

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК
АГРАРНОЇ НАУКИ ПРИЧОРНОМОР'Я
Науковий журнал

*Виходить 4 рази на рік
Видавється з березня 1997 р.*

Випуск 1 (93) 2017

**Економічні науки
Сільськогосподарські науки
Технічні науки**

Миколаїв
2017

Засновник і видавець: Миколаївський національний аграрний університет.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №19669-9469ПР від 11.01.2013 р.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, затвердженого наказами Міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. №747 та від 16.05.2016 р. №515.

Головний редактор: В.С. Шебанін, д.т.н., проф., академік. НААН

Заступники головного редактора:

І.І. Червен, д.е.н., проф.

І.П. Атаманюк, д.т.н., проф.

В.П. Клочан, к.е.н., доц.

М.І. Гиль, д.с.-г.н., проф.

В.В. Гамаюнова, д.с.-г.н., проф.

Відповідальний секретар: Н.В. Потриваєва, д.е.н., проф.

Члени редакційної колегії:

Економічні науки: О.В. Шебаніна, д.е.н., проф.; Н.М. Сіренко, д.е.н., проф.; О.І. Котикова, д.е.н., проф.; Джулія Олбрайт, PhD, проф. (США); І.В. Гончаренко, д.е.н., проф.; О.М. Вишневська, д.е.н., проф.; А.В. Ключник, д.е.н., проф.; О.Є. Новіков, д.е.н., доц.; О.Д. Гудзинський, д.е.н., проф.; О.Ю. Єрмаков, д.е.н., проф.; В.М. Яценко, д.е.н., проф.; М.П. Сахацький, д.е.н., проф.; Р. Шаундерер, Dr.sc.Agr. (Німеччина)

Технічні науки: Б.І. Бутаков, д.т.н., проф.; В.І. Гавриш, д.е.н., проф.; В.Д. Будак, д.т.н., проф.; С.І. Пастушенко, д.т.н., проф.; А.А. Ставинський, д.т.н., проф.; А.С. Добишин, д.т.н., проф. (Республіка Білорусь).

Сільськогосподарські науки: В.С. Топіха, д.с.-г.н., проф.; Т.В. Підпала, д.с.-г.н., проф.; А.С. Патрєва, д.с.-г.н., проф.; В.П. Рибалко, д.с.-г.н., проф., академік НААН; І.Ю. Горбатенко, д.б.н., проф.; І.М. Рожков, д.б.н., проф.; І.П. Шейко, д.с.-г.н., професор, академік НАН Республіки Білорусь (Республіка Білорусь); С.Г. Чорний, д.с.-г.н., проф.; М.О. Самойленко, д.с.-г.н., проф.; А.К. Антипова, д.с.-г.н., проф.; В.І. Січкар, д.б.н., проф.; А.О. Лимар, д.с.-г.н., проф.; В.Я. Щербаков, д.с.-г.н., проф.; Г.П. Морару, д.с.-г.н. (Молдова)

Рекомендовано до друку вченому радою Миколаївського національного аграрного університету. Протокол № 7 від 28.02.2017 р.

Посилання на видання обов'язкові.

Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Адреса редакції, видавця та виготовлювача:

54020, Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9,

**Миколаївський національний аграрний університет,
тел. 0 (512) 58-05-95, <http://visnyk.mnau.edu.ua>, e-mail: visnyk@mnau.edu.ua**

**© Миколаївський національний
аграрний університет, 2017**

UDC 621.3

SIMULATION OF ELECTROMAGNETIC FIELD CHARACTERISTICS FOR METAL CONDUCTIVE BUSES WITH RECTANGULAR CROSS-SECTION

O. Kyrychenko, Candidate of Technical Science, Associate Professor
Mykolayiv National Agrarian University

The numerical simulation of main characteristics of magnetic field for metal conductive buses of rectangular cross section is performed. The electromagnetic field pattern and quantitative parameters for magnetic induction, magnetic field strength and volumetric energy density are obtained. The graphic illustrations demonstrate visually the uneven distribution of the electromagnetic field on the geometry of the conductive bus. The usability of numerical analysis of the characteristics of electromagnetic field for metal conductive buses is shown.

Key words: electromagnetic field, magnetic induction, magnetic strength, metal buses, rectangular section.

Statement of the problem.

Many studies are dedicated to the issues of numerical modeling of the characteristics of the electromagnetic field, that occurs during the equipment operation. However, recommendations about specifics of modeling of such characteristics for conductive metal buses using specialized software, for example, Femm, Ansys Maxwell etc. are in these studies not enough.

The algorithm of actions in the numerical modeling of the characteristics of electromagnetic field of conductive metal buses is next.

First, the exact geometric model of cross-section of conductive metal buses is created. The drawings of geometric model are easy to create in CAD-systems, for example, AutoCAD, Compass, Chart, DraftSight, etc.

Second, the complete cross-section drawing of conductive

metal buses is imported from the original CAD system to specialized software for static magnetic analysis. It is easy to use as the software Femm, Ansys Maxwell etc.

Thirdly, settings and the verification of degree of adequacy of these settings are checked for modeling the electromagnetic field pattern by the software. These settings are: inputting the type of material for each metal bus and the type of environment between them; inputting of numerical values of the currents flowing through the metal buses; specifying the geometric boundaries for calculation; making settings of the software analysis.

Also, the results obtained should be saved in graphical or tabular format for further processing and analysis.

Analysis of the main works and publications showed that many studies are dedicated to the researching the characteristics of the electromagnetic field [1-8 etc.].

In [1, 6, 8] the use of finite element method in Ansys software, the information about the graphical user interface, the types of finite elements, the methods for the creating the geometric model and the mesh of finite elements are considered. In addition, the concrete calculation examples are presented.

Physical features of magnetic-pulse metal processing, calculation methods and the methods for choice of magnetic pulse installations, inductors and power equipment, and the features of the modeling process are described in [2].

In [3] the possibilities of using Ansys software for calculation of direct and alternating current magnetic systems in steady and unsteady regimes are analyzed. Nonlinear characteristics of the electromagnetic material can be taken into account or leave out. The examples of interactive and command analyses for magnetic systems are given.

The features of approaches for spatial and planar simulation of electromagnetic field characteristics of electrical equipment using Ansys Maxwell software are presented in [4, 5].

In [7] the advantages of numerical methods for calculating electromagnetic fields are reviewed. The ease of using these methods and the ease of obtaining the results in graphical or tabular format for further analysis are shown.

The goal of the article is the numerical simulation of electromagnetic field characteristics for conductive metal buses of rectangular cross section and identifying characteristics of the electromagnetic field distribution.

Statement of the main material.

Electric and magnetic fields exist inseparably from each other and form a total electromagnetic field, which is fully described by Maxwell's equations. Maxwell's equations can be written in integral and differential forms.

Maxwell's equations in the integral form

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{d\vec{B}}{dt} d\vec{S}; \oint \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV;$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = I_{\text{macro}} + I_{\text{shift}}; \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

are valid for imaginary contours and surfaces.

Maxwell's equations in the differential form

$$\text{rot} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{div} \vec{D} = \rho;$$

$$\text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}; \text{div} \vec{B} = 0$$

show correlation between characteristics of the electromagnetic field and the density of charges and currents at each point of the field.

Let's focus on analyzing electromagnetic field characteristics for conductive metal buses. The main vector quantities of electromagnetic field are the magnetic induction and magnetic field strength.

Three quantities – \vec{B} , \vec{J} , \vec{H} – interconnected with each other by the following dependence:

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}), \quad (1)$$

where \vec{B} – magnetic induction, which is determined by the force interaction of electromagnetic field on current;
 \vec{J} – magnetic moment per unit volume of the substance;
 \vec{H} – magnetic field strength.

Magnetization \vec{J} is a vector whose direction coincides with the direction of strength \vec{H} at this point:

$$\vec{J} = \chi \vec{H}. \quad (2)$$

The coefficient χ for ferromagnetic substances is the H function. Substituting (2) into (1) and denoting $1 + \chi = \mu_r$, we obtain the equation:

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} = \mu_a \vec{H}, \quad (3)$$

where μ_0 – constant characterizing the magnetic properties of the vacuum;

μ_r – absolute magnetic permeability.

The magnetic flux through some surface S – is the flux of magnetic induction vector through this surface:

$$\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{S}, \quad (4)$$

where $d\vec{S}$ – element of surface S .

In the calculations of magnetic circuits two quantities are typically used: magnetic induction B and magnetic field strength H .

The magnetization J in the calculations is usually not used (if it's necessary, the magnetization value J , that corresponds with B and H , can be found using the formula (1)).

The geometry and linear dimensions of the analyzable conductive aluminum bus are shown in Fig. 1.

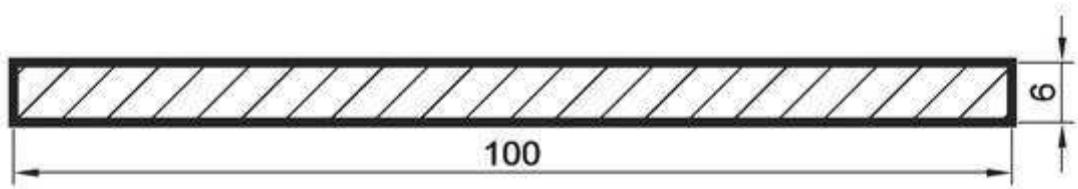


Fig. 1. The geometrical dimensions of conductive aluminum bus with rectangular cross section

Analytical research of electrodynamic stability for similar conductive buses is given in [9, 10].

The numerical simulation of electromagnetic field pattern around the conductive aluminum bus (Fig. 1) is carried out for its emergency operating mode at short-circuit current 87 kA. The space around the metal buses is air.

Fig. 2 illustrates the results of simulation of the distribution of the magnetic induction B around the conductive aluminum bus. The maximal values of the magnetic induction B are 0.7 Tesla. Also, we can see the uneven distribution of the magnetic induction B . The increased magnetic induction zones are observed in the areas of left and right edges of the conductive bus. Graphically – it is two lightest areas (see Fig. 2).

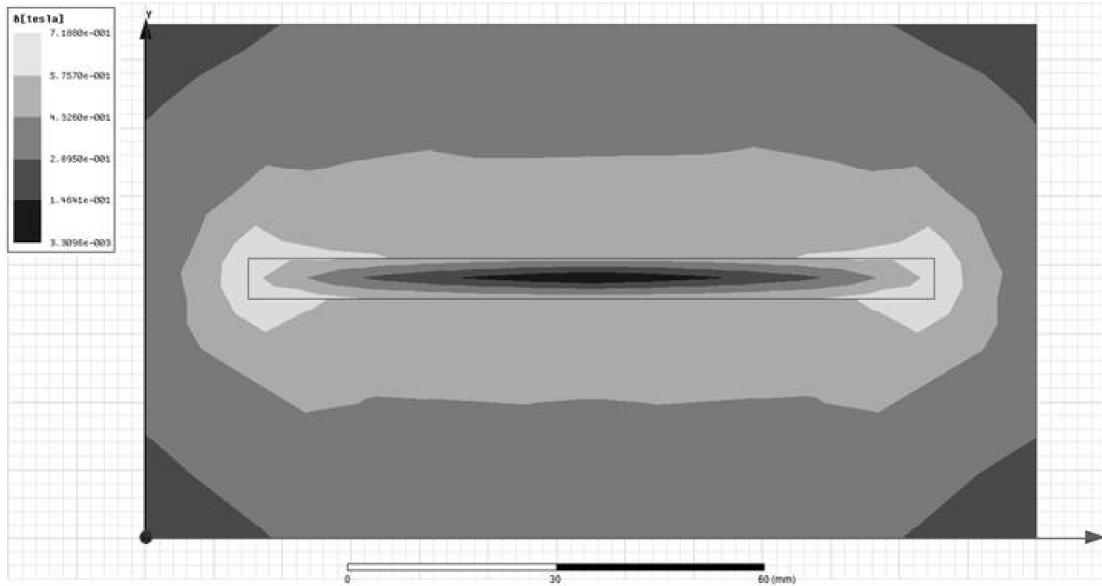


Fig. 2. Illustration of simulation results of the distribution of the magnetic induction B [T] around the conductive aluminum bus

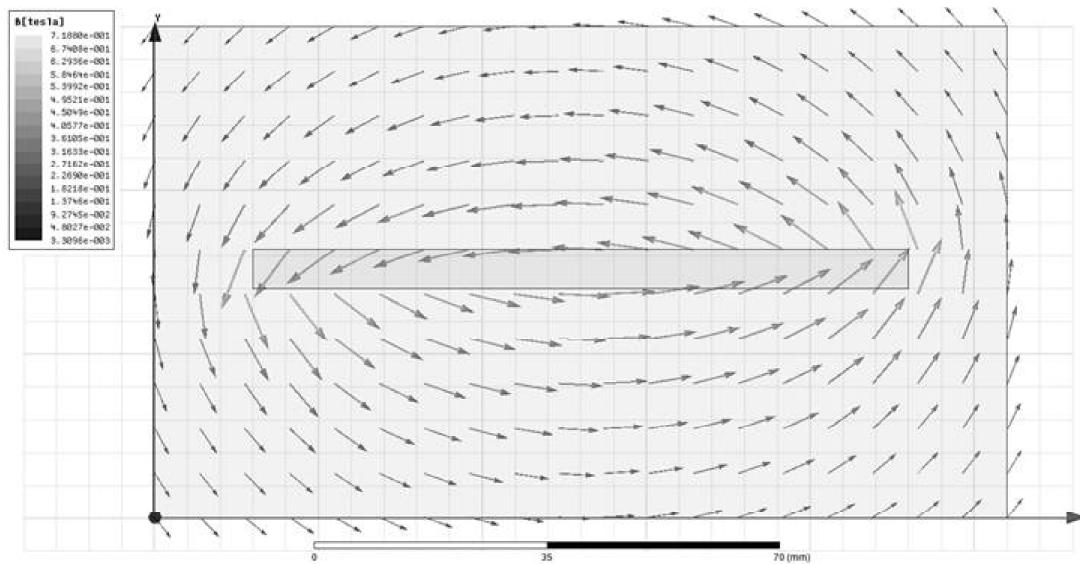


Fig. 3. Illustration of vectors direction of the magnetic induction B [T] around the conductive aluminum bus

The results of the simulation show that the magnetic induction B reaches the maximum values in the areas around the outer edges of the metal buses, the minimum values – within the bus. The value of the magnetic induction B in the air is proportional to the distance

to the bus. The vectors of the magnetic induction B are directed tangentially to the electromagnetic lines (counter-clockwise) (Fig. 3).

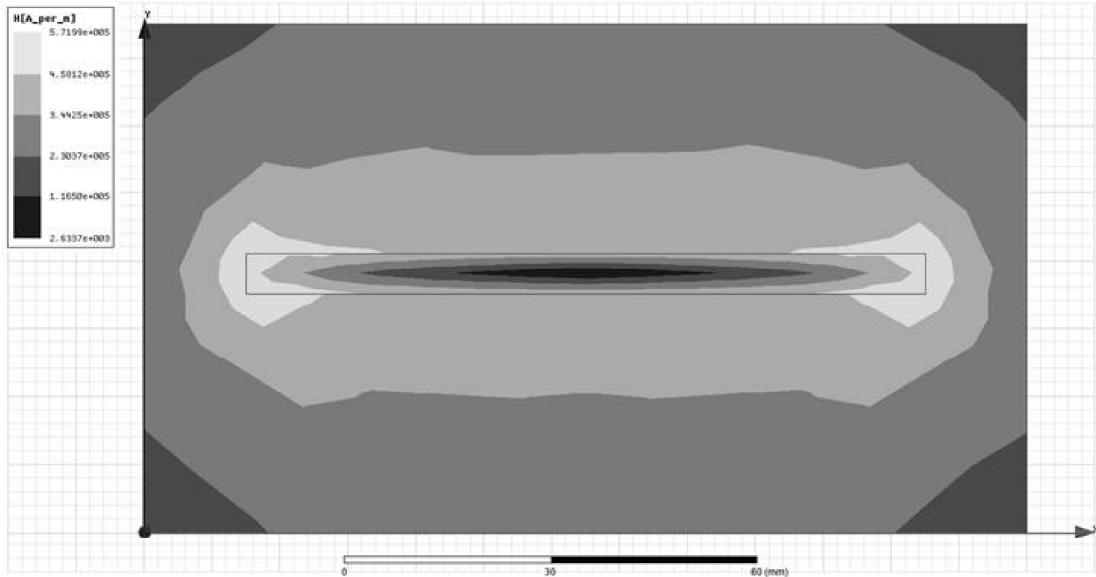


Fig. 4. Illustration of the results of the simulation of the pattern of the magnetic field strength H [A/m^2] around the conductive aluminum bus

Fig. 4 illustrates the results of the simulation of the pattern of the magnetic field strength around the metal bus.

Illustration of vectors direction of the magnetic field strength H [A/m^2] around the conductive aluminum bus is shown in Fig. 5.

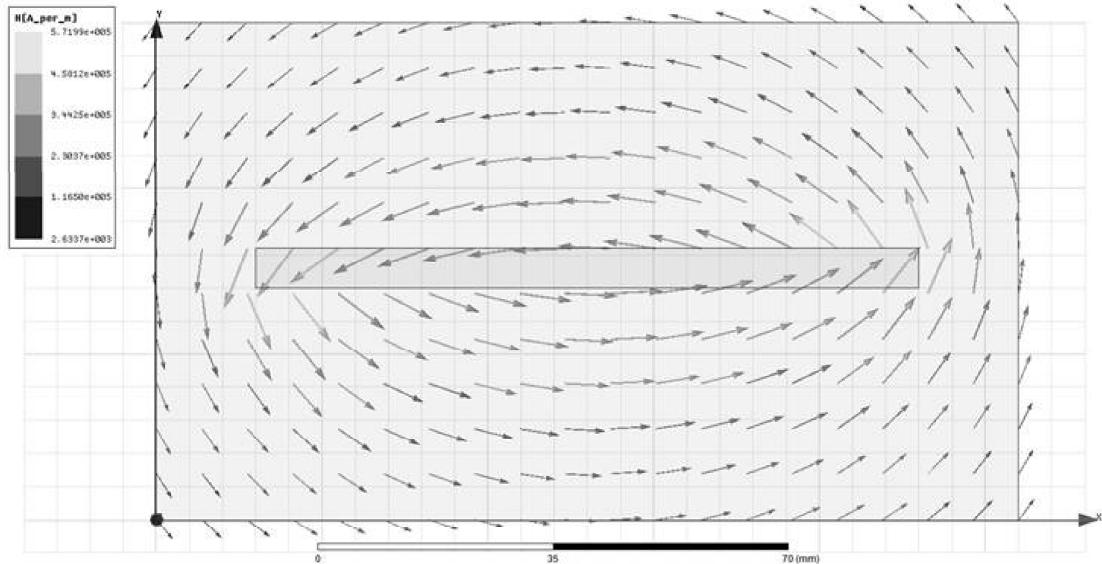


Fig. 5. Illustration of vectors direction of magnetic field strength H [A/m^2] around the conductive aluminum bus

The pattern of the uneven distribution of the field strength H is similar to the pattern of the uneven distribution of the magnetic induction B . The maximum values of the magnetic field strength of the conductive aluminum bus – $5,7 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$. The vectors of the field strength are directed counterclockwise around the bus.

The pattern of the distribution of the volumetric density of energy W around the conductive aluminum bus is shown in Fig. 6.

The maximum volumetric density of energy for the analyzable conductive aluminum bus is $2,1 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3$. Graphically the maximum volumetric density of energy W is located near the left and right edges of the bus (two lightest areas), and the minimum volumetric density of energy W is located inside the material of the bus and in the air in areas of maximum distance from the bus.

It seems, that numerical simulation is comfortable for simulation of conductive buses with rectangular cross-section. Interactive model of the conductive bus is given a good visual perceptibility of simulation results.

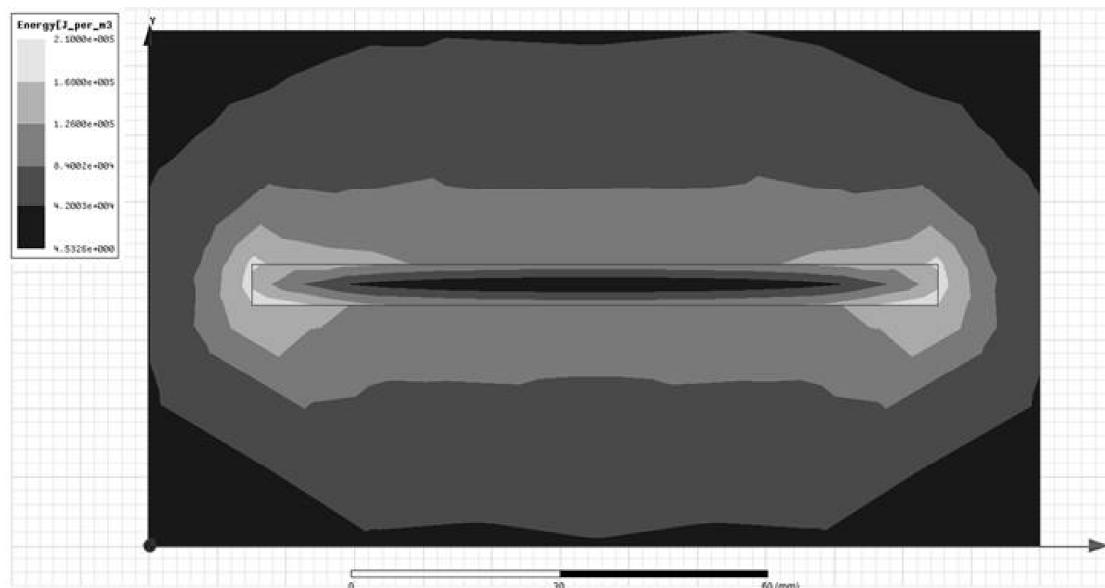


Fig. 6. Illustration of simulation results of distribution for volumetric density of energy W [J/m^3] around the conductive aluminum bus

Resume

1. The ease of using the specialized software for researching and the numerical simulation of characteristics of electromagnetic field of conductive metal buses is shown.

2. The maximum values of the magnetic induction $B = 0,7$ T, the magnetic field strength $H = 1,9 \cdot 10^6$ A/m² and the volumetric density of energy $W = 2,3 \cdot 10^6$ J/m³ of the electromagnetic field are located in the areas of left and right edges and on the outer ribs of the bus.

Referenses:

1. Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя / Басов К.А. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.
2. Белый И.В. Справочник по магнито-импульсной обработке металлов / И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко : Вища школа, 1977. – 168 с.
3. Буль О.Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS / О.Б. Буль. – М. : Академия, 2006. – 288 с.
4. Дунев А.А. Алгоритм работы программного пакета MAXWELL 3D, применяемого для численного анализа магнитного поля в двигателе с катящимся ротором / А.А. Дунев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 11(985). – С. 161-167.
5. Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования / А.В. Жидков. – Нижний Новгород, 2006. – 115 с.
6. Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.
7. Курбатов П.А. Численный расчет электромагнитных полей / П.А. Курбатов, С.А. Аринчин. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 168 с.
8. Чигарев А.В. ANSYS для инженеров / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 512 с.
9. Kyrychenko O. Electrodynamic stability of isolators and bus bars in a short circuit / O. Kyrychenko // Вісник аграрної науки Причорномор'я : науково-теоретичний фаховий журнал. Миколаїв, 2015. – Вип. 3 (86). – С. 222-227.
10. Olexandr Kyrychenko. Влияние геометрических параметров изоляторов и токопроводящих шин на электродинамическую стойкость при коротком замыкании / Olexandr Kyrychenko, Igor Sidorika // Motrol Motorization and power industry in agriculture. – Volume 18. No 2. – Lublin, 2016. – С. 33-39.

О. С. Кириченко. Моделювання характеристик електромагнітного поля для металевих струмопровідних шин прямокутного перерізу.

Виконано чисельне моделювання основних характеристик електромагнітного поля для металевих струмопровідних шин прямокутного перерізу. Отримано картину електромагнітного поля, а також кількісні показники для магнітної індукції, напруженості магнітного поля і об'ємної густини енергії. Графічні ілюстрації візуально демонструють нерівномірність розподілу електромагнітного поля по геометрії струмопровідної шини. Показано зручність застосування чисельного аналізу характеристик електромагнітного поля для металевих струмопровідних шин.

Ключові слова: електромагнітне поле, магнітна індукція, магнітна напруженість, металеві шини, прямокутний переріз.

A. С. Кириченко. Моделирование характеристик электромагнитного поля для металлических токопроводящих шин прямоугольного сечения.

Выполнено моделирование основных характеристик электромагнитного поля для металлических токопроводящих шин прямоугольного сечения. Получена картина электромагнитного поля, а также количественные показатели для магнитной индукции, напряженности магнитного поля и объемной плотности энергии. Графические иллюстрации визуально демонстрируют неравномерность распределения электромагнитного поля по геометрии токопроводящей шины. Показано удобство использования численного анализа характеристик электромагнитного поля для металлических токопроводящих шин.

Ключевые слова: электромагнитное поле, магнитная индукция, напряженность, металлические шины, прямоугольное сечение.

ЗМІСТ

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

V. Klochan, I. Bezryata, N. Zingaieva. The sunflower oil market of Ukraine and its development	3
I. I. Червен, С. І. Павлюк. Роль агрохолдизації у соціально-економічному розвитку сільських територій України.....	14
О. І. Котикова. Індикація екологічного стану сільськогосподарського землекористування в Україні: соціальний блок	26
Ю. В. Ушкаренко. Особливості формування економічного потенціалу підприємств у сучасних умовах	38
Ю. А. Кормишкін. Система показників та чинників ефективного розвитку аграрного підприємництва	47
А. Грек. Сучасний стан матеріально-технічного забезпечення сільськогосподарських підприємств Київської області	61
А. Ю. Стренковська. Теоретичні основи організаційно-економічного механізму розвитку будівництва в сільській місцевості.	72

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

Л. К. Антилова. Поглинання елементів живлення бур'янами залежно від технологій вирощування люцерни насіннєвого призначення	79
Г. М. Господаренко, С. П. Полторецький, В. В. Любич, Н. В. Воробйова, І. Ф. Улянич, М. М. Капрій. Характеристика твердості та міцності зернівок пшеници спельти залежно від сорту та лінії.	86
В. В. Рогач, О. В. Кушнір, В. В. Плотніков. Вплив рістстимулаторів Вітазиму та 6-бензиламінопурину на морфогенез та продуктивність перцю солодкого.....	95
О. Л. Рудік, І. М. Мринський. Продуктивність льону олійного за впровадження технологій подвійного використання культури	102

S. Lugovoy, S. Kramarenko, S. Galimov. Genetic polymorphism of the red white belted breed pigs based on microsatellite markers	113
B. M. Волощук, B. M. Герасимчук. Показники мікроклімату у відділенні для дорощування поросят залежно від способу вентилювання приміщення	120
O. I. Петрова, O. M. Сморочинський, P. O. Трибрат. Використання яловичини, одержаної від тварин різних вагових кондіцій для виробництва ковбас	129
A. B. Лихач. Реалізація поведінкових актів холостими свиноматками різних генотипів	136
B. A. Кириченко, C. P. Ком, K. B. Скрепець. Зв'язок молекулярно-генетичних маркерів з класністю овець	144
O. С. Крамаренко, I. В. Довгопола. Особливості генетичної структури південної м'ясної породи худоби за локусами мікросателітів ДНК: TGLA53, TGLA122, TGLA126 ТА TGLA227	151
A. O. Погорєлова. Вплив температурного та світлового режимів утримання на формування статі у кролів спеціалізованих м'ясних порід	164

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

O. Kyrychenko. Simulation of electromagnetic field characteristics for metal conductive buses with rectangular cross-section	171
M. B. Дубницька. Систематизація методичних підходів до отримання тривимірної інформації про водні об'єкти	181
D. O. Захаров. Сучасний стан застосування електрофізичних методів бактерицидної та інсектицидної обробки зернової продукції	193