

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Тези

**77-ї наукової конференції професорів,
викладачів, наукових працівників,
аспірантів та студентів університету**

ТОМ 2

16 травня – 22 травня 2025 р.

МАГНЕТИЗМ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ МАГНЕТИКІВ У СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ

Нині розробка і вдосконалення сучасних тягових двигунів базується на використанні двигунів постійного струму (DCM), асинхронних двигунів (IM), двигунів з постійними магнітами (PMM) і реактивних двигунів (SRM) [1]. Серед них PMM поділяються на PM двигуни постійного струму (PMDCM), PM синхронні двигуни (PMSM), PM безщіткові двигуни постійного струму (PM-BLDCM) і PM двигуни гібридного збудження (PM-HEM).

Синхронні двигуни із постійним магнітом в залежності від конструкційного розміщення PM розділяють на поверхневі (SPM) і внутрішньо вбудованого типу (IPM). Добре сконструйовані IPM вирізняються високим реактивним моментом, високим ККД, високим коефіцієнтом потужності, низьким нагріванням, простою конструкцією, невеликим корпусом і низьким рівнем шуму. І з розвитком стратегії управління силовою електронікою IPM стали домінуючими в застосуваннях тягових двигунів. Крім того, завдяки повністю закритій конструкції IPM, не потребуючи значного технічного обслуговування, показують низькі втрати на тертя з повітрям та низький шум.

Носіями магнетизму в матеріалах, що них застосовуються, є атоми перехідних елементів з нерівними нулю магнітними моментами. Ці моменти виникають у зазначених атомах внаслідок незаповненості електронами d- і f-оболонки (тобто в атомах з неповним числом d-або f-електронів), внаслідок чого компенсації орбітальних та спинових магнітних моментів електронів у них не відбувається.

Магнетизм твердих тіл переважно зобов'язаний присутністю у них атомів чи іонів елементів групи заліза: Fe, Co, Ni, Mn, Cr; рідкісноземельних: Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Cd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb та групи актинідів: U, Np, Pu, Am, Cm. Ці атоми називають магнітоактивними. Головною їх властивістю є те, що в них виконується правило Хунду – 3d-, 4f- та 5f- електрони у своїх оболонках розташовуються таким чином, щоб сумарний спин був максимальним. Це пов'язано з тим, що у кожній оболонці в силу електрон-електронної взаємодії магнітні моменти електронів розташовуються паралельно. Таке розташування називають високо-спиновим станом.

Використання величезних енергій магнітної анізотропії, властивих рідкісноземельним сполукам, дає можливість створювати матеріали для

постійних магнітів малої ваги з великою магнітною енергією. Найбільш ефективними для цієї мети є інтерметалеві сполуки кобальту з легкими рідкісноземельними металами, такими як SmCo_5 , NdCo_5 , PrCo_5 . Ці сполуки мають великі величини енергії магнітної анізотропії за кімнатної температури.

При відповідній технологічній обробці (пресування дрібних частинок в магнітному полі і подальше спікання), забезпечується виникнення однодомених частинок, з'являються величезні коерцитивні сили. Крім того, оскільки ці сполуки (попри існуючу в них антиферомагнітну взаємодію між атомами Ln та Co) мають вейссівську криву намагнічування, вони мають високу намагніченість насичення при кімнатних температурах і, як наслідок цього, високу залишкову індукцію B_r . Все це дозволяє створювати з таких матеріалів постійні магніти з максимальною магнітною енергією, що в кілька разів більше, ніж відповідні енергії для кращих сплавів на основі елементів групи заліза.

Подібні матеріали відкривають великі можливості створення компактних автономних джерел постійного магнітного поля. І зараз сполуки типу SmCo_5 займають чільне місце серед практичних додатків в електротехніці та автоматичі.

Подальше покращення матеріалів для постійних магнітів на основі рідкісноземельних сполук вимагає кращого фундаментального розуміння фізики намагнічування феримагнітних систем RCo_5 , а також вивчення магнітних властивостей нових сполук, наприклад, $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ та інших змішаних систем. Важливим є вивчення впливу кристалічної структури і дефектів структури на магнітні властивості подібних матеріалів та відпрацювання технологічних прийомів отримання досконалих магнітів з цих сполук.

Література:

- 1. Review and Development of Electric Motor Systems and Electric Powertrains for New Energy Vehicles / William Cai, · Xiaogang Wu, · Minghao Zhou, · Yafei Liang, · Yujin Wang // Automotive Innovation. 2021, 4. – P. 3–22. <https://doi.org/10.1007/s42154-021-00139-z>*
- 2. Бронштейн М.І. Електронне керування двигуном, трансмісією та ходовою частиною автомобіля. - Харків: ХДАДТУ. 2010. - 150 с.*
- 3. Клепиков В.Б., Пшеничников Д.А. Состояние и тенденции развития микро- и нанoeлектромеханических систем // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2010. – № 28. – С. 34–38.*