

УДК 621.331

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ IPM-SYNRM

Рябов Д. І., здобувач вищої освіти, гр. ЕМ-191
 Науковий керівник: **Безручко В. М.**, к.т.н., доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка»

IPM-SynRM motor (Internal Permanent Magnet - Synchronous Reluctance Motor) є гібридом синхронного реактивного двигуна та двигуна з постійними магнітами, відомий в літературі [1-6] також як PМа-SynRM (Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor).

Принцип дії такого двигуна заснований на принципах роботи обох двигунів.

Принцип роботи двигуна з постійними магнітами базується на силі тяжіння між двома магнітними полями, що створюються обмотками статора та постійними магнітами ротора (див. рис. 1,а). Вони створюють великий пусковий обертальний момент при керуванні ними за допомогою контролера, який для підтримання значного обертового моменту може підтримувати кут між полями до 45 градусів (рис. 1,б). Такі двигуни на відміну від асинхронних двигунів не схильні до втрати енергії в роторі, але виникає проблема зі зворотною ЕРС, що виникає в обмотках статора через вплив постійних магнітів. Чим більша частота обертання ротора – тим більша зворотна ЕРС, що знижує ефективність такого двигуна на великих оборотах.

Принцип роботи синхронного реактивного двигуна заснований на прагненні магнітного поля пройти шляхом з найменшим магнітним опором. Залізо має менший опір ніж повітря. Щоб отримати обертання, в роторі роблять прорізи, в яких знаходиться повітря (рис. 1,в). Завдяки ним ротор буде обертатися синхронно з обертовим магнітним полем, прагнучи залишатися в стані найменшого опору. Такий двигун ефективний на великій частоті обертання та немає зворотної ЕРС.

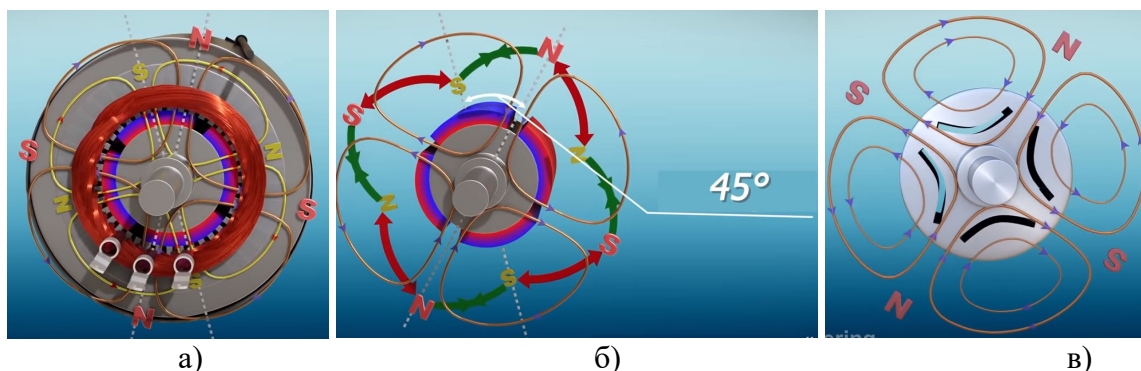


Рисунок 1 – Обертальне магнітне поле [2,3]:
 а) в двигуні IPM; б) в роторі двигуна IPM; в) в роторі двигуна SynRM

Відмінності гібридного двигуна IPM-SynRM від IPM та SynRM полягають в його конструкції. В розрізах ротора в яких було повітря тепер знаходяться постійні магніти (рис. 2). Така компоновка додатково знижує вплив магнітів на обмотку статора і зменшує ефект зворотної ЕРС. Відносна магнітна проникність магнітів лініями магнітного поля майже така сама як і у повітря, тому магніти будуть запобігати проходженню іншого магнітного поля через себе, тим самим створюючи опір.

Особливість такої конструкції полягає в тому, що постійні магніти та опір ротора поводять себе по різному в залежності від кута обертового магнітного поля. Механічна характеристика наведена на рис. 2. З рисунку видно, що при куті 45° обертальний момент від постійних магнітів буде максимальним. Однак момент що створює залізна частина ротора

зменшується в залежності від кута. Однак сумарний обертальний момент буде мати максимум при куті приблизно 50° .

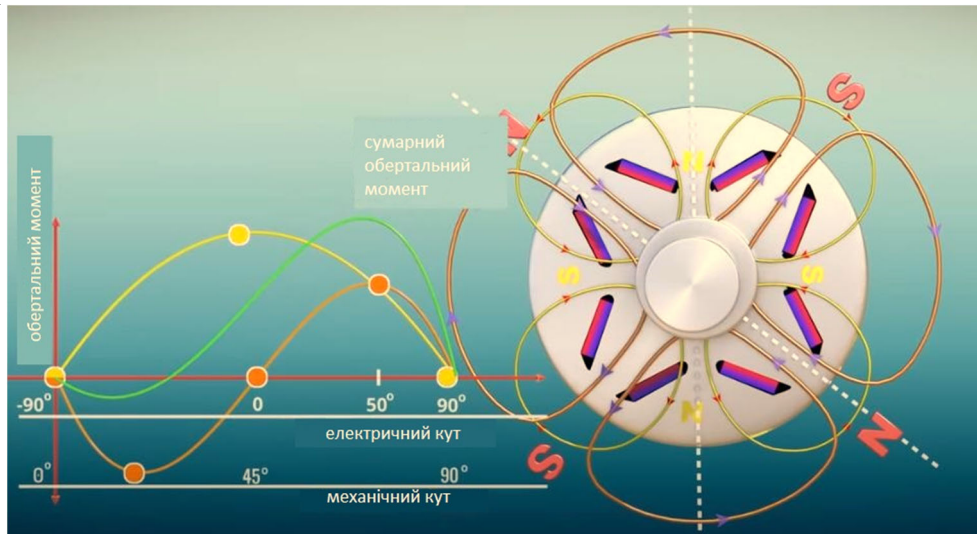


Рисунок 2 – Обертальний момент при різних механічних та електричних кутах [4]

Такі конструкції двигунів мають електромобілі Prius та Tesla Model 3 (рис.3). Однак в двигуні Tesla Model 3 кожен магніт в пазах ротора поділяється на 4 частини, що зменшує в них вихрові струми та запобігаючи їх перегріву, що в свою чергу забезпечує їх від розмагнічування і пораджує охолодження двигуна.

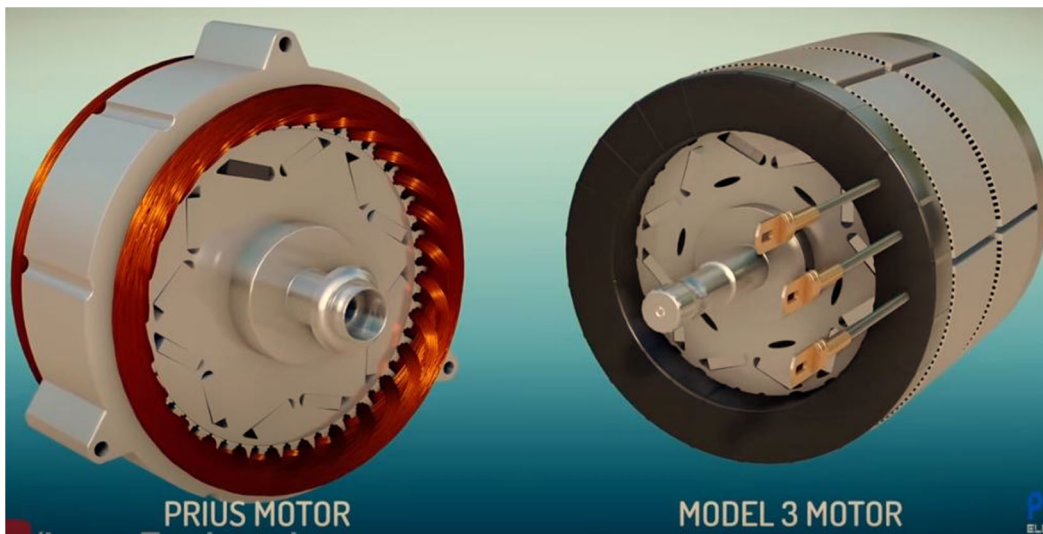


Рисунок 3 – Конструкція двигунів Prius та Tesla Model 3 [5]

Переваги гібридного двигуна перед традиційним асинхронним полягає в більшому ККД 96% проти 94%. Ефективне охолодження ротора асинхронного двигуна велика проблема, якої немає у IPM-SynRM. Додатковою перевагою є реактивний опір, що забезпечує більш високі значення обертального моменту ніж у асинхронних двигунів. Технологія двигунів IPM-SynRM встановила новий стандарт у світі електромобілів.

Список використаних джерел

1. Електродвигун. Вікіпедія : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Електродвигун> (дата звернення: 02.03.2021).

2. Basics of Synchronous reluctance motor. Learn Engineering : веб-сайт. URL: <https://learnengineering.org/basics-of-synchronous-reluctance-motor.html> (дата звернення: 10.03.2021).

3. How synchronous reluctance motor work? Learn Engineering : веб-сайт. URL: <https://learnengineering.org/how-synchronous-reluctance-motor-work.html> (дата звернення: 03.03.2021).

4. How Tesla model - 3's electric motor works and it's details. Learn Engineering : веб-сайт. URL: <https://learnengineering.org/how-tesla-model-3-s-electric-motor-works-and-it-is-details.html> (дата звернення: 03.03.2021).

5. Tesla Model 3's motor - The Brilliant Engineering behind it. Learn Engineering : веб-сайт. URL: https://www.youtube.com/watch?v=esUb7Zy5Oio&ab_channel=LearnEngineering (дата звернення: 10.03.2021).

6. Haataja J., Pyrhönen J. (2003) Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor: an Alternative Motor in Variable Speed Drives. In: Parasiliti F., Bertoldi P. (eds) Energy Efficiency in Motor Driven Systems. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55475-9_16

УДК 621.316.1

ФІЛЬТРИ СТРУМІВ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ З РЕГУЛЮВАННЯМ СТРУМУ ФІЛЬТРАЦІЇ

Поліщук А.О., здобувач вищої освіти, гр. МЕМп-201

Безручко В.М., к.т.н., доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка»

Розвиток технологій призвів до збільшення використання однофазних електроприймачів у системах електропостачання, які споживають несинусоїдальний струм, це в свою чергу спричиняє погіршенню якості електроенергії. Тому стала актуальна проблема усунення негативного впливу вищих гармонік в системі електропостачання, для цього почали використовувати фільтри різних типів, серед яких фільтри струмів нульової послідовності. Принцип роботи фільтрів описано в статті [1].

На практиці в сучасній системі електропостачання більшість електроприймачів мають нелінійну вольт-амперну характеристику. При значній частці нелінійних навантажень в мережі струм в нульовому провіднику може перевищувати фазний струм навіть при симетричному розподілі навантажень між фазами. Цей ефект виникає внаслідок наявності в гармонійному складі фазного струму, що споживають однофазні нелінійні електроприймачі, гармонік, які кратні трьом.

Принцип дії фільтрів струму нульової послідовності на спеціальній конструкції автотрансформатора. Обмотки такого автотрансформатора з'єднані таким чином, щоб забезпечити зустрічне їх з'єднання відносно струмів нульової послідовності. Інакше кажучи обмотки автотрансформатора з'єднані таким чином, щоб струм нульової послідовності, що протікає по обмоткам, не створював магнітного потоку в магнітопроводі, а струми прямої та зворотної послідовності, навпаки, створювали магнітний потік. При цьому опір фільтру струмам нульової послідовності майже нульовий (приблизно дорівнює активному опору обмотки, $\sim 10 \div 20 \text{ мОм}$), а опір струмам прямої та зворотної послідовності на $5 \div 8$ порядків більше (дорівнює індуктивному опору обмоток).

На рисунку 2.1 зображена спрощена схема системи електропостачання без ФСНП та при його ввімкненні в мережу. При включенні ФСНП шунтує усі гармоніки, які утворюють нульову послідовність. Це призводить до зменшення напруги цих гармонік. Нульову послідовність утворюють гармоніки кратні трьом (3, 9, 15 та інші) та несиметричні складові інших гармонік