DOI: https://doi.org/10.15407/techned2018.06 . 005

УДК 621.3.01

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ЕФЕКТУ МЕТОДОМ ГАРМОНІЧНОГО БАЛАНСУ СУМІСНО З МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА УМОВ ЖИВЛЕННЯ СИНУСОЇДАЛЬНОЮ НАПРУГОЮ ТА ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ МАГНІТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавник	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 6, 2018 (листопад/грудень)
Сторінки	5 – 8

Автор
І. С. Пєтухов*, докт.техн.наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,
e-mail: igor_petu@ukr.net
* ORCID ID : http://orcid.org/0000-0003-1416-1174

Представлено математичну модель періодичного у часі магнітного поля, що базується на об'єднанні методів гармонічного балансу та скінченних елементів. Розглянуто випадок збудження магнітного поля синусоїдальною напругою. Виконано порівняння величини втрат на вихрові струми, визначені представленим методом, а також за допомогою моногармонічного підходу, який використовує основну криву намагнічування та криві намагнічування, визначені за спрощеним енергетичним методом та осередненим енергетичним методом. Визначено, що моногармонічний підхід, який використовує

основну криву намагнічування, представляє значення втрат на вихрові струми на 9% більше, ніж метод гармонічного балансу. Бібл. 6, рис. 3.

Ключові слова: метод гармонічного балансу, метод скінченних елементів, феромагнітне електропровідне середовище, втрати на вихрові струми.

Надійшла 02.03.2018
Остаточний варіант 22.03.2018
Підписано до друку 23.10.2018

УДК 621.3.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО ЭФФЕКТА МЕТОДОМ ГАРМОНИЧЕСКОГО БАЛАНСА СОВМЕСТНО С МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ УСЛОВИИ ПИТАНИЯ СИНУСОИДАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭФФЕКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАМАГНИЧИВАНИЯ

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 6, 2018 (ноябрь/декабрь)
Страницы	5 – 8

Автор
И.С. Петухов, докт.техн. наук
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина,
e-mail: igor_petu@ukr.net

Представлена математическая модель периодического во времени магнитного поля, которая основана на объединении методов гармонического баланса и конечных элементов. Рассмотрен случай возбуждения магнитного поля синусоидальным напряжением. Выполнено сравнение величины потерь на вихревые токи, определенные представленным методом, а также при помощи моногармонического подхода, который использует основную кривую намагничивания и кривые намагничивания определенные упрощенным энергетическим методом и усредненным энергетическим методом. Определено, что моногармонический подход, использующий основную кривую намагничивания, дает значения потерь на вихревые токи на 9% больше, чем метод гармонического баланса. Моногармонический подход, использующий эффективные кривые намагничивания, дает намного большее расхождение в значении удельных потерь по сравнению с методом гармонического баланса. Поэтому для моногармонического моделирования поверхностного эффекта при питании от источника напряжения целесообразно использовать основную кривую намагничивания. Библ. 6, рис. 3.

Ключевые слова: метод гармонического баланса, метод конечных элементов, ферромагнитная проводящая среда, потери на вихревые токи.

Поступила 02.03.2018
Окончательный вариант 22.03.2018
Подписано в печать 23.10.2018

Література

1. ANSYS Mechanical APDL Low-Frequency Electromagnetic Analysis Guide. ANSYS, Inc. Release 14.5 Southpointe October 2012. URL: http://www.ansys.com/staticassets/ANSYS/Conference/Confidence/Houston/Downloads/structural-mechanics-145.pdf
2. Effective Nonlinear Magnetic Curves Calculator. Created in COMSOL Multiphysics 5.2. URL: https://www.comsol.com/model/download/263211/applications.effective_nonlinear_magnetic_curves.pdf
3. Bachinger F., Langery U., Schoberl J. Efficient Solvers for Nonlinear Time-Periodic Eddy Current Problems. *Comput. Visual Sci.* 2006. Vol. 9(4). Pp. 197–207. DOI: https://doi.org/10.1007/s00791-006-0023-z
4. Lu J., Zhao X., Yamada S. Harmonic Balance Finite Element Method: Applications in Nonlinear Electromagnetics and Power Systems. Wiley-IEEE Press, 2016. 304 p. DOI: https://doi.org/10.1002/9781118975770
5. Petukhov I.S. Simulation of alternating electromagnetic field in a conducting ferromagnetic medium by finite element method. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2008. No 4. Pp. 18–26. (Rus)
6. Petukhov I.S. Consideration of the nonlinear properties of the medium in calculating the heat release from eddy currents in a ferromagnet by a differential harmonic method. *Pratsi Instytutu elektrodynamiki NAS of Ukraine*
. 2016. No 43. Pp. 118–124. (Rus)

PDF