чином. Оператор послідовно імітує несправності системи ЕП шляхом обриву електричних кіл та перемикання елементів, забезпечуючи при цьому функціонування ЕП у експлуатаційних режимах автомобіля. Моніторинг режимного та технічного станів ЕП здійснюється за допомогою датчика струму акумуляторної батареї у

вигляді періодичного сигналу, який конвертується аналізатором спектру. Таймер вимірювань, нормований оператором, призначає необхідну тривалість часу аналізу функції струму на кожному кроці зміни режимного та технічного станів. Відповідно до режиму функціонування ЕП і заданому пошкодженню, оператор визначає адресу запису спектрограми у двовірному форматі. Перша координата, формованої таким чином характеристичної карти, визначає чарунку пам'яті де зберігається інформація про діагностичний параметр за ознакою режимного стану, а друга – за ознакою технічного стану на час проведення експерименту. Таким чином, об'єм пам'яті, потрібної для зберігання бібліотеки зразкових значень параметрів, визначається переліком режимних станів (кількістю функціональних тестів) і технічних станів (кількістю можливих несправностей).

Як об'єкт діагностики розглядається система ЕП автомобіля з одною вентиляною електричною машиною подвійної дії. Така система здатна функціонувати у двох статусах – двигуна і генератору. Для узгодження напруги живлення споживачів та джерел енергії у структурі ЕП задіяні чотири перетворювача напруги [5].

Для ЕП такої структури розглядаються чотири режими (функціональні тести) у статусі двигуна і два режими у статусі генератора: холостий хід та пуск електродвигуна без навантаження і під визначеним навантаженням; обертання електродвигуна під стаціонарним навантаженням; підключення акумуляторної батареї до генератора під напругою; заряд акумуляторної батареї фіксованим значенням струму в режимі рекуперації.

Формування бази знань можна проводити двома шляхами – натурального експерименту на фізичному рівні або віртуальних досліджень імітаційної моделі. В першому випадку, потрібно мати реальний автомобіль з ЕП, на якому забезпечуються необхідні режими функціонування та є можливість послідовно спричиняти пошкодження елементів електричних кіл та їх відновлення без важких наслідків та марних втрат. Крім того, потрібна апаратура для реалізації вимірювального каналу (інтегрований датчик струму), перетворення сигналу (аналізатор спектру, таймер вимірювань) і збереження отриманої інформації (формував адреси, запам'ятовуючій пристрій, інтерфейс користувача).

На етапі попередніх досліджень при розробці діагностичної системи доцільним є другий підхід – віртуальні дослідження, де витратна частина розробки зводиться до наявності персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

Згідно методики віртуальних досліджень, імітаційні моделі ЕП будуються окремо для статусу двигуна і статусу генератора [6, 7]. Для визначених режимів ЕП проводиться спектральний FFT-аналіз функції струму батареї. Чутливість діагностичного параметру, в такому разі, визначається розбіжністю амплітуд та фазових зсувів окремих гармонік спектру для заданого режиму ЕП, а інформативність – розбіжністю спектрограм обраного режиму за технічними станами.

Як найбільш ймовірні несправні стани силового кола при структурній ідентифікації можна розглядати значний перелік апаратних пошкоджень, пов'язаних з: пробоями та перегораннями напівпровідникових приладів; обривами і короткими замиканнями пасивних елементів, монтажу та обмоток вентильної машини. До цього переліку можна додати стани при параметричній ідентифікації несправностей, такі як виткові замкнення в обмотках вентильної машини та відхилення параметрів пасивних елементів від нормованих значень.

Таким чином, враховуючі контрольовану кількість режимів функціонування системи  $N$  й кількість можливих пошкоджень  $n$  маємо значний перелік спектрограм, які розглядаються, як база зразкових даних ЕС системи самодіагностики. Якщо, кількість гармонік, розглянутих в кожній спектрограмі технічного стану, позначити числом  $m$ , то загальний формат потрібний для зберігання бібліотеки станів за амплітудним показником визначиться перемноженням  $F=2 \times N \times n \times m$ . Подвоєння формату пояснюється необхідністю зберігати граничні значення (коридор допусків) амплітуди кожної гармоніки. Загальний об'єм пам'яті у кодовому наданні, при цьому, залежить від обраної розрядності коду інтерпритованої амплітуди окремих гармонік.

Якщо технічні стани ідентифікувати ще й за фазовим зсувом окремих гармонік спектру, можна значно підвищити інформативність спектрограм. Однак при цьому, відповідно, формат бібліотеки даних і об'єм пам'яті для її зберігання значно зростає.

### Література

1. Top 6 Car Diagnostic Software in 2017. / Матеріали сайту – 2018. – Режим доступу: <http://www.archer-soft.com/en/blog/>.
2. On-board diagnostics. / Матеріали сайту – 2018. – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/>.
3. Nana Yaw Asabere, Simonov Kusi-Sarpong. A Mobile Vehicle Expert System for the Automobile Industry / International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622 Vol. 2, Issue 6, November- December 2012, pp.1108-1123. / Матеріали сайту – 2018. – Режим доступу: [www.ijera.com/papers/Vol2\\_issue6/FH2611081123.pdf](http://www.ijera.com/papers/Vol2_issue6/FH2611081123.pdf).
4. Бороденко Ю.М. Спектральний аналіз електричних процесів по колах живлення електроприводу автомобіля / Ю.М. Бороденко, Є.В. Трішкин // Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. – Х.: ХНАДУ, 2015. – №8. – С. 6 – 11.
5. Бороденко Ю.М. Аналіз структури електроприводу гібридного автомобіля, як об'єкту діагностики // Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. – Х.: ХНАДУ, 2016. – №10. – С. 5 – 10.
6. Бороденко Ю.М. Ідентифікація несправностей електроприводу автомобіля з вентильним двигуном. // Весник ХНАДУ. Харьков: ХНАДУ, 2016. – вып. № 72. – С. 13 – 18.
7. Бороденко Ю.М. Ідентифікація несправностей енергетичної установки гібридного автомобіля. // Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. – Х.: ХНАДУ, 2016. – №9. – С. 27 – 31.