

І. ПЕРЕСУНЬКО, канд. техн. наук, доцент, І. БЕЛОУС, аспірант
Криворізький національний університет

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ У ПИТАННЯХ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗДАТЧИКОВИХ БЕЗКОЛЕКТОРНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Загальносвітові прагнення до підвищення енергоефективності та досягнення цілей сталого розвитку енергетики вивели безколекторні електродвигуни постійного струму (BLDC) та синхронні двигуни із постійними магнітами (PMSM) в авангард технічних інновацій через їх широке застосування у промисловості, транспорті та побуті. Обидва типи електродвигунів майже ідентичні конструктивно, та в плані технічних переваг (порівняно із колекторними та асинхронними двигунами): вищий ККД, менші габарити за умов співставної потужності, ліпші характеристики крутного моменту. Проте, попри їх високі енергетичні показники зберігається потенціал для покращень. Особливо актуальним це є в умовах, коли близько 40-45% світового споживання електроенергії припадає саме на електродвигуни [1].

З точки зору покращення конструкції, застосування аморфних сплавів та використання ламінації у конструкції статора мають позитивний ефект. Так використання шарів товщиною 0,20 мм замість шарів 0,35 мм зменшує втрати холостого ходу в статорі на ~50%. Застосування ж аморфних сплавів підвищує ККД двигуна на 4,76% при зменшенні ваги на 11,36% [2].

Одним зі способів покращення енергетичних характеристик є використання транзисторів на основі широкозонних напівпровідників (Wide-bandgap (WBG) semiconductors): карбіду кремнію (SiC) та нітриду галію (GaN). Перевагою цього типу напівпровідників є малий опір каналу, та значно нижча ємність затвора, що дозволяє досягати вищих частот перемикання. Заміна GaN-транзисторами, у скалярному BLDC-драйвері, звичних кремнієвих, дозволяє підвищити ККД системи щонайменше на 3,5% та загалом зменшити втрати на перемикання до 5 разів.

Щодо алгоритмів керування, варто відмітити ефективність векторних FOC (field-oriented control) та DTC (direct torque control). Обидва, щоправда, потребують для функціонування із безколекторними двигунами інформації про положення ротора. Введення датчика положення ротора є найпростішим рішенням, але через це виникають додаткові точки відмови та відчутно зростає собівартість системи. На теперішній час, стала можливою реалізація бездатчикових алгоритмів векторного керування безколекторними двигунами. В основі лежить оцінка положення ротора за допомогою спостерігача шляхом вимірювання струмів та напруг на фазах двигуна. Однак, проблемою лишається ефективний пуск таких систем. Запуск мотора без зворотного зв'язку у режимі крокового двигуна із подальшим переходом на векторне керування є вкрай неефективним через значні пускові струми. При застосуванні алгоритмів м'якого старту (soft start) спостерігається значна просадка по моменту, що обмежує можливості пуску із навантаженням.

На сьогодні існують пропріетарні алгоритми старту із повним моментом на валу (ZeST, ZS/MT), об'єктивно оцінити ефективність яких неможливо. Згідно із результатами огляду джерел для дисертаційної роботи, одним із основних напрямків дослідження та підвищення енергоефективності було обрано метод високочастотної інжекції напруги (HFI), оскільки він дозволяє досить точно визначити положення ротора навіть при нульовій швидкості [3]. Подібний підхід за оцінками STMicroelectronics має потенціал до зниження енергоспоживання від 15% до 40% (в циклічному режимі роботи).

Представлені вище способи покращення енергетичних показників безколекторних приводів відображають сучасні тенденції розвитку науки і техніки. Серед них, на наше переконання, оптимізація бездатчикового пуску є найбільш перспективною для подальших досліджень.

Список літератури

1. International Energy Agency. World Energy Outlook 2018; IEA: Zurich, Switzerland, 2018. (https://iea.blob.core.windows.net/assets/77ecf96c-5f4b-4d0d-9d93-d81b938217cb/World_Energy_Outlook_2018.pdf)
2. Y. Lai, X. Hu, G. Shi, J. Yu, L. Wang, "Loss and Efficiency Analysis of the Brushless Direct Current Motor with an Amorphous Stator Core," Journal of Electrical Engineering and Technology, vol. 18, no. 3, pp. 2075–2085, 2023.
3. S. Medjmadj, D. Diallo, M. Mostefai, C. Delpha and A. Arias, "PMSM Drive Position Estimation: Contribution to the High-Frequency Injection Voltage Selection Issue," in IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 30, no. 1, pp. 349-358, March 2015, doi: 10.1109/TEC.2014.2354075.