

3. Catata, Elmer Osman & de Paula, Marcelo & dos Santos Neto, Pedro & Filho, Ernesto & Luque Carcasi, Diodomiro & Barros, Tarcio. (2023). Direct average torque control of switched reluctance generator. IET Power Electronics. 16. 10.1049/pel2.12521.
4. Lin, Shangping & Huang, Yujie & Liaw, Changming. (2023). Wind SRG-Based Bipolar DC Microgrid with Grid-Connected and Plug-In Energy Supporting Functions. Energies. 16. 2962. 10.3390/en16072962.
5. Janjua Rajput, N. N. (2022). Performance Evaluation of Switched Reluctance Motor and Generator Under Same Operating Conditions. International Journal of Electrical Engineering & Emerging Technology, 5(2), 49–55. Retrieved from <http://www.ijeet.com/index.php/ijeet/article/view/130>.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОЮ ГАЛЬМІВНОЮ СИСТЕМОЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ ABS ТА ESP

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент каф. АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8833-0802

Цвіренко Владислав Анатолійович, студент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vlad_vine@icloud.com

Гальмівні системи сучасних автомобілів та електромобілів постійно вдосконалюються підвищуючи рівень безпеки автомобіля та комфорту водія [1-5]. При цьому, система гальмування інтегрується у сучасні системи активної безпеки та допомоги водію. Серед усіх відомих систем цього класу системи ABS та ESP вимагають додаткових пристроїв, таких як високошвидкісні електромагнітні клапани та насоси повернення масла, тобто мають електричну складову. Одним з напрямів принципового вдосконалення гальмівних систем є впровадження технології BBW (brake-by-wire) – керування гальмами за допомогою електричних сигналів. Серед найбільш відомих типів цієї технології можна виділити:

ЕНВ – електрогідравлічна гальмівна система;

ЕМВ – електромеханічна гальмівна система;

ЕВВ – електро-клинова гальмівна система.

Ці типи гальмівних систем порівняно з традиційною гідравлічною системою мають такі переваги як простота будови, надійність роботи, гнучкість та безпеку гальмування, легкість реалізації додаткових функцій, а

також вони добре поєднуються з рекуперативною гальмівною системою гібридних та електромобілів.

Електричні виконавчі органи перелічених типів гальмівних систем, тобто електромагнітні клапани та насоси також є сучасними електромеханічними пристроями у яких поєднано всі сучасні досягнення техніки та технології. Зокрема у електромагнітних клапанах використовуються збірки Хальбаха з постійних магнітів на основі рідкоземельних елементів, а електричні двигуни насосів мають підвищені швидкодю та продуктивність при мінімальних розмірах.

Вся система BBW функціонально розділена на п'ять підсистем [2]:

1. Чотири колісні приводи, такі як EMB або EWB.
2. Електронний симулятор педалі та різні датчики для перетворення гальмівної дії водія, швидкості, обертів коліс та інших сигналів на електричні сигнали.
3. Система живленням електричного приводу та системи керування.
4. Мережа зв'язку для передачі різноманітних електричних сигналів. Зараз основною мережею зв'язку зазвичай є шина CAN, а допоміжною мережею є шина FlexRay.
5. Центральний електронний блок керування (ЕБК) та контролер приводу. ЕБК комплексно обчислює та обробляє всі сигнали, а також виробляє сигнал гальмування для контролера приводу. Контролер приводу регулює фактичне гальмівне зусилля відповідно до сигналу ЕБК та інших необхідних сигналів.

Таким чином BBW є виключно електронною гальмівною системою, яка потребує відповідних алгоритмів керування та забезпечення роботи окремих підсистем.

Щоб забезпечити достатню силу гальмування, гальмівний привод повинен забезпечувати силу затиску до десятків тисяч ньютонів. Однак об'єм та вага приводу мають бути якомога меншими. При впливі на передні колеса слід виключити вплив приводу в систему рульового керування.

Контролер виконавчого механізму повинен забезпечити алгоритм керування гальмівною силою з точки зору оптимального співвідношення швидкодії та точності відпрацювання керуючих сигналів.

Будова та принцип гальмування BBW сильно відрізняються від традиційної гідравлічної гальмівної системи, метод регулювання гальмівної сили також повністю відрізняється. Гідравлічна гальмівна система не здатна точно контролювати силу гальмування коліс, BBW навпаки – може точно визначати силу гальмування і регулювати швидкість ковзання коліс. Більшість існуючих ABS використовують «логічний пороговий контроль» замість «контролю швидкості ковзання».

Висновки

Вдосконалення гальмівних систем сучасних автомобілів з одного боку веде до підвищення їх надійності та ефективності, зменшення кількості компонентів. З іншого боку, потребують модифікації і алгоритми керування виконавчими елементами гальмівної системи у різних режимах гальмування та реалізації систем допомоги водію. Робота присвячена аналізу математичних моделей електромеханічних виконавчих органів сучасних типів гальмівних систем.

Література

1. Schrade, Simon & Nowak, Xi & Verhagen, Armin & Schramm, Dieter. (2022). Short Review of EMB Systems Related to Safety Concepts. *Actuators*. 11. 214. 10.3390/act11080214.
2. Gong, Xiaoxiang & Ge, Weiguo & Yan, Juan & Zhang, Yiwei & Gongye, Xiangyu. (2020). Review on the Development, Control Method and Application Prospect of Brake-by-Wire Actuator. *Actuators*. 9. 15. 10.3390/act9010015.
3. Li, Wenfei & Wang, Ming & Huang, Chao & Li, Boyuan. (2024). A Survey of Hybrid Braking System Control Methods. *World Electric Vehicle Journal*. 15. 372. 10.3390/wevj15080372.
4. Vignati, Michele & Belloni, Mattia & Tarsitano, Davide & Sabbioni, Edoardo. (2021). Optimal Cooperative Brake Distribution Strategy for IWM Vehicle Accounting for Electric and Friction Braking Torques. *Mathematical Problems in Engineering*. 2021. 1-19. 10.1155/2021/1088805.
5. Yu, Peng & Sun, Zhaoyue & Xu, Haoli & Ren, Yunyun & Chan, Ruby. (2023). Design and Analysis of Brake-by-Wire Unit Based on Direct Drive Pump–Valve Cooperative. *Actuators*. 12. 360. 10.3390/act12090360.

МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СУМІЩЕНИХ ІНВЕРТОРІВ ДВОМОТОРНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент каф. АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8833-0802

Шевченко Олександр Владиславович, студент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: shevchenko220603@gmail.com

Використання у складі силової установки електромобіля двох тягових двигунів, наприклад, у вигляді мотор-колеса вимагає застосування двох інверторів для їх роздільного керування. Однак, при цьому двократно збільшується