

появи відмов автомобілях вузлів та агрегатів.

Література

1. Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure, <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp29/ECE-TRANS-WP29-2014-027e.pdf>.
2. Jacob A. Crossman, Hong Guo, Yi Lu Murphey, and John Cardillo. Automotive Signal Fault Diagnostics – Part I: Signal Fault Analysis, Signal Segmentation, Feature Extraction and Quasi-Optimal Feature Selection. IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 52, NO. 4, JULY 2003, DOI: 10.1109/TVT.2002.807635.
3. Yi Lu Murphey, Jacob A. Crossman, Zhi Hang Chen, and John Cardillo. Automotive Fault Diagnosis – Part II: A Distributed Agent Diagnostic System. IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 52, NO. 4, JULY 2003, DOI: 10.1109/TVT.2003.814236.
4. S. Meckel, T. Schuessler, P.K. Jaisawal et al. Generation of a diagnosis model for hybrid-electric vehicles using machine learning / Microprocessors and Microsystems 75 (2020) 103071, <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103071>.
5. Kaplan, H.; Tehrani, K.; Jamshidi, M. A Fault Diagnosis Design Based on Deep Learning Approach for Electric Vehicle Applications. Energies 2021, 14, 6599. <https://doi.org/10.3390/en14206599>.
6. L. Breiman. Classification and regression trees, Routledge, 2017, <https://doi.org/10.1201/9781315139470>.
7. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, Deep learning, MIT press, 2016, <http://www.deeplearningbook.org>.
8. A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks / Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS 2012), 2012, pp. 1097-1105. ISBN: 9781627480031.

Нечаус Андрій Олександрович, к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nechaus@ukr.net, 067-777-0224

Воронінко Максим Андрійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, voroninkomaksim@gmail.com, 066-407-4570

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ У ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМАХ

Гібридний електромобіль відрізняється від автомобіля з ДВЗ чотирма різними частинами: пристроєм для зберігання великої кількості електричної енергії; електричною машиною для перетворення електричної енергії на механічний крутний момент; модифікованим ДВЗ, пристосованим до гібридного електричного використання; системою передачі між двома різними методами руху. З точки зору інтеграції компонентів, гібридний електромобіль являє собою,

порівняно з транспортним засобом з ДВЗ, збільшення складності приблизно на 25%, а з точки зору системного управління вхідного апаратного та програмного забезпечення – щонайменше вдвічі. Через це, ціна на такий транспортний засіб є вищою, ніж на транспортний засіб, який працює лише від ДВЗ.

Архітектура гібридного транспортного засобу [1] визначається як з'єднання між компонентами передачі енергії та портів управління. Гібридні електромобілі були класифіковані на два основних типи: послідовні та паралельні. Але в даний час HEV класифікують на чотири види: послідовний гібридний, паралельний гібридний, послідовно-паралельний гібридний та складний.

Послідовний гібридний привід використовує два джерела енергії, які живлять одну силову установку (електродвигун), який приводить в рух транспортний засіб. У паралельній конфігурації (рисунок 1) потужність ДВЗ та електродвигуна (М-Г) об'єднуються в механічну муфту і приводять в дію трансмісію за допомогою механічної передачі.

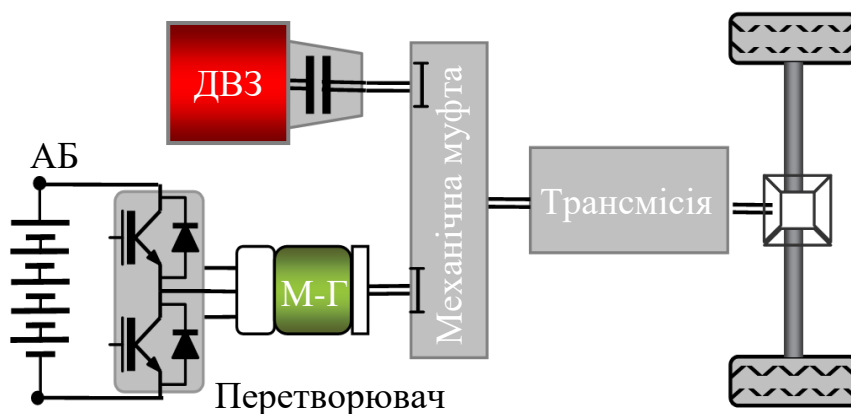


Рисунок 1 – Паралельна конфігурація HEV

У паралельному гібридному електромобілі можуть використовуватися різні стратегії керування. У найпоширеніших стратегіях ДВЗ використовується у ввімкненому режимі і працює з майже постійною вихідною потужністю в зоні максимальної ефективності. Якщо потужність, яка вимагається від трансмісії, перевищує вихідну потужність ДВЗ, вмикається електродвигун, ДВЗ і електродвигун подають енергію на трансмісію. Якщо потужність, яка вимагається від трансмісії, менша за вихідну потужність ДВЗ, залишок потужності використовується для заряду акумуляторних батарей. У цій конфігурації для заряду батарей використовується енергія рекуперативного гальмування при русі під ухил.

Координоване управління підсистемами паралельного гібридного транспортного засобу може бути реалізовано за допомогою ієрархічної структури [2]. Її основним елементом є електронний блок керування транспортним засобом (ECU), який контролює і координує роботу усіх систем. ECU повинен постійно відстежувати вимоги водія, умови руху і стан підсистем, щоб оцінити оптимальну топологію всієї системи і забезпечити мінімальну витрату палива при високих експлуатаційних характеристиках. Основна система повинна забезпечувати маневреність, необхідну водієві за будь-яких

умов руху. Ці завдання нагляду та координації реалізуються структурою управління, яка включає як елементи автоматів стану, так і елементи динамічного управління, що відповідають кожному стану. Динамічне керування кожною підсистемою реалізується окремою локальною системою керування. Динамічне керування інтегрується на рівні координаційної системи тільки тоді, коли необхідний плавний перехід між станами або для динамічного переходу в стан з більш ніж однією підсистемою.

Через складність управління в реальному часі для паралельного гібридного електромобіля необхідно інтегрувати всі елементи у високошвидкісну мережу зв'язку CAN (1 Мбіт/с) для забезпечення розподіленого управління всіма ресурсами. Для цього може бути використана мережа CANopen з чотирма підпорядкованими вузлами та одним головним вузлом. Головний вузол забезпечує керування мережею, а також здійснює контроль за керуванням вузлами, робочими станами вузлів, аналіз аварійних повідомлень. Перший підлеглий вузол, на нижчому рівні, призначений для системи двигуна/генератора і включає контур керування швидкістю для електричної тяги транспортного засобу. Другий підлеглий вузол використовується для отримання даних про крутний момент, який передається від датчика крутного моменту, і перетворення даних для належного використання в мережі CANopen. Третій підлеглий вузол мережі використовується для системи емуляції характеристик поздовжньої динаміки транспортного засобу, реалізованої за допомогою асинхронного двигуна і перетворювача. Четвертим підпорядкованим вузлом мережі є система автоматичного перемикавання передач, яка включає в себе керування зчепленням та передачею.

Подібну систему можливо реалізувати використовуючи такий популярний програмний продукт як Simulink, який містить бібліотеку CANopen Blockset (рисунок 2).

Підсистема CANOpen Message Receive реалізує прийом повідомлень у буфер стеку CANopen. Повідомлення передаються підсистемою CANOpen Message Send. У цьому ж модулі знаходиться підсистема CANOpen Err & Run LED, яка керує двома світлодіодами системи числення. Ініціалізація стеку та його періодичне опитування здійснюється підсистемами Init CANOpen та SW_TimerISR.

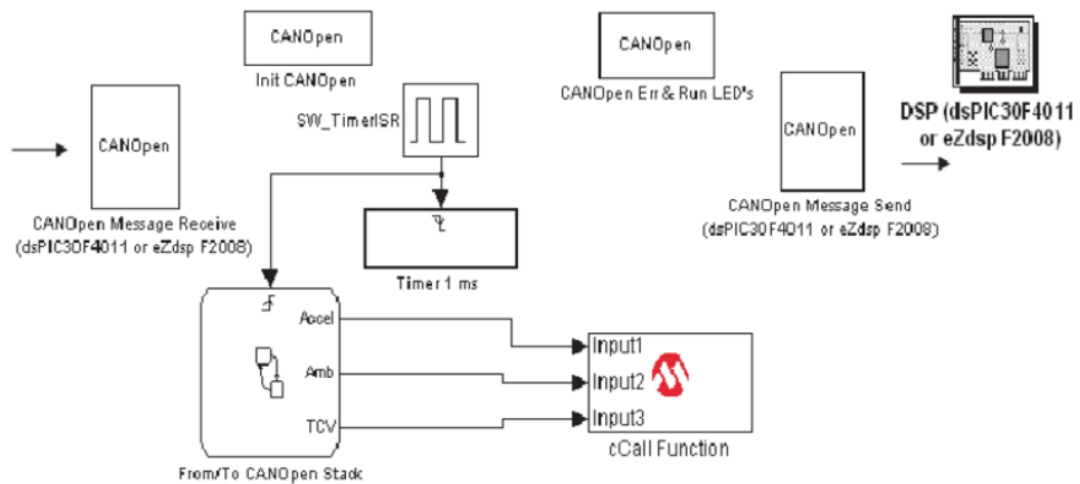


Рисунок 2 – Simulink модель підлеглого вузла зв'язку CANopen

Важливим аспектом реалізації CANopen є генерація відносних посилань на час для адміністрування повідомлень про передачу даних (мітка часу) та адміністративних даних. Для цього використовують програмне забезпечення, яке опитує як стек CANopen, так і таймер з періодом 1 мс.

Висновки

Гібридні електромобілі є складними динамічними системами і мають велику кількість взаємопов'язаних електричних систем для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик. Через складність управління в реальному часі для гібридного електромобіля необхідно інтегрувати всі елементи у високошвидкісну мережу зв'язку CAN для забезпечення розподіленого керування всіма ресурсами. Розподілене керування системою за допомогою протоколу CANopen на шині CAN дозволяє керувати системами електроприводів з покращеними динамічними характеристиками.

Література

1. Kamil Çagatay Bayindir, Mehmet Ali Gözükcük, Ahmet Teke. A comprehensive overview of hybrid electric vehicle: Powertrain configurations, powertrain control techniques and electronic control units. *Energy Conversion and Management* 52(2011):1305-1313 DOI:10.1016/j.enconman.2010.09.028.
2. Schaltz, E. (2011). *Electrical Vehicle Design and Modeling*. In S. Soylu (Ed.), *Electric Vehicles - Modelling and Simulations* (1 ed., Chapter 1, pp. 1-24). Croatia: INTECH. <https://vbn.aau.dk>.
3. Eric Walter, Richard Walter. *Data Acquisition from LD Vehicles Using OBD and CAN*, SAE, 2018, ISBN 978-0-7680-8351-4.