

14. Аргун Щ.В. Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорті його інфраструктура / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Ульянець // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
15. Gnatov A. Disk matching devices for methods of exterior levelling of car body panels / A. Gnatov, I. Trunova, Sch. Argun // Автомобильный транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2016. – Вып. 39. – С. 66-73.
16. Гнатов А. В. Теплові процеси за умов індукційного нагрівання полем плоского кругового багатовиткового соленоїда / А. В. Гнатов, Щ.В. Аргун, Є.О. Чаплигін, О.С. Сабокарь // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця : ВНТУ. – 2015. – № 5 (121). – С. 87-92.

Двадненко Володимир Якович, д.т.н., професор кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно- дорожній університет, dvadnenkovladimir@gmail.com

Дзюбенко Олександр Андрійович, к.т.н., доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, dzyubenko.alan@gmail.com

Попов Вадим Дмитрович, студент магістратури автомобільного факультету, гр. АЕ-61-21, r.t.s.1pv@gmail.com

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ М'ЯКОГО ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ З АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

Задача зниження витрат вуглеводневого палива автомобільним транспортом має не тільки економічне, а й екологічне значення, оскільки пропорційно дає змогу зменшити викиди CO₂. Цю задачу допомагають вирішувати м'які гібридні автомобілі [1]. Також, як і в класичному гібридному автомобілі, у м'якому гібридному автомобілі необхідні два джерела енергії: паливний бак та тягова акумуляторна батарея (ТАБ), а також два двигуни: ДВЗ і тяговий електродвигун. Однак на відміну від класичного гібрида в м'якому гібридному автомобілі встановлюють менш потужний електродвигун і ТАБ із меншою ємністю. Оскільки ці компоненти гібридного автомобіля найдорожчі, то ціна м'якого гібридного автомобіля виявляється істотно нижчою за ціну класичного гібрида і дозволяє м'яким гібридним автомобілям наблизитися за ціною, а значить і більш успішно конкурувати з автомобілями на основі ДВЗ.

Порівнюючи класичні гібриди та м'які гібридні автомобілі, зазначимо, що в класичних гібридних автомобілях необхідний потужний електродвигун, для старту з місця і набору швидкості до 30-40 км/год. Це потрібно для того, щоб гібридний автомобіль мав достатнє прискорення в цьому режимі. М'які гібридні автомобілі не забезпечують такий режим. Існують м'які гібридні автомобілі, які мають можливість дуже повільного руху на електроприводі [1], але цей рух через малу потужність електроприводу непридатний для нормального міського трафіку, його використовують лише для повільного

переміщення у дворах, приміщеннях або в заторах. У роботі [2] обґрунтовано можливість створення м'якого гібридного автомобіля з електроприводом порівняно невеликої потужності, який може залишатися повноцінним учасником міського руху. Це досягнуто заміною звичайного алгоритму роботи гібридного автомобіля, на алгоритм, початку руху, що відбувається з системою «старт-стоп» на ДВЗ, а потім рівномірний рух у місті здійснюється на електроприводі при вимкненому ДВЗ. Такий алгоритм ґрунтується на малій необхідній потужності для підтримки рівномірного руху в інтервалі швидкостей 40-60 км/год. [2]. У такому електричному режимі значний внесок в економію палива вносить рекуперація і зручна можливість застосування режиму «розгін-накат», за якого накопичена автомобілем кінетична і потенційна енергія безпосередньо, без перетворень використовується для транспортної роботи. Саме ці можливості найефективніше можна реалізувати застосовуючи асинхронний тяговий електродвигун із частотним керуванням. Це зумовлено тим, що в режимі електроприводу маємо більш простий і зручний для водія спосіб використання режимів накату – коли педаль акселератора та гальма відпущені; розгону - коли натиснуто педаль акселератора; рекуперативного гальмування – коли педаль гальма тільки відводиться від упору та «екстреного гальмування», коли педаль гальма натиснута сильно.

Асинхронний електродвигун найбільш простий за конструкцією і найбільш технологічний у виробництві, має порівняно низьку вартість, високу надійність і тривалий термін служби за мінімальних експлуатаційних витрат, асинхронний двигун добре працює на високих обертах у тяговому режимі, може ефективно гальмувати в режимі рекуперації та має мінімальний опір обертанню в знеструмленому стані (у режимі «накат»).

Для розрахунку параметрів тягового асинхронного електроприводу використовуємо результати дослідження короткого замикання та холостого ходу в режимі частотного керування, виміряні параметри статорної обмотки, заводські параметри електродвигуна і виміряний максимальний пусковий момент із частотним керуванням. При цьому враховуємо обмеження за струмом у режимі короткого замикання (при загальмованому роторі) і обмеження за напругою під час режиму холостого ходу. Струм, який споживає обмотка статора, запишемо через корисну потужність P_2 :

$$I_1 = P_2 / (m_1 U_1 \eta \cos \varphi_1),$$

де m_1 - число фаз статорної обмотки, U_1 - діюча напруга статорної обмотки. Мінімізуючи струм статора в робочій точці механічної характеристики отримаємо систему адаптивного скалярного керування. Таку мінімізацію можна проводити, використовуючи табличне мікроконтролерне частотне керування.

Асинхронний двигун проектується так, щоб він мав максимальний ККД і коефіцієнт потужності за номінального навантаження. Регулюючи частоту і напругу живлення статора, можна змінювати ковзання і тим самим змінювати коефіцієнт потужності, отже щоразу досягати високого ККД, а також,

використовувати принцип керування за мінімумом електричних втрат потужності в системі інвертор - двигун.

Відповідно до закону М.П. Костенка [3,4], нормована напруга дорівнює добутку нормованої частоти на нормований момент у ступені $\frac{1}{2}$, тобто.

$$\frac{U}{U_{\text{НОМ}}} = \frac{f}{f_{\text{НОМ}}} \sqrt{\frac{M}{M_{\text{НОМ}}}}.$$

При цьому має місце робота асинхронного двигуна при практично постійному коефіцієнті потужності, постійному запасі стійкості та постійному абсолютному ковзанні. Оскільки напруга і частота можуть бути задані й контролюються системою управління, залишається непередбачуваний момент навантаження, що змінюється в деяких межах. Однак, якщо запровадити керування напругою, орієнтуючись не тільки на зміну частоти (швидкості руху), а й на підтримання оптимального коефіцієнта потужності то, як впливає із закону Костенка, можна врахувати і зміну навантаження асинхронного двигуна. Отже, слідкуюча система управління ковзанням в момент тяги може бути замкнута за струмом фаз і напругою фаз з урахуванням коефіцієнта потужності, тому що коефіцієнт потужності легко вираховується спеціалізованим мікроконтролером за сигналами датчиків фазного струму і фазної напруги.

Виходячи зі сказаного вище, бачимо, що м'який гібридний автомобіль з відносно малопотужним асинхронним електроприводом і порівняно невеликою, з малою ємністю, акумуляторною тяговою батареєю може забезпечити повноцінну, зручну і економічну експлуатацію такого автомобіля в міських умовах. Таким чином можна зробити висновок про можливість створення гібридної силової установки м'якого гібридного автомобіля, що дозволяє зменшити витрату вуглеводневого палива та покращити екологічні параметри. Це також дозволить досягти низької вартості гібридного автомобіля в порівнянні з гібридними автомобілями з електродвигунами на основі синхронної електричної машини з постійними магнітами. Цей автомобіль дозволить також знизити не тільки вартість, але і вагу м'якого гібридного автомобіля.

Література

1. A. Taoudi, M. S. Haque, C. Luo, A. Strzelec, and R. F. Follett, 'Design and Optimization of a Mild Hybrid Electric Vehicle with Energy-Efficient Longitudinal Control', SAE International Journal of Electrified Vehicles, vol. 10, no. 14-10-01–0005, 2021.
2. Двадненко В. Я., Пушкарь О. Б. Улучшение экономических и экологических характеристик микрогибридного автомобиля. /Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2019.– Вып. 45. – С.12–22

3. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006, – 94 с.

4. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: [Учебник для вузов. В 2-х т. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2004. —. 532

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

Васильєв Владислав Юрійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, vladislav899900@gmail.com, 093-905-9882

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МІКРОМАШИН

Розвиток сучасних автомобільних систем спрямований на підвищення рівня екологічності та безпеки, а також комфорту користування автомобілем [1, 2, 4]. Зокрема рівень комфорту визначається переліком тих функцій, які виконує система автоматизації автомобіля, звільняючи водія від контролю та керування тими системами, які не потребують його уваги з точки зору однозначної логіки, та дозволяють водію зосередитись безпосередньо на безпечному керуванні автомобілем у транспортному потоці. Наприклад, система автоматичного ввімкнення склоочисників при появі крапель води на лобовому склі може без участі водія вмикати та вимикати склоочисники; система клімат-контролю здійснює вмикання та вимикання або обігрівача, або кондиціонера залежно від температури в салоні автомобіля та виставлених налаштувань; система головного освітлення автоматично вмикає ходові вогні, фари ближнього або дальнього світла. Тобто водій звільняється від операцій керування склоочисниками, перемикачем світла фар, кліматичною установкою, тощо. Крім того, є функції, які також звільняють водія від виконання певних маніпуляцій з автомобілем: система піднімання-опускання стекол дверей, відкривання-закривання багажника, налаштування та складання зовнішніх дзеркал, регулювання сидінь, тощо. Чим більше подібних автоматичних або роботизованих систем має автомобіль, тим більш привабливим він є для власника або потенційного власника. Виконання названих функцій покладається на виконавчі механізми, більшість з яких на теперішній час побудовані на основі електричних двигунів постійного струму (рис. 1).

Як показує аналіз [1, 2], виробники автомобільного транспорту традиційно використовують конструкції електродвигунів, які достатньо розроблені і зарекомендували себе з кращого боку, однак з точки зору сучасних досягнень в техніці та технології, можуть вважатися морально застарілими. Так, нерідко, використовуються колекторні двигуни (рис. 2). Крім того, також існують конструкції, у яких механічна передача забезпечує зміну напрямку або швидкості руху виконавчого механізму.

Зважаючи на відомі недоліки, які характерні для електричних машин постійного струму традиційної будови, на теперішній час все більшого