

УДК 621.313

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГУНА ПРИ ЖИВЛЕННІ ВІД МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ

Л.О. Васильєв, Ю.В. Мнускін, А.І. Лужнів
Донецький національний технічний університет

У статті розглянуті особливості роботи вентильного реактивного двигуна при живленні від мережі змінного струму. Запропонована схема живлення, отримані механічні характеристики, досліджений вплив відхилення та несиметричності напруги живлення.

На сучасному етапі технічного розвитку поряд зі створенням новітніх енергозберігаючих технологій основною задачею стає підвищення якості продукції і процесів. У сфері електромеханіки це зумовлює перехід від нерегульованого електропривода до регульованого і поступову заміну колекторного електропривода безколекторним. Одним з найперспективніших напрямків у створенні регульованого безколекторного електропривода у теперішній час є застосування вентильних реактивних двигунів (ВРД), тобто вентильних двигунів з пасивним (не збудженим) ротором, обертаючий момент у яких є реактивним.

Дослідження вентильних реактивних двигунів показують їх переваги у порівнянні з аналогами, а сучасні досягнення в теоретичному описі електромагнітних і електромеханічних процесів, математичному моделюванні і конструюванні дозволяють прогнозувати успішне застосування цих двигунів у різних галузях промисловості і на електричному транспорті.

В останній час дослідженню ВРД присвячено багато робіт, в яких всебічно розглядаються різні аспекти теоретичного опису і конструювання всіх вузлів двигуна – електромеханічного перетворювача енергії, силового напівпровідникового перетворювача (СНП), пристрою визначення кутового положення ротора, системи керування. Але в усіх цих роботах ВРД досліджується як машина, що живиться від джерела постійного струму (акумуляторної батареї, мережі постійного струму). Це звужує, а в деяких випадках виключає можливість використання вентильної реактивної машини. В багатьох випадках мережа постійного струму може бути відсутня, а використання акумуляторної батареї з урахуванням її вартості, розміщення, обслуговування і поновлення може бути економічно не

доцільним. Тому дослідження можливості і особливостей роботи ВРД від мережі змінного струму (МЗС), яка як правило завжди є в наявності, є актуальною задачею. Це дозволить використовувати переваги ВРД для успішної конкуренції не тільки з машинами постійного струму, а й з регульованим асинхронним приводом.

При цьому виникають такі питання як вибір схеми живлення, визначення елементів цієї схеми для формування необхідних вихідних характеристик, вивчення впливу параметрів мережі на характеристики двигуна, можливість використання відомих методів керування, вимоги до схеми керування, використання буферу енергії (БЕ) для рекуперації енергії тощо.

Для живлення ВРД від МЗС необхідно забезпечити потрібну випрямлену напругу і мінімальний коефіцієнт пульсацій. Напруга промислової мережі значно перевищує напругу акумуляторної батареї, тому ВРД працюватиме при підвищеній напрузі. Це сприятливо відобразиться на характеристиках і ККД електромеханічного перетворювача енергії. Живлення ВРД не може бути здійснено безпосередньо змінною напругою. Природним рішенням є використання трифазного некерованого випрямляча за мостовою схемою. Також варто врахувати, що для рекуперації енергії двигуна необхідний паралельний буфер енергії. Ним може бути використана ємність фільтру випрямляча.

За основну схему СНП приймаємо схему запропоновану в [1] внаслідок таких її переваг, як можливість більш точно керувати струмом кожної фази окремо завдяки як «м'якому» відключенню, так і «жорсткому» або форсованому («м'яке» відключення використовується переважно при струморегулюванні, а «жорстке» - при вимиканні фази), можливість використання спільної роботи фаз, простота, менша кількість напівпровідникових модулів і вартість.

Таким чином, схема живлення фаз ВРД від МЗС матиме вид, наведений на рисунку 1.

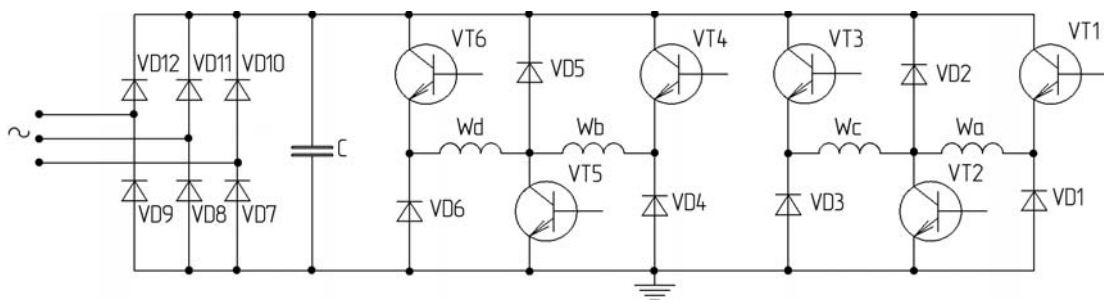


Рис. 1. Схема чотирьохфазного ВРД при живленні від МЗС

Для дослідження можливості живлення ВРД від МЗС і отримання характеристик використаний метод математичного моделювання процесів в ВРД. Модель враховує комутацію силових ключів СНП і випрямляча та накоплення енергії в БЕ. Моделювання виконано для двигунів різної потужності. В роботі наведені результати моделювання ВРД потужністю 130 Вт з номінальною частотою обертання 1500 об/хв, розрахованого на номінальну напругу живлення 100 В [2].

Для порівняння роботи живлення ВРД здійснюється від акумуляторної батареї з номінальною напругою 100 В та від уявної МЗС частотою 50 Гц, в якій величина випрямленої напруги дорівнює 100 В (діюче значення напруги 60 В). На рисунку 2 наведені механічні характеристики ВРД при різних умовах живлення.

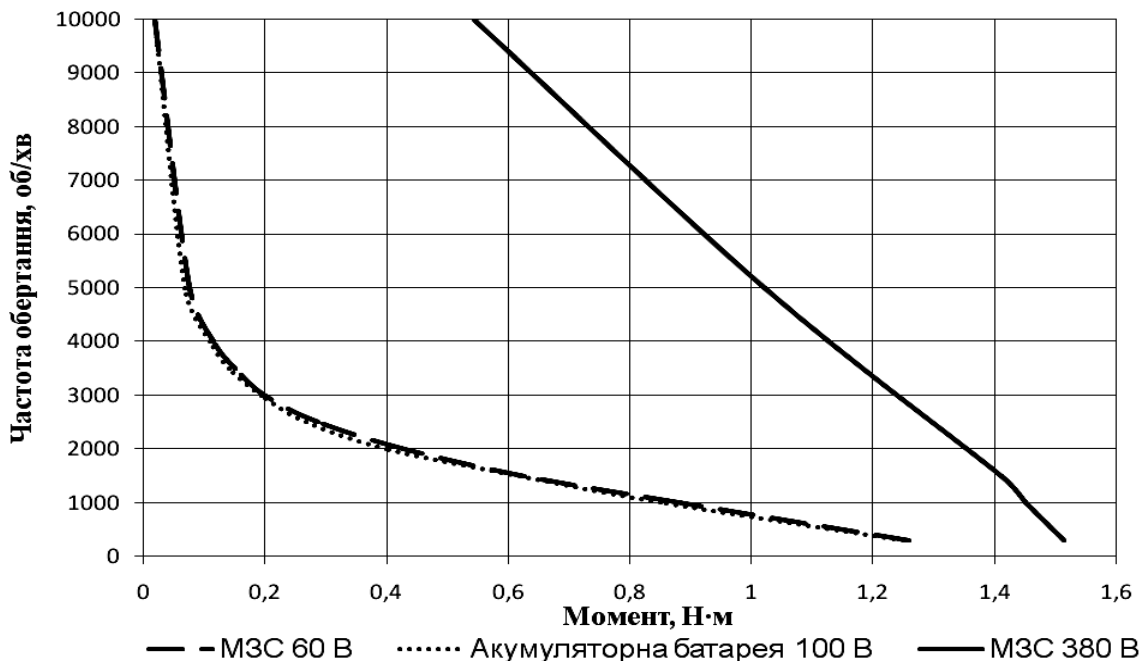


Рис. 2. Механічні характеристики ВРД

Отримані механічні характеристики при живленні від акумуляторної батареї і МЗС подібні. Більш того, при живленні від МЗС значення моменту в розрахункових точках більше на 5-7%. Це пояснюється впливом вольтодобавки від БЕ. Це доказує не тільки можливість живлення ВРД від МЗС, але й ефективність такого живлення.

На промислових підприємствах найпоширенішою є МЗС з номінальною напругою 380 В. На рисунку 2 також наведена механічна характеристика при живленні ВРД змінною напругою 380 В. При живленні такою напругою отримуємо для того ж ВРД, не змінюючи

габаритних розмірів двигуна та елементів силової електроніки, значно більші значення потужності та моменту при тих же значеннях фазних струмів. Тобто при живленні від мережі 380 В набагато покращуються використання двигуна, його питомі параметри та ефективність роботи, ніж при живленні від джерела постійного струму, для якого він був розрахований.

Також проведено дослідження впливу відхилення та несиметричності напруги живлення на характеристики ВРД. Моделювалась робота ВРД при відхиленні значення напруги від номінального на $\pm 10\%$. Механічні характеристики при відхиленні напруги наведені на рисунку 3.

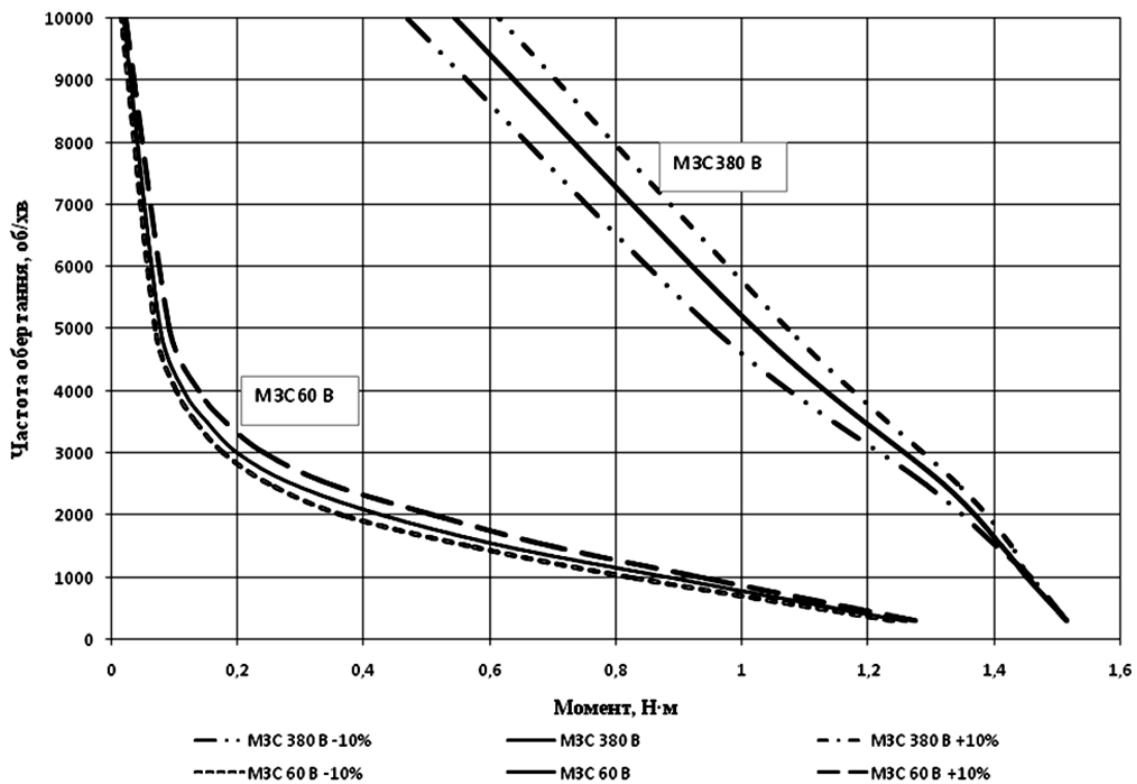


Рис. 3. Механічні характеристики ВРД при відхиленні напруги

З аналізу характеристик маємо, що при живленні від мережі 380 В відхилення електромагнітного моменту склали від $\pm 1\%$, при номінальній для цього двигуна частоті обертання 1500 об/хв., до $\pm 14\%$ на частоті обертання 10000 об/хв. А при живленні від мережі 60 В від $\pm 1\%$ до $\pm 19\%$ відповідно. Незмінність значення моменту при пуску двигуна і незначні зміни в робочому діапазоні частот обертання обумовлені дією струмообмеження. Таким чином в області малих і середніх частот обертання ВРД має високу стабільність характеристик.

Для дослідження впливу несиметричності напруги живлення був розглянутий граничний режим – обрив фази. Отримані механічні характеристики для напруги живлення 380 В наведені на рисунку 4. В цьому режимі відхилення моменту при номінальній частоті обертання не перевищує 5%. З цього робимо висновок, що несиметричність напруги не впливає на характеристики ВРД. Якщо запасу БЕ по потужності буде достатньо, то двигун зможе при обриві фази МЗС тривалий час працювати в номінальному режимі.

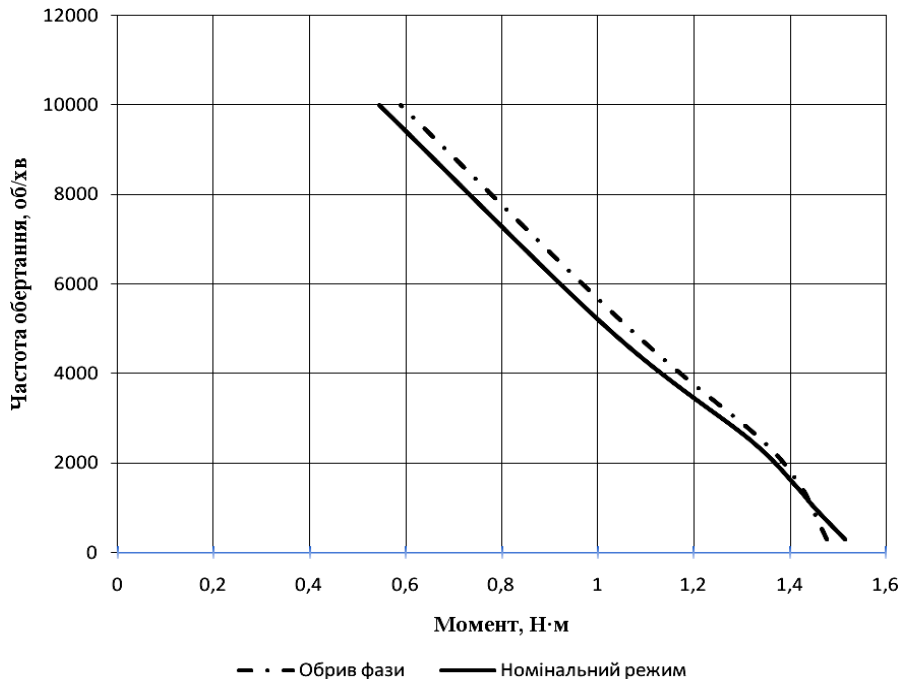


Рис. 4. Механічні характеристики при обриві фази МЗС

Отримані результати доводять можливість і ефективність живлення ВРД від мережі змінного струму. При цьому забезпечуються необхідні вихідні характеристики і техніко-економічні показники двигуна. Живлення від мережі змінного струму підвищує конкурентоспроможність вентильних реактивних двигунів і розширює сферу їх можливого застосування.

Бібліографія

1. Захарченко П.И. Перспективные схемы силовых преобразователей вентильных реактивных двигателей // Захарченко П.И., Васильев Л.А., Мнускин Ю.В. - Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: “Електротехніка і енергетика”, випуск 50: Донецьк: ДонДТУ, 2003. – С. 15-18.
2. Дудник М.З. Экспериментальное исследование вентиляного реактивного привода с микропроцессорным управлением // Дудник М.З., Васильев Л.А., Мнускин Ю.В., Мельник В.Н. - Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. №1 (47): Луганськ: СНУ, 2002. – С. 203-208.