

DOI: □ <https://doi.org/10.15407/techned2019.02.023>

УДК 621.313

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЧИСЛЕННО-ПОЛЕВОЙ АНАЛИЗ МОЩНОСТИ МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ В ДВИГАТЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 2, 2019 (март/апрель)
Страницы	23 – 33

Авторы**В.И. Милых^{1*}**, докт. техн. наук, **С.Е. Дзенис^{2**}**

¹ – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
ул. Кирпичева, 2, Харьков, 61002, Украина,
e-mail: mvikemkpi@gmail.com

² – АО «Электромашина»,
ул. Озерянская, 106, Харьков, 61016, Украина,
e-mail: sergii.dzenis@gmail.com

* ORCID ID : <http://orcid.org/0000-0002-6176-3103>

** ORCID ID : <http://orcid.org/0000-0002-8255-559X>

Представлены принципы и тестовые результаты численно-полевого расчета мощности магнитных потерь (ММП) в электрических машинах. Разработанный уточненный метод основан на поиске максимумов значений магнитной индукции во множестве миниэлементов в зубцах и ярме сердечника якоря, достигаемых в процессе его вращения. По распределению найденных максимумов магнитной индукции определяются их среднеквадратичные значения на указанных участках сердечника в целом, и по ним вычисляются ММП. Метод позволяет отображать расчетные модели сердечников любой формы и практически не требует упрощения их геометрической структуры. Тестовая реализация метода выполнена на примере двигателя постоянного тока и опирается на

экспериментальные данные по ММП в нем. Проведен сравнительный анализ распределений магнитной индукции и ММП в режимах холостого хода и нагрузки для вариантов сердечника якоря с одним и двумя рядами аксиальных вентиляционных каналов и без них. Библ. 16, рис. 9, табл. 3.

Ключевые слова: двигатель постоянного тока, сердечник якоря, вентиляционные каналы, магнитная индукция, мощность магнитных потерь, численно-полевые расчеты, сравнительный анализ.

Поступила	02.08.2018
Окончательный вариант	08.01.2019
Подписано в печать	19.02.2019

УДК 621.313

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЧИСЕЛЬНО-ПОЛЬОВИЙ АНАЛІЗ ПОТУЖНОСТІ МАГНІТНИХ ВТРАТ У ДВИГУНІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавник	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 2, 2019 (березень/квітень)
Сторінки	23 – 33

Автори

В.І. Мілих¹, докт.техн.наук, **С.Є. Дзеніс²**

¹ – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна, e-mail: mvikemkpi@gmail.com

² – АТ «Електромашина»,
вул. Озерянська, 106, Харків, 61016, Україна,
e-mail: sergii.dzenis@gmail.com

Представлено принципи і тестові результати чисельно-польового розрахунку потужності магнітних втрат (ПМВ) в електричних машинах. Розроблений уточнений метод засновано на пошуку максимумів значень магнітної індукції в безлічі мініелементів у зубцях і ярмі осердя якоря, що досягаються у процесі його обертання. За розподілом знайдених максимумів визначаються середньоквадратичні значення магнітної індукції на вказаних ділянках осердя в цілому, і за ними обчислюються ПМВ. Метод дає змогу відображати розрахункові моделі осердь будь-якої форми і практично не вимагає спрощення їхньої геометричної структури. Тестова реалізація методу виконана на прикладі двигуна постійного струму і спирається на експериментальні дані по ПМВ в ньому. Проведено порівняльний аналіз розподілів магнітної індукції та ПМВ у режимах неробочого ходу і на-вантаження для варіантів осердя якоря з одним і двома рядами аксіальних вентиляційних каналів і без них. Бібл. 16, рис. 9, табл. 3.

Ключові слова: двигун постійного струму, осердя якоря, зубці, ярмо, вентиляційні канали, магнітна індукція, потужність магнітних втрат, чисельно-польові розрахунки, порівняльний аналіз.

Надійшла	02.08.2018
Остаточний варіант	08.01.2019
Підписано до друку	19.02.2019

Література

1. Гольдберг О.Д., Гурин Я.С., Свириденко И.С. Проектирование электрических машин.

М.: Высш. шк., 2001. 430 с.

2. Копылов И.П., Горяинов Ф.А., Клоков Б.К. Проектирование электрических машин. М.: Юрайт, 2011. 767 с.

3. Міліх В.І. Система автоматизованого формування розрахункових моделей електричних машин для програмного середовища FEMM. *Технічна електродинаміка*. 2018. № 4. С. 74-78. DOI:

<https://doi.org/10.15407/techned2018.04.074>

4. Милых В.И., Дзенис С.Е. Численно-полевого анализ эффективности эксцентриситета зазора под главными полюсами в двигателе постоянного тока с последовательным возбуждением. *Вісник НТУ ХПІ. Серія Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії*. 2018. № 5(1281). С. 4-13.

5. Милых В.И., Поляков И.В., Полякова Н.В., Штангеев Е.И. Расчетно-экспериментальное тестирование программы FEMM и преодоление проблем её использования для расчета магнитного поля электрических машин. *Електротехніка і електромеханіка*. 2004. № 3. С. 38-43.

6. Милых В.И., Шилкова Л.В. Численно-полевого анализ магнитного поля трехфазного асинхронного двигателя в статике и динамике. *Вісник НТУ ХПІ. Серія Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії*. 2016. № 11 (1183). С. 80–87.

7. Asef P., Bargallo R. and Laphorn A. Iron Loss Prediction Using Modified IEM-Formula during the Field Weakening for Permanent Magnet Synchronous Machines. *Machines* (Open Access Journal of Engineering). 2017. Vol. 5. No 4. Pp. 1-15. DOI:

<https://doi.org/10.3390/machines5040030>

8. Banach A., Mazgaj W. Specific power loss of typical dynamo steel sheets. *Technical Transactions*

2015. Vol. 1-E(8). Pp. 291 299. DOI:

<https://doi.org/10.4467/2353737XCT.15.050.3850>

9. Finite Element Method Magnetics: OldVersions. FEMM 4.2 11Oct2010 Self-Installing Executable. URL: <http://www.femm.info/wiki/OldVersions/> (accessed 15.06.2017).

10. Gonzalez A., Millinger J., Souldard J. Magnet losses in inverter-fed two-pole PM machines. *XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM)*

, IEEE, 4-7 Sept. 2016, Lausanne, Switzerland. Pp. 1854-1860. DOI:

<https://doi.org/10.1109/ICELMACH.2016.7732776>

11. Ismagilov F. R., Vavilov V. E., Bekuzin V. I. and Ayguzina V. V. Determination of Specific Losses in Stator Core of Electromechanical Energy Converter. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russian Federation. 23–24 March 2017. Vol. 87. Pp. 1-7. DOI:

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/87/3/032011>

12. Kowal D., Sergeant P., Dupre L. and Vandenbossche L. Comparison of Iron Loss Models for Electrical Machines With Different Frequency Domain and Time Domain Methods for Excess Loss Prediction. *IEEE Transactions on Magnetics*. Jan. 2015. Vol. 51. No 1. Pp. 1 10. DOI: <https://doi.org/10.1109/TMAG.2014.2338836>

13. Leivsdottir V. Investigation of Loss Calculation Methods for PMSMs and Implementation of Loss Functionality on a Developed FEM Model. Master thesis. *NTNU*. 2016. Pp. 1 14. URL: <http://hdl.handle.net/11250/2433742>

14. Okamoto S., Denis N., Kato Y., Ieki M. and Fujisaki K. Core Loss Reduction of an Interior

Permanent-Magnet Synchronous Motor Using Amorphous Stator Core. *IEEE Transactions on Industry Applications*

2016. Vol. 52. No 3. Pp. 2261 2268. DOI:

<https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2532279>

15. Wrobel R., Mellor P. H., Popescu M. and Staton D. A. Power Loss Analysis in Thermal Design of Permanent Magnet Machines: A Review. *IEEE Transactions on Industry Applications*.

2016. Vol. 52. No 2. Pp. 1359 1368. DOI:

<https://doi.org/10.1109/TIA.2015.2489599>

16. Zhang Y., Cao W., McLoone S. Loss Calculation and Demagnetization Analysis for a High Speed Permanent Magnet Electrical Machine. *21st International Conf. on the Computation of Electromagnetic Fields*

, Daejeon, South Korea. 18 22 June 2017, Pp. 351 352. URL:

[http://www.compumag.org/CMAG2017/\[PB-A5-1\]_22.pdf](http://www.compumag.org/CMAG2017/[PB-A5-1]_22.pdf)

[PDF](#)