

АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ АВТОМОБІЛЯ

Бороденко Ю. М.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Розглянуто питання побудування діагностичної системи тягового електроприводу автомобіля. Запропоновано реалізацію вимірювального каналу на базі аналогового датчика Холла. Обрано тип аналізатору спектра. Наведено конфігурації діагностичної системи, інтегрованої в електропривод та системи зовнішнього підключення.*

***Ключові слова:** електропривод, датчик Холла, високовольтна акумуляторна батарея, аналізатор спектра, діагностична система.*

Вступ

Оперативний контроль діагностичних параметрів автомобіля дозволяє своєчасно встановити факт наявності несправності, локалізувати місце пошкодження і вплинути на систему з метою уникнення аварійної ситуації. Для реалізації цих функцій на сучасних автомобілях використовуються бортові діагностичні системи, які надаються у вигляді програмно-апаратних засобів, що інтегруються в автомобільні системи керування. Залежно від форматів інформації і режимів функціонування такі системи отримали назви бортової діагностики, самодіагностики або моніторингу технічного стану [1]. В даній статті розглянуто питання, пов'язані з розробкою апаратної частини діагностичної системи, стосовно силової частини тягового електроприводу (ТЕП) автомобіля.

Аналіз публікацій

Дослідження за даним напрямом складаються з декількох етапів: аналізу структури ТЕП як об'єкту діагностики; побудування імітаційних моделей і моделювання експлуатаційних режимів ТЕП; формування бази знань експертної системи; реалізації вимірювального каналу та аналізатору спектру поточних даних (системи моніторингу).

Результати попередніх віртуальних досліджень дозволили встановити, що найбільш детальну інформацію про технічний стан ТЕП можна отримати методом спектрального аналізу функції струму в колах його живлення.

Так в [2, 3] проведено дослідження імітаційних Matlab-моделей системи ТЕП в статусах двигуна та генератора. Вигляд спектрограм, отриманих за результатами моделювання технічних станів ТЕП в полі експлуатаційних режимів, виправдовує напрямок досліджень.

В [4] розглянуто структуру та режими функціонування гібридної силової установки з ТЕП. Визначено спосіб апаратної реалізації та сформульовано загальні правила обробки інформації системи моніторингу технічного стану силової частини ТЕП на прикладі гібридного силового агрегату типу THS II.

Питання, пов'язані з синтезом діагностичної системи ТЕП на базі експертної програми, розглянуто в [5]. Описана процедура формування бази знань експертної системи. Наведено функціональну схему інтегрованої системи самодіагностики.

Мета досліджень та постановка задачі

Метою на даному етапі досліджень є вибір електронних пристроїв і синтез конструкції інформаційно-вимірювального комплексу для моніторингу діагностичних параметрів системи ТЕП автомобіля. Інформаційно-вимірювальний комплекс складається з вимірювальної частини (датчиків вимірювальної інформації), пристрою обробки інформації та засобів відображення інформації. Апаратна реалізація вимірювального комплексу, в загальному випадку, передбачає вирішення декількох задач: вибір типу датчика струму; інтегрування датчика в конструкцію високовольт-

тної акумуляторної батареї (ВАБ); побудовання структури аналізатора спектру; вибір конфігурації системи цифрової обробки сигналу; конструктивну та електричну прив'язку комплексу до системи ТЕП. Слід зазначити, що на етапі розробки вимірювального комплексу, доречно розглядати два варіанти діагностичної системи – інтегровану в силову установку та систему, що підключається іззовні.

Реалізація вимірювального каналу

За результатами попередніх досліджень, у якості діагностичного параметру для оцінки технічного стану ТЕП обрано спектральний склад періодичної функції струму розрядження/зарядження ВАБ за певні проміжки часу при певних режимних ситуаціях [2, 3]. Цей параметр забезпечує максимальну інформативність та чутливість до зміни структурних і параметричних змін по силових колах системи ТЕП. Для вимірювання струму на етапі фізичного експерименту в колі живлення слід визначитися з типом безконтактного датчика струму.

Безконтактні датчики струму різняться за принципом дії (трансформаторні, на ефекті Холла, оптико-волоконні на ефекті Фарадея), родом вимірюваного струму (постійного, змінного), конструктивним виконанням (кільцеві, кліщові, щілинні, цангові), видом вихідного сигналу (пропорційні, нелінійні, релейні, циклічні, імпульсні) [6].

До переваг датчиків Фарадея і Холла можна віднести здатність виконання масштабованого перетворення постійної і змінної складових та можливість інтегрування у вимірювальні і інформаційні системи з використанням різних інтерфейсів (дискретних, цифрових, аналогових).

На відзнаку від оптико-волоконних датчиків, безконтактні датчики струму на ефекті Холла мають порівняно низьку ціну, більшу надійність та перелік варіантних виконаній конструкції. Оптико-волоконні датчики струму і датчики Холла, зазвичай, у структурі мають електронний перетворювач і тому потребують електроживлення. Щодо вирішення поставлених задач, найбільш придатними є датчики кільцевої і кліщової конструкції. З технологічних міркувань кільцеві конструкції датчиків доречно використовувати у вмонтованих вимірювальних каналах, кліщові – в системах, які підключаються із-

зовні.

В першому випадку, вимогам, які висуваються до конструкції та технічним характеристикам, найбільш задовольняє аналоговий датчик струму типу CSLA2DG, кільцевої конструкції [7]. Обраний датчик дозволяє вимірювати силу струму до 150 А з часом відгуку не більше 3 мкс. В структурі датчика поряд з пластиною Холла використовується електронний підсилювач потужності з лінійною характеристикою перетворення напруги сигналу в межах 0,01...4,98 В при поданій напрузі живлення 5 В. Таким чином, електронна частина датчика виконує функції схеми нормалізації сигналу і є сумісною для стандартного живлення структурних компонентів електронних блоків автомобіля.

В другому випадку, можна застосовувати універсальні вимірювачі струму промислових зразків з аналоговим, цифровим або радіочастотним виходом. Перші, поряд з первинним перетворювачем, містять схему нормалізації сигналу, у других - додатково використовується аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) та USB-інтерфейс, у третіх – додатково застосовується Bluetooth-канал [8].

Що до інтегрування датчика (вимірювача) струму в конструкцію ВАБ, в роботі передбачається використовувати провідник технологічної перемички між двома блоками акумуляторних секцій АВ1.1 і АВ1.2 (рис. 1).

Таке рішення дозволяє мінімізувати витрати на конструктивну і електричну прив'язку датчика до кола живлення і підвищити технологічність проведення діагностичних операцій за допомогою приладів зовнішнього підключення. Улаштування технологічної перемички за двома принциповими варіантами показано на рис. 1, в, г. Згідно позиціям рисунків позначено: 1 – струмопровідна арматура; 2 – датчик струму; 3 – рознімання для зовнішнього підключення; 4 – ізолюючий шар; 5 – витяжне кільце; 6 – корпус ВАБ; 7 – монтажні гнізда між блоками ВАБ.

Технологічні перемички в ВАБ різного типу мають різну конструкцію, в якій передбачаються мінімальні установочні розміри, надійний спосіб підключення і достатня ізоляція струмопровідної (металевої) частини. Перший варіант компоновки вимірювального зонду (рис. 1, в) передбачає адаптацію штатної перемички ВАБ з виходом сигналу на зовнішнє рознімання.

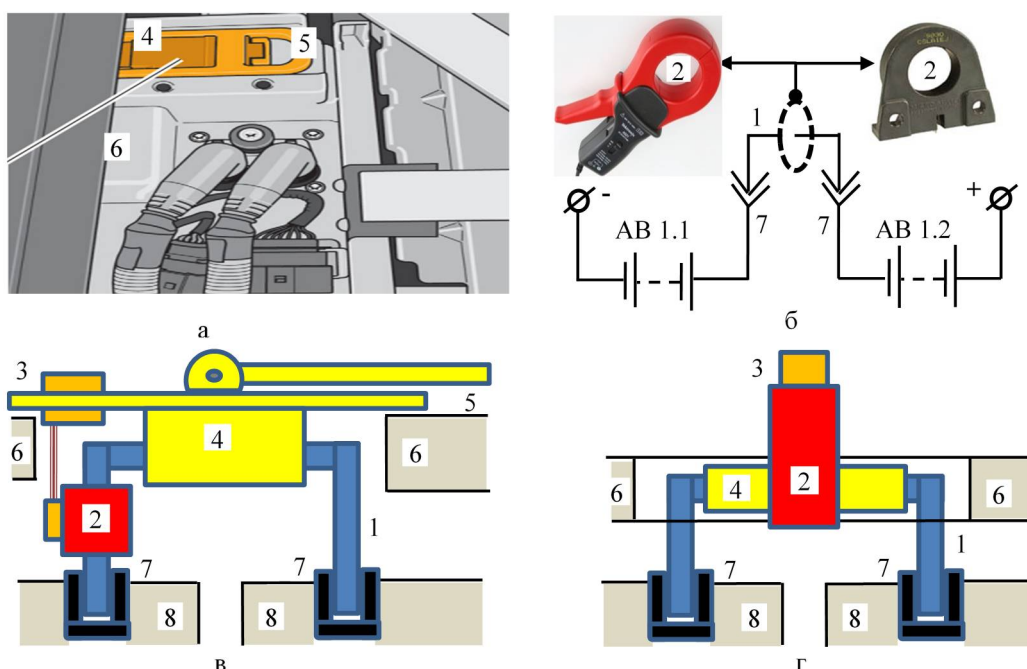


Рис. 1. Прив'язка датчика струму до кола живлення електроприводу:
а – розміщення технологічної перемички ВАБ; б – електрична прив'язка; в – конструктивна прив'язка датчика кільцевого типу; г – конструктивна прив'язка датчика кліщового типу

В другому варіанті (рис. 1, г) використовується оригінальна перемичка, конструкція якої пристосована під застосування обраного типу кліщового вимірювача. Обидва варіанти придатні для формування бази знань (еталонних значень) експертної системи (ЕС) на етапі її розробки [5].

Вибір типу аналізатора спектру

Враховуючи результати попередніх досліджень [2, 3] доходимо висновку, що для апаратної реалізації потрібен аналізатор спектру (АС) низьких (звукових) частот. Аналізатори

з такими характеристиками знайшли застосування у різних сферах діяльності та отримали декілька назв: еквайзери – в акустичній апаратурі; шумоміри – в екології; аналізатори вібрацій – в техніці.

На етапі формування бази знань ЕС можна застосовувати різні типи аналізаторів спектру і конфігурації системи цифрової обробки сигналу. Розглянемо варіанти виконання аналізаторів спектру промислових зразків з половою пропускання звукового діапазону (рис. 2).



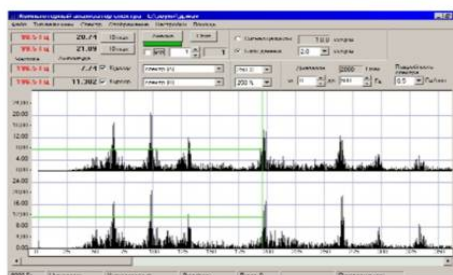
а



б



в



г

Рис. 2. Варіанти виконання аналізаторів спектру:
а – універсальний; б – модульний; в – еквайзер; г – програмний

Професійні аналізатори спектру дозволяють поряд з індикацією форми сигналу (функція осцилографа), спектральних характеристик і спектрограм забезпечують кількісну оцінку спектрального складу періодичного процесу з виводом інформації на зовнішній інтерфейс. Так, наприклад, аналізатор звукових сигналів R&S UPV (рис. 2, а) виконує практично усі можливі вимірювання на аналогових і цифрових інтерфейсах, від вимірів викривлень і зображення спектра до аналізу цифрового інтерфейсу [9]. До функціональних особливостей аналізатора R&S UPV можна віднести наступне:

- всі тестові сигнали і всі вимірювальні функції в одному приладі;
- підходить для всіх видів інтерфейсів;
- забезпечує одночасне відображення безлічі вимірювальних функцій;
- частота дискретизації до 400 кГц;
- використовуються програмовані користувачем фільтри, що адаптуються до поточної вимірювальної задачі;
- містить вбудований комп'ютер;
- має слоти для додаткових опцій;
- всі параметри налаштовуються незалежно;
- висока швидкість вимірювань у всіх компонентах системи.

Вартість приладу значна за рахунок унікальних характеристик та додаткових (надлишкових) опцій.

Модульний варіант (USB-аналізатор) промислового зразка моделі RSA306 (рис. 2, б) має приблизно однакові можливості, за виключенням функцій, які виконує комп'ютер [10].

Еквалайзери використовуються в аудіо-апаратурі та музикальних центрах, характеризуються досить вузьким переліком функцій [11]. Еквалайзери являють досить просту схему і її конструктивну реалізацію (рис. 2, в). Зазвичай такі пристрої являють АЦП з перетворювачем коду для квазі-аналогових дискретних індикаторів. Такі пристрої можна використовувати, як USB-адаптери для реалізації експертної системи в середовищі ПК.

Програмні аналізатори спектру забезпечують спектральний аналіз і обробку сигналів, що надходять з виходу АЦП звукової карти ПК або з файлу. Так, наприклад, програма «Комп'ютерний аналізатор спектру» забезпечує двоканальну обробку акустичних сигналів [12]. В програмі реалізовано більшість функцій, що необхідні для спектрального аналізу. Вирахування спектру здійснюється алгоритмом прямого перетворення

Фур'є. Програма забезпечує:

- відображення спектрів в реальному масштабі часу одночасно по двом каналам (рис. 2, г);
- роботу в режимах отримання сигналу і обробки записаного сигналу;
- усереднення спектрів та їх відображення в реальному часі;
- запуск спектрального аналізу за ознакою перевищення рівня порогового значення;
- вибір ширини частотних полос;
- вирахування взаємних спектрів, частотних характеристик, фазово-частотної характеристики і функції когерентності для двох-канального сигналу;
- вибір тривалості блоку даних для спектрального аналізу і усереднення в режимі отримання сигналу;
- запис сигналу в оперативну пам'ять для наступного аналізу;
- запуск запису сигналу за перевищенням рівня порогового значення;
- запис сигналу на жорсткий диск.

Вибір типу аналізатора спектру з наведеного переліку визначається функціональною ціною приладу та обумовлюється способом його застосування (конфігурацією системи).

Варіантні виконання діагностичної системи

Діагностична система, основу якої складає ЕС, може бути виконана за двома варіантами – як бортова інтегрована в ТЕР (система самодіагностики) або як зовнішня, що підключається до ТЕР автомобіля (рис. 3).

В інтегрованій системі (рис. 3, а), датчик струму (ДХ) і контролер експертної системи (КЕС) з робочою програмою опитування і порівняння та індивідуальною для борта автомобіля базою еталонних значень (БЕД) діагностичного параметра, є штатним діагностичним обладнанням автомобіля. При цьому, ДХ підключається стаціонарно до кола ВАБ за межами технологічної перемички.

Додатково, в інтегрованій системі передбачається система аварійного відключення живлення та сигналізації аварійного стану (САВС) [5]. В такій системі БЕД формується на борту конкретного автомобіля під час його тестування на етапі адаптації системи ТЕР (період розробки ЕС) в умовах підприємства-виробника, до випуску автомобіля у продаж та експлуатацію.

Локалізація несправності (індикація факту і причини несправності) та забезпечення аварійних режимів (відключення ВАБ через

блок САВС) інтегрованою діагностичною системою за результатами моніторингу діагностичного параметра, забезпечується автоматично безпосередньо під час транспортного процесу в період експлуатації автомобіля.

До переваг інтегрованої системи самодіагностики слід віднести:

- можливість реалізації активних функцій (аварійний і адаптивний режими) бортової діагностичної системи;

- постановка діагнозу і локалізація пошкодженого модуля не потребує діагностичного устаткування;

- база еталонних даних отримана безпосередньо на борту автомобіля, який діагностується (виключення помилки розкиду значень параметрів).

- зниження витрат на технічне обслуговування автомобіля з боку власника автомобіля.

В системі, яка підключається із зовні (рис. 3, б), ЕС на програмному рівні реалізується у середовищі ПК. В пам'яті ПК зберігаються бази еталонних значень діагностичних параметрів (мультимарочні бази даних), які заздалегідь придбаються через дилерські мережі виробників автомобілів. Зв'язок ПК з колом ВАБ здійснюється через вимірювальний зонд. При цьому розглядається декілька варіантів зв'язку.

В першому варіанті застосовується аналізатор спектру модульного типу, який підключається до кола ВАБ за допомогою аналогового датчика Холла (див. рис. 1, в) або вимірювача струму кліщової конструкції (див. рис. 1, г). В цьому випадку, локалізація несправності здійснюється під час тестування системи ТЕП у стаціонарних умовах на діагностичному посту з потужнісним стендом.

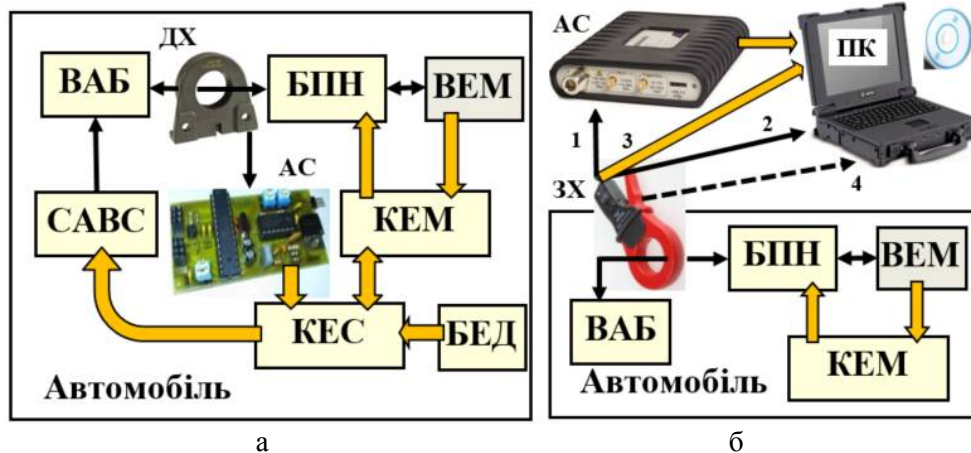


Рис. 3. Конфігурації діагностичної системи на базі ЕС:
а – інтегрованої в електропривод; б – зовнішнього підключення

Процес тестування зовнішньою діагностичною системою полягає у наступному. Автомобіль встановлюється на роликовий випробувальний стенд. Збирається вимірювальне коло діагностичної системи наступним чином:

- з ВАБ електроприводу знімається штатна технологічна перемичка;

- встановлюється перемичка, з відповідним вимірювачем струму;

- вимірювач струму через модуль АС підключається до ПК;

- система вмикається, на моніторі ПК встановлюють робочі вікна.

Далі, активізується ЕП автомобіля в наступній послідовності:

- виставляється нейтральна передача трансмісії;

- вмикається живлення борта (перший режим тестування);

- забезпечується обертання електродвигуна приводу без навантаження з заданою швидкістю (режим пуску і холостого ходу);

- передача трансмісії переводиться в положення, що забезпечує максимальний обертовий момент;

- на випробувальному стенді забезпечують задане навантаження на колесо при означеній швидкості обертання електродвигуна ЕП;

- розвантажують ролики стенда, забезпечують нейтральну передачу, вимикають живлення борта.

Після тестування оператор обробляє результати вимірювань та активізує програму ЕС. Результати тестування у вигляді виснов-

ків про причину несправності виводяться на монітор ПК.

Другий варіант передбачає використання програмного АС (рис. 2, г). В цьому випадку, аналоговий вимірювач струму типу СС65 [13] підключається безпосередньо до мікрофонного входу ПК. Аналогічним чином використовуються цифрові вимірювачі струму типу РСЕ-РСМ1 (варіант 3), які підключаються до ПК через USB-порт [14] та вимірювачі з вбудованим Bluetooth-каналом типу FLIR CM83 [15] (варіант 4).

Основною перевагою зовнішньої діагностичної системи є можливість її застосування для діагностування автомобілів, які не оснащені інтегрованою системою самодіагностики. Оскільки тестування ТЕП автомобіля системою зовнішнього підключення проводиться на приводному стенді, то для умов автосервісу найбільш доцільним є використання четвертого варіанту зв'язку, що забезпечує максимальну продуктивність обслуговування.

Висновки

За результатами досліджень виконано наступне: обрано тип датчика струму на ефекті Холла; запропоновано варіанти вимірювальних зондів з вимірювачами кільцевої та кліщової конструкції; розглянуто варіанти застосування аналізаторів спектру для модифікації параметрів діагностичного сигналу на різних етапах розробки; запропоновано дві конфігурації діагностичної системи – інтегрованої в електропривод автомобіля і з підключенням із-зовні; визначено декілька варіантів зв'язку (моделей) вимірювачів струму з експертною системою, яка реалізована в середовищі універсальних комп'ютерних засобів.

Література

1. Top 6 Car Diagnostic Software in 2017. 2018. URL: <http://www.archer-soft.com/en/blog/> (дата звернення 16.01.2019).
2. Бороденко Ю.М. Ідентифікація несправностей електроприводу автомобіля з вентильним двигуном. *Весник ХНАДУ*. Харків. 2016. Вип. № 72. С. 13 – 18.
3. Бороденко Ю.М. Ідентифікація несправностей енергетичної установки гібридного автомобіля. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання*. Харків, 2016. Вип. №9. С. 27 – 31.
4. Бороденко Ю.М. Аналіз структури електроприводу гібридного автомобіля, як об'єкту діагностики. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання*. Харків, 2016.

Вип. №10. С. 5 – 10.

5. Бороденко Ю.М. Синтез експертної діагностичної системи електроприводу автомобіля. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання*. Харків, 2018. Вип. №13. С. 108 – 114.
6. Paul Emerald. Non-Intrusive Hall-Effect Current-Sensing Techniques Provide Safe, Reliable Detection and Protection for Power Electronics. 2018. URL: <https://www.allegromicro.com/en/Design-Center/Technical-Documents/Hall-Effect-Sensor-IC-Publications/>. (дата звернення 16.01.2019).
7. CSLA2DG - Current Sensor. 2018. URL: <http://uk.farnell.com/honeywell/csla2dg/current-sensor-150a-6v-12v/dp/> (дата звернення 06.12.18).
8. Inside Hall Effect (AC, DC) clamp meters. 2018. URL: <https://www.fluke.com/en-us/learn/best-practices/test-tools-basics/clamp-meters/>. (дата звернення 16.01.2019).
9. R&S@UPV Audio Analyzer Operating Manual. 2018. URL: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_manuals/gb_1/u/upv_1/UPV_UserManual_en_13.pdf (дата звернення 06.12.18).
10. Tektronix RSA306 USB Real Time Spectrum Analyzer. 2018. URL: <https://www.testequity.com/products/24120/>. (дата звернення 16.01.2019).
11. Atmega8 spectrum analyzer. 2018. URL: <https://hackaday.com/2009/12/27/atmega8-spectrum-analyzer/> (дата звернення 16.01.2019).
12. Програма «Аналізатор спектра». Руководство оператора. 2018. URL: <https://docplayer.ru/73475610-Programma-analizator-spektra-rukovodstvo-operatora.html> (дата звернення 06.12.18).
13. Clamp Meters. 2018. URL: <https://www.industrial-needs.com/measuring-instruments/clamp-meters.htm>. (дата звернення 16.01.2019).
14. CC65 Digital AC/DC Current Clamp Meter Multimeter Oscilloscope with BNC Connector. 2018. URL: <https://www.amazon.com/Digital-Current-Multimeter-Oscilloscope-Connector/dp/B0744MP7DF> (дата звернення 06.12.18).
15. FLIR CM83 Power Clamp Meter 600A with VFD and Bluetooth. 2018. URL: <https://www.amazon.com/FLIR-CM83-Power-Clamp-Bluetooth/dp/B00FPK5DA2>. (дата звернення 16.01.2019).

References

1. Top 6 Car Diagnostic Software in 2017. Retrived from: <http://www.archer-soft.com/en/blog/> (accessed 16.01.19).
2. Borodenko Yu.M. Identifikatsiya nespravnostey elektroprivodu avtomobilya z ventyl'nym dvyhunom. [Identification of faults of the electric

- drive of a car with a brushless motor.] *Vesnik KHNADU*. Khar'kiv. 2016. № 72. P. 13 – 18 [in Ukrainian].
3. Borodenko Yu.M. Identyfikatsiya nespravnostey enerhetychnoyi ustanovky hibrydoho avtomobilya. [Identification of malfunctions of the power unit of a hybrid vehicle]. *Avtomobil' i elektronika. Sovremennyye tekhnologii: elektronnoye nauchnoye spetsializirovannoye izdaniye*. Kharkiv. 2016. №9. С. 27 – 31 [in Ukrainian].
 4. Borodenko Yu.M. Analiz struktury elektropryvodu hibrydoho avtomobilya, yak ob'yektu diagnostyky [Analysis of the structure of the electric drive of a hybrid vehicle as an object of diagnostics] *Avtomobil' i elektronika. Sovremennyye tekhnologii: elektronnoye nauchnoye spetsializirovannoye izdaniye*. Kharkiv. 2016. №10. P. 5 – 10 [in Ukrainian].
 5. Borodenko Yu.M. Syntez ekspertnoyi diagnostychnoyi systemy elektropryvodu avtomobilya [Synthesis of the expert diagnostic system of the electric drive of the vehicle]. *Avtomobil' i elektronika. Sovremennyye tekhnologii: elektronnoye nauchnoye spetsializirovannoye izdaniye*. – Kharkiv. 2018. №13. P. 108 – 114.
 6. Paul Emerald. Non-Intrusive Hall-Effect Current-Sensing Techniques Provide Safe, Reliable Detection and Protection for Power Electronics. Retrieved from: <https://www.allegromicro.com/en/Design-Center/Technical-Documents/Hall-Effect-Sensor-IC-Publications/> (accessed 06.12.18).
 7. CSLA2DG - Current Sensor. Retrieved from: <http://uk.farnell.com/honeywell/csla2dg/current-sensor-150a-6v-12v/dp/> (accessed 06.12.18).
 8. Inside Hall Effect (AC, DC) clamp meters. Retrieved from: <https://www.fluke.com/en-us/learn/best-practices/test-tools-basics/clamp-meters/> (accessed 06.12.18).
 9. R&S@UPV Audio Analyzer Operating Manual. Retrieved from: file:///C:/Users/user/Downloads/UPV_UserManual_en_13-5157.pdf (accessed 06.12.18).
 10. Tektronix RSA306 USB Real Time Spectrum Analyzer. Retrieved from: <https://www.testequity.com/products/24120/> (accessed 06.12.18).
 11. Atmega8 spectrum analyzer. Retrieved from: <https://hackaday.com/2009/12/27/atmega8-spectrum-analyzer/> (accessed 06.12.18).
 12. Programma «Analizator spektr». Rukovodstvo operatora. [Program "Analyzer spectrum". Operator's manual]. Retrieved from: <http://docplayer.ru/73475610-Programma-analizator-spektra-rukovodstvo-operatora.html>. (accessed 06.12.18).
 13. Clamp Meters. Retrieved from: <https://www.industrial-needs.com/measuring-instruments/clamp-meters.htm>. (accessed 06.12.18).
 14. Digital AC/DC Current Clamp Meter Multimeter Oscilloscope with BNC Connector. Retrieved from: <https://www.amazon.com/Digital-Current-Multimeter-Oscilloscope-Connector/dp/B0744MP7DF> (accessed 06.12.18).
 15. FLIR CM83 Power Clamp Meter 600A with VFD and Bluetooth. Retrieved from: <https://www.amazon.com/FLIR-CM83-Power-Clamp-Bluetooth/dp/B00FPK5DA2> (accessed 06.12.18).
- Бороденко Юрій Миколайович**¹, к.ф.м. н., доцент каф. автомобільної електроніки, 098-362-9112, docentmaster@gmail.com
- ¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Hardware implementation of the diagnostic system of a car electric drive

Abstract. Operational monitoring of vehicle diagnostic parameters allows you to timely establish the fact of a malfunction, localize the location of damage and affect the drive system to avoid an emergency situation. The purpose of research at this stage is the selection of traction electronic devices and the synthesis of the design of an information-measuring complex for monitoring the diagnostic parameters of a car traction electric drive system. The hardware implementation of the measuring complex, in general, involves the solution of several problems: the choice of the type of current sensor; integration of the sensor into the battery; building a spectrum analyzer structure; selection of digital signal processing system configuration; constructive and electrical binding of the complex to the object of diagnosis. As a diagnostic parameter to assess the technical condition of the traction electric drive, the spectral composition of the periodic function of the battery current is considered. To measure the current at the stage of a physical experiment in the power supply circuit, it is necessary to determine the type of the non-contact current sensor. For technological reasons, annular sensor designs are appropriate to use in integrated measuring channels, the clamped ones - in external connection systems. In the first case, the requirements for the design and technical characteristics, an analog current sensor type CSLA2DG ring design was selected. In the second case, universal current meters of industrial designs with analog, digital or radio frequency output can be used. For linking the current sensor to the power supply circuit of the traction electric drive, the proposed designs of the technological jumper of the battery are proposed. The choice of the type of spectrum analyzer is determined by the method of its application (development stage, system configuration). At the stage of building the knowledge base of an expert system, several options (hardware, software, hardware and software) of low-frequency spectrum analyzers for various purposes, such as equalizers, sound level meters, vibration

analyzers, were considered. Based on the selected devices of the measuring channel, two configurations of the diagnostic system were synthesized – integrated into the traction electric drive and external connection. Several options of connection (models) of current meters with an expert system, which is implemented in the environment of universal computer facilities, are determined.

Keywords: electric drive, Hall sensor, high-voltage battery, spectrum analyzer, diagnostic system.

Yuriy Borodenko¹, Assoc. Prof., Ph. D. (Phys.-Maht.), 098-362-9112, docentmaster@gmail.com

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

Аппаратная реализация диагностической системы электропривода автомобиля

Аннотация. Рассмотрены вопросы построения

диагностической системы тягового электропривода автомобиля. Предложена реализация измерительного канала на базе аналогового датчика Холла. Избран тип анализатора спектра. Приведены конфигурации диагностической системы, интегрированной в электропривод и системы внешнего подключения.

Ключевые слова: электропривод, датчик Холла, высоковольтная аккумуляторная батарея, анализатор спектра, диагностическая система.

Бороденко Юрий Николаевич¹, к. ф.-м. н., доцент каф. автомобильной электроники, 098-362-9112, docentmaster@gmail.com

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, м. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.