
ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ З ПЕРЕМІКАННЯМ МАГНІТНОГО ПОТОКУ У ГЕНЕРАТОРНОМУ РЕЖИМІ ПРИ РЕКУПЕРАТИВНОМУ ГАЛЬМУВАННІ 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

Панін Олександр Олексійович, студент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: thetopgamerpubg@gmail.com

Реактивна електрична машини з перемиканням магнітного потоку, у іноземній класифікації – SRM, є перспективним варіантом для використання у силовій установці електромобіля. Незважаючи на те, що вона за своїми енергетичними характеристиками поступається електричним машинам зі збудженням від постійних магнітів, завдяки простоті конструкції, яка визначає її надійність, та відсутності потреби у постійних магнітах на основі рідкоземельних металів, що визначає її вартість, даний тип машин на теперішній час активно досліджується та вдосконалюється.

Одним з режимів роботи у складі силової установки електромобіля є режим рекуперативного гальмування, у якому тяговий електричний двигун переводиться у генераторний режим, що дозволяє перетворювати енергію гальмування на електричну енергію, яка повертається у тягову акумуляторну батарею електромобіля, збільшуючи запас ходу.

Дослідженню характеристик SRM у режимі генератора присвячена досить велика кількість публікацій, наприклад, [1-4], що підтверджує актуальність питання про її перспективність. Однак, у проаналізованих роботах SRM пропонується використовувати як джерело електричної енергії. При роботі у складі енергетичної установки електромобіля, зокрема у режимі рекуперативного гальмування, генераторний режим має суттєві особливості. По-перше, в цьому режимі, в першу чергу, передбачається гальмування електромобіля, тобто генератор повинен забезпечити задане гальмівне зусилля. По-друге, в ході гальмування швидкість обертання генератора стрімко зменшується, зумовлюючи зниження його вихідної напруги. По-третє, цей режим досить короткочасний. По-четверте, гальмування тим ефективніше, чим більший струм споживається від генератора. По-п'яте, ефективність рекуперації залежить від кількості електрики, які вдасться повернути у тягову акумуляторну батарею, забезпечуючи для неї прийнятний режим заряду.

Вирішення визначених проблемних питань досягається не тільки на етапі розробки SRM для заданої галузі використання, але й за рахунок розробки відповідної системи керування та алгоритму її роботи.

Основною конструктивною ознакою SRM є співвідношення кількості зубців статора та ротора, оскільки основним недоліком машини є значні пульсації крутного моменту, то кількості зубців намагаються обирати як можна більшими, що, своєю чергою вимагає застосування багатофазних систем напруг і ускладнює систему керування машиною. Для проведення досліджень у ході даної роботи обрано досить просту конструкцію зі співвідношенням полюсів 6/4 та трифазним живленням (рис. 1).

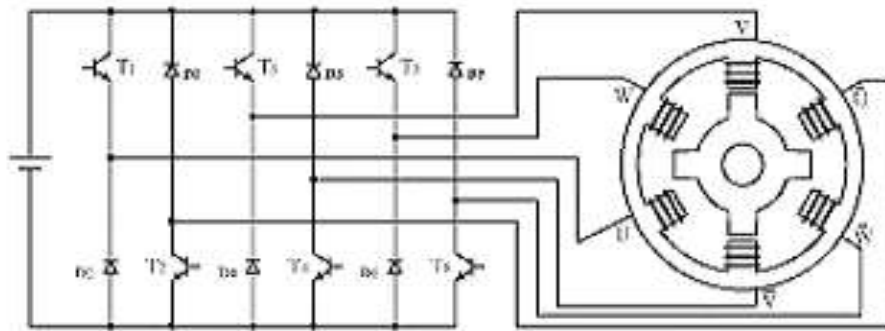


Рисунок 1 – Схема живлення SRM [5]

Більш типовою силовою схемою живлення SRM у проаналізованій літературі є мостова схема, яка містить силові керовані вентиля та діоди (рис. 1). Керування SRM як у режимі двигуна, так і у режимі генератора здійснюється зміною кута відкриття керованих вентилів.

Висновки

Запропоновано модель реактивної електричної машини з перемиканням магнітного потоку реалізовану у програмному середовищі Matlab/Simulink, яка дозволяє проводити її дослідження як у режимі двигуна при роботі на задане механічне навантаження, так і у режимі генератора при зменшенні частоти обертання від максимального значення до нуля з підтриманням заданих параметрів електричної енергії.

Література

1. Agrawal, Aniruddha & Bilgin, Berker & Haridas, Amrutha. (2024). Current Profiling Control for Torque Ripple Reduction in the Generating Mode of Operation of a Switched Reluctance Motor Drive. *Symmetry*. 16. 1278. 10.3390/sym16101278.
2. Guo, Qihao & Diallo, Demba & Bahri, Imen & Berthelot, Eric. (2023). Linearization for Output Voltage Control of Switched Reluctance Generator. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. PP. 1-9. 10.1109/TIE.2023.3296829.

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