

4. Для визначення порядку диференціального рівняння динаміки дизель-генератора необхідно використати рівняння рівноваги моментів, рівняння нерозривності газових потоків і рівняння стану газів.

5. Для визначення постійних часу й коефіцієнтів при змінних у рівняннях динаміки необхідно використати результати обробки частотних і перехідних характеристик, що знімаються експериментально.

6. Керування процесом вирівнювання частот варто вести східчастими керуючими впливами, амплітуда й час зміни яких визначається положенням полюсів і нулів передатної функції, яка одержується з рівняння динаміки дизель-генератора.

7. Для технічної реалізації методу східчастих керуючих впливів необхідно змінити конструкцію регулятора частоти обертання, увівши в його склад електромагніт або гідроупор, керований програмним пристроєм і впливаючий на керуючий золотник виконавчого поршня, пов'язаного з рейкою паливного насосу.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3465-96. Якість електричної енергії. Терміни та визначення. Чинний від 1998-01-01. – к.: Держстандарт України, 1996. – 35 с.

2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.

3. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергетики. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.

Аргун Щасяна Валиковна, д.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, shasyana@gmail.com

Гнатів Андрій Вікторович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

Лещенко Микола Сергійович, магістр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РЕКУПЕРАТИВНЕ ГАЛЬМУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Проблеми глобального потепління та нестача викопного палива стали причинами швидкого розвитку електромобілів, які у порівнянні зі звичайними автомобілями мають більш високу ефективність силового агрегату з можливістю двонаправленого потоку енергії для управління енергією [1]. Двонаправлений потік енергії дозволяє транспортному засобу відновлювати кінетичну енергію під час уповільнення за допомогою регенеративної гальмівної системи (РГС) без додавання будь-яких додаткових компонентів.

В якості накопичувача енергії для рекуперативного гальмування в основному використовується система живлення, що складається з

акумуляторної батареї, яка зазвичай має низьку питому потужність, короткий термін служби і незадовільні температурні характеристики [2]. Крім того, миттєва потреба автомобіля в високій потужності викликає ударне пошкодження батареї. Особливо нагальною ця проблема є для міських умов з частими пусками, прискореннями і уповільненнями.

Для того щоб зменшити ударне навантаження від зарядки і розрядки акумулятора високим струмом, ефективним способом є використання енергії з високою щільністю потужності. Для цього використовують суперконденсатори (СК), які мають наступні переваги [3]:

- висока питома потужність;
- тривалий цикл життя;
- швидка швидкість зарядки;
- хороші низькотемпературні характеристики;
- здатність до сильного струму розряду;
- низькотемпературні характеристики;
- проста схема зарядки і розрядки;
- зручне виявлення.

Однак одним з суттєвих недоліків СК є їх низька питома енергія. Тому СК часто об'єднують з акумуляторною батареєю, що володіє високою питомою енергією, для створення гібридної системи зберігання енергії.

РГС з подвійним живленням використовує схему спільної роботи суперконденсатора і батареї, що дозволяє в повній мірі використовувати переваги високої питомої енергії батареї і високої питомої потужності СК. Оптимізація управління енергією може бути досягнута шляхом визначення стратегії розподілу енергії. Крім того, СК має більший робочий струм, що може розширити робочу зону приводного двигуна. У цьому випадку коефіцієнт розподілу електричного гальмування може бути збільшено для більшої рекуперації енергії в залежності від стабільності і потреби в гальмуванні. Крім того, коли два джерела живлення працюють спільно, вихідна потужність батареї може бути ефективно знижена, а втрати від впливу миттєвого великого струму на батарею можуть бути зменшені для продовження терміну служби батареї. Для РГС з двома джерелами живлення в літературі в основному розглядається стратегія управління енергією і контролю комбінованих джерел живлення.

З відкритих джерел відомо, що більшість з гібридних систем накопичення енергії застосовується в залежності від зовнішніх умов, таких як умови водіння і типи транспортних засобів. Однак дослідження самих внутрішніх компонентів, тобто потоку енергії та ефективності СК, батареї і перетворювача постійного струму в процесі рекуперативного гальмування, обговорюються рідко. Фактично, додавання СК змінює спосіб потоку енергії і втрати електроенергії, що впливає на швидкість рекуперації регенеративної енергії. Крім того, стратегія розподілу потужності рекуперативного гальмування СК і батареї впливає на загальну ефективність системи накопичення енергії і коефіцієнт використання енергії транспортним засобом. Отже, необхідно

вивчити детальну стратегію передачі і розподілу енергії СК і батареї в процесі рекуперативного гальмування, щоб максимально збільшити ефективність рекуперації та використання енергії.

Висновки

Популяризація і розвиток електромобілів вимагають подальшого їх удосконалення, зокрема, збільшення ефективності. Одним зі способів досягнення таких результатів є рекуперативне гальмування. В подальших роботах планується провести дослідження регенеративного механізму електромобіля з гібридною системою накопичення енергії, шляху потоку енергії в процесі гальмування; розробити стратегію енергоефективності з найвищим комплексним ККД з урахуванням втрат заряду-розряду СК і батареї, а також втрат перетворювача постійного струму в постійний.

Литература

- [1] B. Xiao, H. Lu, H. Wang, J. Ruan, и N. Zhang, «Enhanced Regenerative Braking Strategies for Electric Vehicles: Dynamic Performance and Potential Analysis», *Energies*, т. 10, вып. 11, Art. вып. 11, ноя. 2017, doi: 10.3390/en10111875.
- [2] W. Zhao, G. Wu, C. Wang, L. Yu, и Y. Li, «Energy transfer and utilization efficiency of regenerative braking with hybrid energy storage system», *Journal of Power Sources*, т. 427, сс. 174–183, июл. 2019, doi: 10.1016/j.jpowsour.2019.04.083.
- [3] S. Huang, X. Zhu, S. Sarkar, и Y. Zhao, «Challenges and opportunities for supercapacitors», *APL Materials*, т. 7, вып. 10, с. 100901, окт. 2019, doi: 10.1063/1.5116146.

Аргун Щасяна Валіковна, д.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, shasyana@gmail.com

Мигаль Василь Дмитрович, д.т.н., професор, Державний біотехнологічний університет

Гнатова Ганна Андріївна, студентка 4 курсу, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РОЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЯКОСТЕЙ ДІАГНОСТА ПРИ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ В ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ

Вчені всього світу приділяють увагу питанням економічності, екологічності, надійності та ефективності різного роду машин і апаратів. Для досягнення цієї мети розробляють нове і удосконалюють існуюче обладнання і прилади. Крім того, особлива увага приділяється якості діагностування технічного стану транспортних засобів (ТЗ) як за допомогою навичок діагноста,