

T.S. GNUNI, L.H. ALEKSANYAN

**INVESTIGATING THE ANGULAR NON-SYMMETRY OF THE LOAD
NON-UNIFORMITY COEFFICIENT IN 0.38/0.22kV POWER GRIDS BY THE
METHOD OF STATISTICAL ANALYSIS**

Issues on determining the non-uniformity coefficients of noncompleted one- phase and two-phase sections of the Armenian power net of 0.38/0.22 kV by the method of statistical analysis is considered. The conformity of nonuniform coefficients of single-phase and two-phase loads of power transmission lines of urban and rural nets of 0.38/0.22 kV to the regular Veibulle distribution is revealed, and their characteristics are determined.

Keywords: non-uniformity coefficient, variation series, technical loss, integral index, mathematical expectation.

УДК 530.691

М.А. АРАМЯН

**СЛЕДСТВИЯ, ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ПОЛЯ**

Из теории электромагнитного поля Максвелла можно вывести временные функции между величиной векторного магнитного потенциала и электрическим $A = Et$ и магнитным $A = Bl$ полями. Эти функции, аналогично полной системе уравнений Максвелла, позволяют при заданных начальных и граничных условиях решить любые электромагнитные задачи.

Ключевые слова: теория электромагнитного поля, временные функции, электромагнитные задачи.

Введение. Теория электромагнитного поля (ТЭМП) Максвелла построена за десять лет и опубликована в трех больших работах [1-3]. При этом было учтено все, что было известно к этому времени в теории электромагнитных явлений.

В [1] были использованы теоретические и экспериментальные исследования М. Фарадея [4,5] и выведены уравнения ТЭМП:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{H} &= \boldsymbol{\delta}, \operatorname{div} \mathbf{D} = 4\pi\rho, \operatorname{div} \boldsymbol{\delta}_{np} = 0, \mathbf{B} = \operatorname{rot} \mathbf{A}, \mathbf{E} = -\operatorname{grad} \varphi, \\ \boldsymbol{\delta}_{np} &= \gamma \mathbf{E}, \mathbf{E} = -\partial \mathbf{A} / \partial t, \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_V \rho dV / r. \end{aligned} \quad (\text{I группа})$$

В первой группе уравнений не определено, что представляет собой плотность тока $\boldsymbol{\delta}$.

Во второй большой работе [2] первая группа уравнений поля значительно увеличена:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \boldsymbol{\delta}, \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t, \operatorname{div} \mathbf{D} = \rho, \mathbf{E} = [\mathbf{vB}] - \partial \mathbf{A} / \partial t - \operatorname{grad} \varphi,$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}, \mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}, \delta_{np} = \partial \mathbf{D} / \partial t + \gamma \mathbf{E}, \delta_{cm} = \partial \mathbf{D} / \partial t, \text{rot} \mathbf{A} = \mu \mathbf{H}, \text{ (II группа)}$$

$$\text{div} \mathbf{A} = 0, \text{div} \delta_{np} + \partial \rho / \partial t = 0.$$

Особенностью уравнений второй группы является то, что впервые в ТЭМП введено понятие тока смещения в знаменитом “уравнении истинных токов”:

$$C = R + \dot{\mathbf{D}}. \quad (1)$$

В третьей большой работе [3] Максвелл почти завершил построение своей теории:

$$\text{rot} \mathbf{H} = \delta, \text{div} \mathbf{D} = \rho, \mathbf{E} = [\mathbf{v} \mathbf{B}] - \partial \mathbf{A} / \partial t - \text{grad} \varphi,$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}, \delta = \partial \mathbf{D} / \partial t + \gamma \mathbf{E}, \delta_{np} = \gamma \mathbf{E}, \quad \text{(III группа)}$$

$$\delta_{cm} = \partial \mathbf{D} / \partial t, \mathbf{B} = \text{rot} \mathbf{A}, \text{div} \delta_{np} + \partial \rho / \partial t = 0.$$

В данной работе использованы уравнения электромагнитного поля, приведенные в [1-3], и выведены уравнения размерностей (УР) между величиной векторного магнитного потенциала $|\mathbf{A}| = A$ и напряженностью электрического поля E :

$$A = Bl, \quad (2)$$

$$A = Et, \quad (3)$$

$$Bl = A = Et. \quad (4)$$

1. Задача данного исследования. Целью данной работы является вывод соотношений (2)-(4) и выявление вытекающих из них свойств. В работе показано, что зависимости (2)-(4) можно вывести также из “уравнения размерностей” физических величин.

2. Выводы зависимостей $A(B)$ и $A(E)$ из теории электромагнитного поля. В данном исследовании вихрь (ротатор) любого вектора представляется не в трехмерной декартовой системе координат, а, как в [6], при изучении распространения плоских электромагнитных волн. Этот подход нами использовался в [7-11] при рассмотрении задач в области электромагнитных явлений.

Итак, представим уравнения Максвелла [1-3], выражающие вектор магнитной индукции с вектором магнитного потенциала:

$$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{r}} B = \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} [\hat{\mathbf{n}} \mathbf{A}] = \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} ([\hat{\mathbf{n}} \hat{\mathbf{R}}] A) = \hat{\mathbf{r}} \frac{1}{v} \frac{\partial A}{\partial t}. \quad (5)$$

На основе уравнения размерностей Максвелла [12] для однородной изотропной материальной среды из (5) можно получить

$$|\mathbf{A}| = A = Bl. \quad (6)$$

Теперь приведем вывод, выражающий $|\mathbf{A}| = A$ через напряженность электрического поля $\mathbf{E}$. Представим уравнения Максвелла [2,3]: $\mathbf{E} = -\partial\mathbf{A}/\partial t$ в виде УР:

$$\hat{R}\mathbf{E} = -\hat{R}\frac{\partial\mathbf{A}}{\partial t}. \quad (7)$$

Из этого уравнения следует искомое соотношение

$$A = Et. \quad (8)$$

Таким образом, из уравнений электромагнитного поля Максвелла следуют формулы (6) и (8), следовательно, простые соотношения:

$$Bl = A = Et. \quad (9)$$

Теперь покажем, что (6) и (8) можно вывести из “уравнений размерностей” Максвелла, которые являются следствиями временных интегральных функций [12]:

$$q/i = \Phi/\varphi = A/E = t. \quad (10)$$

Из этих уравнений следуют формулы (6) и (8). А из $\Phi/\varphi = t$ можно вывести формулу (6). Действительно, учитывая размерности $\Phi = Bl^2$, $\varphi = El$, с учетом $l = vt$ из (10) получим формулу (6).

Покажем теперь, что из УР (10) можно вывести общее соотношение (9). Покажем что, используя равенство

$$q/i = \Phi/\varphi \quad (11)$$

с учетом размерности: $\Phi = Bl^2$, $\varphi = El$, $i = q/t$, можно получить выражение (9):

$$Et = A = Bl. \quad (12)$$

Легко доказать, что это весьма простое выражение можно вывести из всех УР физических величин Максвелла.

Теперь рассмотрим свойства, вытекающие из (12).

3. Выводы решений полной системы уравнений Максвелла. Представленные в [1-3] уравнения обобщены в полной системе уравнений электромагнитного поля Максвелла:

$$\begin{aligned} \text{rot}\mathbf{H} &= \delta_{\text{пр}} + \partial\mathbf{D}/\partial t \text{ (I), } \text{rot}\mathbf{E} = -\partial\mathbf{B}/\partial t \text{ (II), } \text{div}\mathbf{D} = \rho \text{ (III),} \\ \text{div}\mathbf{B} &= 0 \text{ (IV), } \mathbf{D} = \varepsilon_a\mathbf{E}, \mathbf{B} = \mu_a\mathbf{H}, \delta_{\text{пр}} = \gamma\mathbf{E} \text{ (V).} \end{aligned}$$

Приведем общее решение этой системы из (12). Определяя E из (9), можно получить решение $H = vD_{\text{пол}}$. Из этого же решения можно получить

$$H = E/v\mu = vD/\varepsilon\mu v^2, \quad (13)$$

так как $\varepsilon_a\mu_a v^2 = 1$.

Стало быть, для скорости распространения электромагнитных волн в однородной изотропной среде с константами $\varepsilon_a, \mu_a, \gamma$ (или в вакууме) можно получить соотношение

$$Et = v\mu_a Ht = v\mu_a v\varepsilon_a Et, \quad (14)$$

откуда

$$v = \sqrt{1/\varepsilon_a\mu_a}, \quad C = \sqrt{1/\varepsilon_0\mu_0}. \quad (15)$$

Из (9) можно вывести связь между скалярным электрическим φ и векторным магнитным $\mathbf{A}$ потенциалами, полученную из решения полной системы уравнений Максвелла [13]. Для этого следует обе части (9) скалярно умножить на v :

$$\varphi = Et \cdot v = El = v\mathbf{A} = vA. \quad (16)$$

Соотношение (9) позволяет вывести формулу теоремы Умова-Пойнтинга:

$$\mathbf{S} = [\mathbf{E}\mathbf{H}] = \mathbf{P}. \quad (17)$$

Докажем это. Представим напряженности E и H в векторной форме: $\mathbf{E} = \hat{\mathbf{R}}E$, $\mathbf{H} = \hat{\mathbf{r}}H$, векторное произведение которых дает

$$[\mathbf{E}\mathbf{H}] = [\hat{\mathbf{R}}\hat{\mathbf{r}}]EH = \hat{\mathbf{n}}EH = \mathbf{S} = \mathbf{P} = \hat{\mathbf{n}}V\mu_a H \cdot V\varepsilon_a E = \hat{\mathbf{n}}EH. \quad (18)$$

Выводы

1. Из теории электромагнитного поля и из уравнений размерностей физических величин выведены временные функциональные зависимости между величиной векторного магнитного потенциала и напряженностью электрического поля $A = Et$, а также между A и магнитной индукцией $A = Bl$.

2. Временные функции $A = Bl$ и $A = Et$ позволяют исследовать электромагнитное поле и вывести новые соотношения этого поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максвелл Дж.К. О фарадеевых силовых линиях // В кн.: Дж.К. Максвелл "Избранные сочинения по теории электромагнитного поля" / Пер.; Под ред. П.С. Кудрявцева. – М.: Изд-во техн.-теор лит-ры, 1964. – С. 10-88.
2. Максвелл Дж.К. О физических силовых линиях (см. [1, с. 105-193]).
3. Максвелл Дж.К. Динамическая теория электромагнитного поля (см. [1, с. 219-344]).

4. **Фарадей М.** Избранные сочинения по электричеству. – М.: Изд-во АН СССР, 1947.
5. **Фарадей М.** Экспериментальные исследования по электричеству. – М.: Изд-во АН СССР, 1949.
6. **Стрэттон Дж.А.** Теория электромагнетизма. – М. – Л.: Гос. изд-во техн.-теор. лит-ры, 1948. – 540с.
7. **Арамян М.А., Арамян А.М.** К электродинамике движущихся зарядов // Вестник ГИУА: Сборник научных статей. – 2002. – Т. 1. – С. 97-99.
8. **Арамян М.А., Арамян А.М.** К теории электродинамики Максвелла // Вестник Инженерной академии Армении. – 2004. – Т. 1, №1 – С. 27-36.
9. **Арамян М.А., Арамян А.М.** О методе исследования электромагнитного поля // Известия НАН РА и ГИУА. Сер. Техн. науки. – 2005. – Т. 56, №1. – С. 89-102.
10. **Арамян М.А., Арамян А.М.** О методе исследования электромагнитного поля // Электричество. – 2006. – №3. – С. 54-59.
11. **Арамян М.А., Арамян А.М.** О временных функциях теории электромагнитного поля // Вестник ГИУА (Политехник): Сборник научных и методических статей. – Ереван, – Т. 2, №1. – С. 130-133.
12. **Максвелл Дж.К.** Размерности электрических единиц (см. [1, с. 456-504]).
13. **Максвелл Дж.К.** Сравнение электростатических единиц с электромагнитными (см. [1, с. 526-549]).

Մ.Ա. ԱՐԱՄՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԻՑ ԱՐՏԱԾՎՈՂ ՀԵՏԵՎՈՒԹՅՈՒՆ

Մաքսվելի էլեկտրամագնիսական դաշտի տեսությունից կարելի է արտածել մագնիսական վեկտորական պոտենցիալի մեծության ժամանակային ֆունկցիաներն էլեկտրական $A = Et$ և մագնիսական $A = Bl$ դաշտերի միջև: Մաքսվելի էլեկտրամագնիսական դաշտի հավասարումների լրիվ համակարգի նմանակով դրանք սկզբնական և եզրային պայմանների առկայության դեպքում թույլ են տալիս լուծել ցանկացած էլեկտրամագնիսական խնդիր:

Առանցքային բաներ. էլեկտրամագնիսական դաշտի տեսություն, ժամանակային ֆունկցիաներ, էլեկտրամագնիսական խնդիրներ:

M.A. ARAMYAN

CONSEQUENCES CAUSED BY THE THEORY OF ELECTROMAGNETIC FIELD

From the theory of Maxwell electromagnetic field, time functions can be derived between the values of the magnetic vector potential and electric $A = Et$ and the magnetic $A = Bl$ fields. These functions are similar to the full system of Maxwell's equations, and for the given initial and boundary conditions, allow to solve any electromagnetic problem.

Keywords: theory of electromagnetic field, time functions, electromagnetic problems.