

УДК 621.314

Ю.В. БАТЫГИН, А.Ю. БОНДАРЕНКО, С.А. ШИНДЕРУК, Г.С. СЕРИКОВ**РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ИНДУКТОРНОЙ СИСТЕМЫ С ВНУТРЕННИМ БИФИЛЯРНЫМ СОЛЕНОИДОМ**

Впервые предложена цилиндрическая индукторная система с внутренним коаксиальным соленоидом, обмотка которого выполнена в виде бифиляра так, что гармонические токи в каждой из его жил направлены в противоположные стороны. В кратком обзоре литературы дано описание основных применений бифилярных конструкций, как элементов современных электротехнических устройств. Решением краевой задачи электродинамики найдены аналитические зависимости для напряженностей возбуждаемых полей и магнитного потока, позволяющих анализировать основные характеристики процессов. Полученные соотношения описывают стационарное состояние возбуждаемых электромагнитных полей в идеализации достаточно высокой проводимости металла обмотки внешнего соленоида-индуктора при отсутствии влияния токопроводов бифиляра на протекающие процессы.

Ключевые слова: бифилярная катушка, цилиндрическая индукторная система, напряженность электромагнитного поля, магнитный поток, временные параметры тока, идеальный проводник.

Ю.В. БАТИГІН, О.Ю. БОНДАРЕНКО, С.О. ШИНДЕРУК, Г.С. СЕРІКОВ**РОЗРАХУНКОВІ СПІВВІДНОШЕННЯ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧНОЇ ІНДУКТОРНОЇ СИСТЕМИ З ВНУТРІШНІМ БІФІЛЯРНИМ СОЛЕНОЇДОМ**

Вперше запропоновано циліндрична індукторна система з внутрішнім коаксіальним соленоїдом, обмотка якого виконана у вигляді біфіляра так, що гармонійні струми в кожній з його жил спрямовані в протилежні сторони. У короткому огляді літератури дано опис основних застосувань біфілярних конструкцій, як елементів сучасних електротехнічних пристроїв. Рішенням крайової задачі електродинаміки знайдені аналітичні залежності для напруженостей збуджуваних полів і магнітного потоку, що дозволяють аналізувати основні характеристики процесів. Отримані співвідношення описують стаціонарний стан збуджуваних електромагнітних полів в ідеалізації досить високої провідності металу обвитки зовнішнього соленоїда-індуктора при відсутності впливу струмоводів біфіляра на процеси, які відбуваються.

Ключові слова: біфілярна катушка, циліндрична індукторна система, напруженість електромагнітного поля, магнітний потік, часові параметри струму, ідеальний провідник.

YU.V. BATYGIN, A.YU. BONDARENKO, S.A. SHINDERUK, G.S. SERIKOV**DESIGN RELATIONSHIPS FOR A CYLINDRICAL INDUCTOR SYSTEM WITH AN INTERNAL BIFILARY SOLENOID**

A cylindrical inductor system with an internal coaxial solenoid was first proposed. The coil of the coaxial solenoid is made in the form of a bifilar. The harmonic currents in each of the cores of the winding of the bifilar are directed in opposite directions. A brief review of the literature describes the main and most significant applications of bifilar structures, as elements of modern electrical devices, for example, low-inductance ohmic resistances, relay coils, electronic systems, etc. Analytical dependencies for the strengths of the excited fields and magnetic flux are determined when solving the boundary problem of electrodynamics. The obtained analytical dependences allow the analysis and calculation of the main characteristics of the processes occurring in the proposed design of the inductor system. The obtained relations describe the stationary state of the excited electromagnetic fields in the idealization of a sufficiently high conductivity of the metal winding of the external solenoid-inductor. The calculations did not take into account the influence of the conductors of the bifilar on the electromagnetic processes in the inductor system.

Keywords: bifilar coil, cylindrical inductor system, electromagnetic field strength, magnetic flux, current temporal parameters, ideal conductor.

Введение. Бифилярная катушка – это электромагнитная катушка, которая содержит две близко расположенные, параллельные обмотки. В зависимости от назначения, токи в ее обмотках могут протекать как в одном, так и в противоположных направлениях. В последнем, практически наиболее интересном случае, магнитное поле одной обмотки равно и направлено противоположно по отношению к полю другой. Их суперпозиция приводит к взаимной нейтрализации, что означает равенство нулю коэффициента самоиндукции катушки в целом.

В современной электронной технике бифилярные

катушки часто используют как один из способов создания проволочных резисторов с достаточно малой индуктивностью [1]. Бифилярные катушки применяются в обмотках реле или трансформаторов. Их используют в импульсных источниках электрического питания благодаря их способности подавлять обратную электродвижущую силу [2,3]. Бифилярные катушки могут использоваться, например, для генерации магнитных импульсов любой формы и длительности, увеличения широкополосности и устранения нежелательных резонансов в радиотехнических устройствах и др. [4]. Следует отметить, что бифилярные катушки

© Ю.В. Батыгин, А.Ю. Бондаренко, С.А. Шиндерук, Г.С. Сериков, 2019

применялись даже в экспериментах для получения антигравитации [5].

Расчетам электромагнитных полей соленоидов различной геометрии посвящены многочисленные работы различных авторов, например [6-10]. Так, в работах [6-8] используются расчетные модели, предполагающие использование аналитических методов решения краевых задач математической физики. Для типичных конфигураций соленоидов – инструментов в магнитно-импульсной обработке металлов определены пространственно-временные распределения возбуждаемых полей и индуцированных токов. Вычислены фундаментальные характеристики экспериментальных образцов разного конструктивного исполнения. В работах [9-10] предложены методы численного моделирования электромагнитных процессов в цилиндрических и плоских катушках различного назначения. Направленность выделенных работ устанавливалась вопросами создания эффективных конструкций источников магнитных полей для решения соответствующих производственных задач.

С практической точки зрения представляют интерес исследования систем, в которых бифилярные катушки размещаются либо внутри, либо поверх цилиндрических соленоидов в схемах оборудования для магнитно-импульсной обработки металлов [6,7]. С физической точки зрения цилиндрическая геометрия бифиляра нарушает симметрию обмоток, относительно друг друга в сравнении с плоским вариантом исполнения. Кроме того, интересен вклад металла внешнего соленоида в протекающие электромагнитные процессы.

Цель работы – предложение конструктивного исполнения и вывод аналитических зависимостей для расчета характеристик электромагнитных процессов в предложенной цилиндрической индукторной системе с внутренним коаксиальным соленоидом, обмотка которого выполнена в виде бифиляра так, что токи в каждой из его жил направлены в противоположные стороны.

Научная новизна состоит в предложении конструктивного исполнения и получении аналитических выражений для расчета характеристик электромагнитных процессов в цилиндрической индукторной системе с внутренним коаксиальным соленоидом, обмотка которого выполнена в виде бифиляра так, что токи в каждой из его жил направлены в противоположные стороны, при этом внешнее магнитное поле обращается в нуль.

Основная часть. Расчетная модель исследуемой системы представлена на рис. 1.

При решении поставленной задачи примем следующие допущения:

1. В принятой цилиндрической системе координат индукторная система является достаточно протяженной (краевыми эффектами пренебрегаем) и аксиально-симметричной, так что $\frac{\partial}{\partial \varphi} = 0$, φ – азимутальный угол.

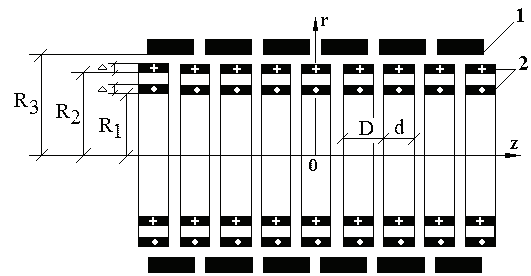


Рис. 1. Расчетная модель индукторной системы с внутренней бифилярной обмоткой:

1 – внешний индуктор с внутренним радиусом R_3 ; 2 – внутренняя бифилярная обмотка; R_1, R_2 – радиусы внутренней и внешней частей бифиляра; D – шаг намотки; d – ширина витков бифиляра

2. Внешний индуктор отключен, его витки выполнены из металла с высокой электропроводностью, достаточно плотно прилегают друг к другу, так что их внутреннюю поверхность можно считать сплошной поверхностью из идеального проводника.

3. Витки бифилярной обмотки выполнены из металлической ленты (толщина – Δ , ширина – d , радиусы внутренней и внешней намоток – $R_{1,2}$, шаг намоток – D), «прозрачны» для возбуждаемых полей (так что $\frac{\Delta}{\delta} \ll 1$, где δ – величина скин-слоя) и не влияют на протекающие электромагнитные процессы [8, 11].

4. В бифиляре протекает гармонический ток с плотностью

$$j_\varphi(t, r, z) = j_m \cdot \sin(\omega t) \cdot f(R) \cdot g(z),$$

где $j_m = \frac{J_m}{(d \cdot \Delta)}$ – амплитуда плотности,

J_m – амплитуда тока,

ω – циклическая частота,

$f(r), g(z)$ – функции радиального и продольного распределений.

5. Временные параметры возбуждающего тока удовлетворяют квазистационарному приближению по Ландау – $\frac{\omega}{c} \cdot \lambda \ll 1$ [11], где c – скорость света в вакууме, λ – максимальный размер в системе.

Уравнения Максвелла ($E_\varphi \neq 0, H_{r,z} \neq 0$) для возбуждаемых составляющих вектора электромагнитного поля, преобразованных по Лапласу с учетом нулевых начальных условий, имеют вид [6-8]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial H_r(p, r, z)}{\partial z} - \frac{\partial H_z(p, r, z)}{\partial r} = j_\varphi(p, r, z), \quad (1) \\ \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot E_\varphi(p, r, z)) = -\mu_0 \cdot p \cdot H_z(p, r, z), \quad (2) \\ \frac{\partial E_\varphi(p, r, z)}{\partial z} = \mu_0 \cdot p \cdot H_r(p, r, z), \quad (3) \end{array} \right.$$

где p – параметр преобразования Лапласа;

$$E_\varphi(p, r, z) = L\{E_\varphi(t, r, z)\},$$

$$H_{r,z}(p, r, z) = L\{H_{r,z}(t, r, z)\},$$

$$j_\varphi(p, r, z) = L\{j_\varphi(t, r, z)\},$$

$j_\varphi(t, r, z)$ – плотность тока в бифиляре.

Согласно принятым допущениям продольную зависимость L – изображения плотности тока в бифиляре можно представить косинус разложением Фурье по продольной координате $-z$ [12]:

$$\left\{ \begin{array}{l} g(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n^* \cdot \cos(\Omega_n \cdot z), \\ j_\varphi(p, r, z) = j_m \cdot \left(\frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \right) \cdot f(r) \times \\ \times \sum_{n=0}^{\infty} a_n^* \cdot \cos(\Omega_n \cdot z), \\ f(r) = \begin{cases} 1, r \in [R_1, (R_1 + \Delta)] \cup [R_2, (R_2 + \Delta)] \\ 0, r \notin [R_1, (R_1 + \Delta)] \cup [R_2, (R_2 + \Delta)] \end{cases} \end{array} \right. \quad (4)$$

где $\Omega_n = \frac{2\pi}{D} \cdot n$;

$$a_n^* = \begin{cases} \frac{d}{2D}, n = 0, \\ \frac{2}{\pi n} \cdot \sin\left(\pi n \cdot \frac{d}{D}\right), n = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

Из дифференциальных уравнений (1 – 3) с учетом выражения (4) в рамках принятых допущений (пренебрегая токами смещения) получим уравнение для азимутальной компоненты напряженности электрического поля $E_\varphi(p, r, z)$ в выделенных областях

$$\frac{\partial^2 E_\varphi(p, r, z)}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot E_\varphi(p, r, z)) \right) = \mu_0 \cdot p \cdot j_\varphi(p, r, z). \quad (5)$$

С учетом конечности касательной компоненты напряженности электрического поля на оси системы и ее равенства нулю на идеально проводящей внутренней поверхности внешнего индуктора решение уравнения (5) можно записать в виде разложения Фурье – Бесселя [12,13]:

$$E_\varphi(p, r, z) = \sum_{m=1}^{\infty} E_\varphi(p, m, z) \cdot J_1\left(\beta_m \cdot \frac{r}{R_3}\right), \quad (6)$$

где $E_\varphi(p, r, z)$ – амплитуда разложения, $J_1\left(\beta_m \cdot \frac{r}{R_3}\right)$

– функция Бесселя первого порядка;

β_m – корни уравнения $J_1(\beta_m) = 0, m = 1, 2, 3, 4, \dots$

В соответствии с (6) уравнение (5) приводится к обыкновенному линейному дифференциальному уравнению второго порядка относительно функции $E_\varphi(p, m, z)$ [12]

$$\frac{d^2 E_\varphi(p, m, z)}{dz^2} - \left(\frac{\beta_m}{R_3} \right)^2 \cdot E_\varphi(p, m, z) = \mu_0 \cdot p \cdot j_m \cdot \left(\frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \right) \cdot \frac{2 \cdot F(m, R_{1,2})}{J_2^2(\beta_m)} \times \quad (7)$$

$$\times \sum_{n=0}^{\infty} a_n^* \cdot \cos(\Omega_n \cdot z),$$

$$\text{где } F(m, R_{1,2}) = \int_{\left(\beta_m \frac{R_1}{R_3}\right)}^{\left(\beta_m \frac{(R_1+\Delta)}{R_3}\right)} x \cdot J_1(x) \cdot dx - \int_{\left(\beta_m \frac{R_2}{R_3}\right)}^{\left(\beta_m \frac{(R_2+\Delta)}{R_3}\right)} x \cdot J_1(x) \cdot dx.$$

В случае однонаправленных токов в обмотках бифиляра знак перед вторым алгебраическим слагаемым в выражении для $F(m, R_{1,2})$ меняется на противоположный.

Из уравнения (7) находим, что

$$E_\varphi(p, m, n) = -2p\mu_0 j_m \cdot \left(\frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \right) \times \frac{F(m, R_{1,2})}{\left(\Omega_n^2 + \left(\frac{\beta_m}{R_3} \right)^2 \right) \cdot J_2^2(\beta_m)} \cdot a_n^*. \quad (8)$$

Учитывая (6) и раскрывая ранее принятые обозначения, получаем L – изображение напряженности возбуждаемого электрического поля

$$E_\varphi(p, r, z) = -2p \cdot \mu_0 \cdot \left(\frac{J_m}{d \cdot \Delta} \right) \cdot \left(\frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \right) \times \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{F(m, R_{1,2})}{\left(\Omega_n^2 + \left(\frac{\beta_m}{R_3} \right)^2 \right) \cdot J_2^2(\beta_m)} \times \quad (9)$$

$$\times J_1\left(\beta_m \cdot \frac{r}{R_3}\right) \cdot a_n^* \cdot \cos(\Omega_n z).$$

С помощью уравнения (2) и выражения (9) после обратного преобразования Лапласа находим продольную компоненту напряженности магнитного поля

$$H_z(t, r, z) = 2 \cdot \left(\frac{J_m}{d \cdot \Delta} \right) \cdot \sin(\omega t) \times \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\left(\frac{\beta_m}{R_3} \right) \cdot F(m, R_{1,2})}{\left(\Omega_n^2 + \left(\frac{\beta_m}{R_3} \right)^2 \right) \cdot J_2^2(\beta_m)} \times \quad (10)$$

$$\times J_0\left(\beta_m \cdot \frac{r}{R_3}\right) \cdot a_n^* \cdot \cos(\Omega_n z).$$

В конечном итоге принципиальная действенность бифиляра предполагает вычитание магнитных потоков вне обмоток и их сложение между ними [1,4,5]. В этой связи с помощью выражения (10) вычислим магнитный поток во временном максимуме $t = \pi/2\omega$ на периоде продольной координаты –

$z \in \left[-\frac{D}{2}, +\frac{D}{2} \right]$ сквозь произвольную поверхность –

$r \in [r_1, r_2]$.

После необходимых тождественных преобразований получаем, что

$$\Phi(r_1, r_2) = 4\pi\mu_0 \cdot \left(\frac{J_m}{\Delta}\right) \cdot \left(\frac{R_3^3}{D}\right) \times \sum_{m=1}^{\infty} \frac{F(m, R_{1,2}) \cdot G(m, r_{1,2})}{\beta_m^2 \cdot J_2^2(\beta_m)}, \quad (11)$$

где $G(m, r_{1,2}) = \left(\frac{r_2}{R_3}\right) \cdot J_1\left(\beta_m \cdot \frac{r_2}{R_3}\right) - \left(\frac{r_1}{R_3}\right) \cdot J_1\left(\beta_m \cdot \frac{r_1}{R_3}\right)$.

Аналитические выражения (9-11) представляют собой математические зависимости, с помощью которых можно провести анализ и вычислить основные характеристики электромагнитных процессов в исследованной индукторной системе.

Выводы

1. Предложена конструкция и получены аналитические пространственно-временные зависимости для напряженностей составляющих вектора возбуждаемого поля и магнитного потока в цилиндрической индукторной системе с внутренним коаксиальным соленоидом, обмотка которого выполнена в виде бифиляра так, что токи в каждой из его жил направлены в противоположные стороны, а результирующее внешнее магнитное поле обращается в нуль.

2. Полученные результаты будут использованы для теоретических исследований и численных оценок с последующим экспериментальным подтверждением практической дееспособности впервые предложенной индукторной системы, а также при конструкторских разработках новых схем оборудования для магнитно-импульсной обработки металлов.

Список литературы

1. Волгов В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. Москва: Энергия, 1977. – 88 с.
2. Герасимов В.Г., Кузнецов Э.В., Николаева О.В. Электротехника и электроника. Электрические и магнитные цепи. Москва: Энергоатомиздат, 1996. 288 с.
3. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. Санкт-Петербург: Энергия, 2006. 220 с.
4. Патент 2355060 RU МПК H01F5/00 Катушка / Янчук В.П. (RU). – № 2007111425/09, заявлено 28.03.2007, опубл. 10.05.2009. – 2 с.
5. Патент 3610971 USA МПК H02n11/00. All-Electric motional electric field generator / William J. Hooper (USA). – № 816366, filed 15.04.1969, published 05.10.1971. – 6 p.
6. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И., Хименко Л.Т. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий / под общей ред. проф. Батыгина Ю.В. Том 1, изд.2-е, перераб. и доп. Харьков: МОСТ–Торнадо, 2003. 284 с.
7. Batygin Yu., Barbashova M., Sabokar O. Electromagnetic Metal Forming for Advanced Processing Technologies. Springer International Publishing AG (Switzerland), part of Springer Nature, 2018. 94 p.
8. Шнеерсон Г.А. Поля и переходные процессы в аппаратуре сверх сильных токов : 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Энергоатомиздат, 1992. 416 с

9. Богач Н.В., Никищенко А.Н. Анализ магнитных полей плоских излучателей. Радиоэлектроника и информатика. Харьков: ХНУРЭ, 2010. № 3. С. 46-50.

10. Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н. Элементы теории и численного расчета электромагнитных процессов в ферромагнитных средах. Киев: Изд. Института электродинамики НАНУ, 1999. 362 с.

11. Landau L.D., Lifshitz E.M., Pitaevsky L.P. Electrodynamics of Continuous Media : Translated from Russian by Sykes J.B., Bell J.B., Kearsley M.J. 2-nd Edition added and enlarged. Reprinted, 2004 (twice). Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House. 620 p.

12. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. Москва: Наука, 1973. 831 с.

13. Справочник по специальным функциям / под ред. Абрамовица М., Стиган И. Москва: Наука, 1979. 830 с.

References (transliterated)

1. Volgov V.A. Detali i uzly radiojelektronnoj apparatury [Details and components of electronic equipment]. – Moscow: Jenergija. Publ. 1977. 88 p.
2. Gerasimov V.G., Kuznecov Je.V., Nikolaeva O.V. Jelektrotehnika i jelektronika. Jelektricheskie i magnitnye ceji [Electrical and Electronics. Electrical and magnetic circuits]. Moscow: Jenergoatomizdat. Publ. 1996. 288 p.
3. Atabekov G.I. Osnovy teorii cepej [Fundamentals of circuit theory]. Sankt Petersburg: Jenergija. Publ. 2006. 220 p.
4. Patent 2355060 RU МПК H01F5/00 Katushka [Coil] Janchuk V.P. (RU). – № 2007111425/09, zajavleno 28.03.2007, Publ. 10.05.2009. – 2p.
5. Patent 3610971 USA Int. Cl. H02n11/00. All-Electric motional electric field generator. William J. Hooper (USA). № 816366, filed 15.04.1969, published 05.10.1971. 6 p.
6. Batygin Ju.V., Lavinskij V.I., Himenko L.T. Impul'snye magnitnye polja dlja progressivnyh tehnologij [Pulsed magnetic fields for advanced technologies]. – Pod obshej red. prof. Batygina Ju.V.. – Tom1, izd.2-e, pererab. i dop. Kharkiv: MOST–Tornado. Publ. 2003. 284 p.
7. Batygin Yu., Barbashova M., Sabokar O. Electromagnetic Metal Forming for Advanced Processing Technologies. Springer International Publishing AG (Switzerland), part of Springer Nature, 2018. 94 p.
8. Shneerson G.A. Polja i perehodnye processy v apparature sverh sil'nyh tokov [Fields and transients in the equipment of superstrong currents]. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow: Jenergoatomizdat. Publ. 1992. 416 p.
9. Bogach N.V., Nikishenko A.N. Analiz magnitnyh polej ploskih izluchatelej [Analysis of magnetic fields of flat emitters]. Radiojelektronika i informatika. Kharkiv: HNURJe. Publ. 2010. No 3. P. 46-50.
10. Podol'cev A.D., Kucherjavaja I.N. Jelementy teorii i chislennogo raschjota jelektromagnitnyh processov v ferromagnitnyh sredah [Elements of the theory and numerical calculation of electromagnetic processes in ferromagnetic media] Kyiv: Izd. Instituta jelektrodinamiki NANU. Publ. 1999. 362 p.
11. Landau L.D., Lifshitz E.M., Pitaevsky L.P. Electrodynamics of Continuous Media : Translated from Russian by Sykes J.B., Bell J.B., Kearsley M.J. 2-nd Edition added and enlarged. Reprinted, 2004 (twice). Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House. 620 p.
12. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike [Math Handbook]. Moscow: Nauka. Publ. 1973. 831 p.
13. Spravochnik po special'nym funkcijam [Handbook of Mathematical Functions]. Pod red. Abramovica M., Stigan I. Moscow: Nauka. Publ. 1979. 830 p.

Поступила (received) 29.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Батигін Юрій Вікторович (Батыгин Юрий Викторович, Batygin Yuriy Victorovich) – доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри фізики, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1278-5621>; e-mail: yu.v.batygin@gmail.com.

Бондаренко Олександр Юрійович (Бондаренко Александр Юрьевич, Bondarenko Oleksandr Yuriyovich) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; доцент кафедри інженерної електрофізики, тел.: (057)7076245; e-mail: abondarenko51@gmail.com.

Шиндерук Світлана Олександрівна (Шиндерук Светлана Александровна, Shinderuk Svitlana Olexandrivna) – кандидат технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри фізики, м. Харків; Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6354-4174>; e-mail: s.shinderuk.2016102@ukr.net.

Серіков Георгій Сергійович (Сериков Георгий Сергеевич, George Sergeevich Serikov) – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри автомобільної електроніки, м. Харків; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9578-1211>; e-mail: georgy301212@gmail.com.

УДК 621.396.96.019.3: 621.391.827(24)

В.В. КНЯЗЕВ, В.И. КРАВЧЕНКО

СИСТЕМА НАТО ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ТРЕБОВАНИЯМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Обеспечение электромагнитной совместимости объектов вооружения и военной техники, содержащих в своей основе радио-, электронное и электротехническое оборудование, является обязательным требованием. Важно правильно определить каким стандартам необходимо обеспечить соответствие. В связи со стремлением Украины в НАТО эта задача актуализировалась и конкретизировалась. В 2017 году методом подтверждения приняты национальные нормативные документы, идентичные нормативными документами НАТО, вступившие в силу с 1 февраля 2018. В том числе два стандарта в области электромагнитной совместимости. На основе этих стандартов требуется разработать национальную систему оценки соответствия объектов вооружения и военной техники. Оценка соответствия требованиям стандартов НАТО значительно повысит конкурентную способность образцов национальных производителей на мировом рынке. Проведен анализ системы оценки соответствия, который регламентируется НАТО, с целью имплементации его в Украине. Проведен анализ основных положений этих стандартов и выявлены основанные логические связи стандартов АЕСТР 500 и АЕСТР 250. Приведена классификация вооружений и военной техники, используемая в стандартах НАТО. Рассмотрены номенклатура электромагнитных факторов окружающей среды и методы испытаний для оценки уровней соответствия требованиям электромагнитной совместимости этих объектов.

Ключевые слова: стандарты НАТО, объекты вооружения и военной техники, классы оружия, электромагнитная совместимость, испытания, электромагнитные факторы окружающей среды.

В.В. КНЯЗЬВ, В.І. КРАВЧЕНКО

СИСТЕМА НАТО ЩОДО ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ВИМОГАМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ

Забезпечення електромагнітної сумісності об'єктів озброєння і військової техніки, що містять у своїй основі радіо-, електронні та електротехнічне обладнання, є обов'язковою вимогою. Важливо правильно визначити яким стандартам необхідно забезпечити відповідність. У зв'язку з прагненням України до НАТО це завдання актуалізувалось та визначилось. У 2017 році методом підтвердження прийняті національні нормативні документи, ідентичні нормативними документами НАТО, набули чинності з 1 лютого 2018. У тому числі два стандарти в галузі електромагнітної сумісності. На основі цих стандартів потрібно розробити національну систему оцінки відповідності об'єктів озброєння і військової техніки. Оцінка відповідності вимогам стандартів НАТО значно підвищить конкурентну здатність зразків національних виробників на світовому ринку. Проведено аналіз системи оцінки відповідності, який регламентується НАТО, з метою імплементації його в Україні. Проведено аналіз основних положень цих стандартів і виявлені засновані логічні зв'язки стандартів АЕСТР 500 і АЕСТР 250. Наведено класифікацію озброєнь і військової техніки, яка використовується в стандартах НАТО. Розглянуто номенклатуру електромагнітних факторів навколишнього середовища і методи випробувань для оцінки рівнів відповідності вимогам електромагнітної сумісності цих об'єктів.

Ключові слова: стандарти НАТО, об'єкти озброєння і військової техніки, класи зброї, електромагнітна сумісність, випробування, електромагнітні фактори навколишнього середовища.

© В.В. Князев, В.И. Кравченко, 2019