

А.О. Ткаченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ ЗАМЫКАНИИ ЭКРАНОВ КАБЕЛЕЙ, ВЫЗВАННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТЬЮ ПЛОТНОСТИ ТОКА В ЭКРАНАХ

У роботі визначена відносна похибка аналітичного розрахунку індукції магнітного поля трифазного кабельної лінії, обумовлена нерівномірністю щільності струму в екранах одножильних кабелів. Похибка отримана шляхом порівняння чисельного розрахунку в програмному середовищі COMSOL Multiphysics з аналітичним методом розрахунку. Показано, що максимальне значення похибки не перевищує 8 %. Отримані значення похибки верифіковані шляхом тестування чисельного розрахунку та підтверджені результатами експерименту. Обґрунтовано коректність аналітичного розрахунку магнітного поля кабельних ліній в точках його нормування при двохсторонньому замиканні екранів кабелів, що виконується без урахування нерівномірності щільності струму в екранах кабелів. Бібл. 13, рис. 4, табл. 2.

Ключові слова: кабельна лінія, екран кабелю, двохстороннє заземлення, магнітне поле, похибка розрахунку.

В работе определена относительная погрешность аналитического расчета индукции магнитного поля трехфазной кабельной линии, обусловленная неравномерностью плотности тока в экранах одножильных кабелей. Погрешность получена путем сравнения численного расчета в программной среде COMSOL Multiphysics с аналитическим методом расчета. Показано, что максимальное значение погрешности не превышает 8 %. Полученные значения погрешности верифицированы путем тестирования численного расчета и подтверждены результатами эксперимента. Обоснована корректность аналитического расчета магнитного поля кабельных линий в точках его нормирования при двухстороннем замыкании экранов кабелей, выполняемого без учета неравномерности плотности тока в экранах кабелей. Библ. 13, рис. 4, табл. 2.

Ключевые слова: кабельная линия, экран кабеля, двухстороннее заземление, магнитное поле, погрешность расчета.

Введение. Задача расчета действующего значения индукции магнитного поля (МП) высоковольтных кабельных линий (КЛ), состоящих из одножильных кабелей [1, 2], возникает при их проектировании и необходима для ограничения МП по трассам КЛ до предельно допустимого уровня. В Украине этот уровень регламентируется нормативными документами [3, 4] и для жилой застройки составляет 10 мкТл над КЛ, на высоте 0,5 м от поверхности земли, и 0,5 мкТл в близлежащих жилых помещениях.

Определенную сложность представляет расчет индукции МП КЛ при двухстороннем заземлении [4], приводящем к двухстороннему замыканию экранов кабелей КЛ и индуцированию в них продольных токов [5, 6]. Известные инженерные методики расчета МП КЛ [1, 4, 5], для таких случаев, основаны на численных методах. При использовании этих методик, результаты расчета представляются в виде таблиц с ограниченным количеством дискретных значений расчетных величин, что вызывает трудности в их практическом применении при проектировании КЛ.

В [7] предложена аналитическая методика расчета МП КЛ при двустороннем замыкании собственных экранов кабелей, свободная от указанных выше недостатков, и позволяющая проводить расчет при любых параметрах КЛ. Однако эта методика не учитывает влияние на МП КЛ эффекта близости [8, 9], вызывающего неравномерность плотностей продольных токов в экранах кабелей КЛ, описание которых аналитически затруднительно. В связи с этим возникает задача определения погрешности аналитического расчета МП КЛ.

Целью работы является определение относительной погрешности аналитического расчета индукции МП трехфазных высоковольтных КЛ в точках ее

нормирования, обусловленной неравномерностью плотности тока в экранах кабелей КЛ при их двухстороннем замыкании.

Методика исследований. Искомую относительную погрешность ε аналитического расчета индукции МП КЛ определим как

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{B}{B_{num}} \right| \cdot 100\%, \quad (1)$$

где B – рассчитанное аналитически действующее значение магнитной индукции, без учета неравномерности плотности тока в экранах кабелей; B_{num} – точное действующее значение магнитной индукции, определенное с учетом неравномерности плотности тока.

Для определения B_{num} используется численный расчет, имеющий верифицированную относительную погрешность, которая существенно меньше погрешности, допустимой в инженерных расчетах.

Расчет магнитной индукции проводится для реальных высоковольтных КЛ [1, 4] в точке нормирования P для схем прокладки треугольником и в плоскости (рис. 1). Значение h изменяется от 0,5 м до 2 м с шагом 0,5 м, с учетом [3, 4]. При этом расстояние между осями кабелей КЛ d варьируется от 0,1 м до 0,3 м с шагом 0,1 м. Диаметр экранов кабелей D равен 55 мм и 70 мм, сечение экранов S – 100 мм², 200 мм² и 300 мм².

Численный расчет значений B_{num} . Для расчета B_{num} используется программный пакет *COMSOL Multiphysics* [10], относительная погрешность которого верифицирована в [5] при решении аналогичной задачи и не превышает 1 %. Расчетная модель, в отличие от [5], выполнена в соответствии с [11] и позволяет находить распределение индукции МП трех-

фазной КЛ с учетом неравномерности распределения плотности тока в экранах с меньшей погрешностью.

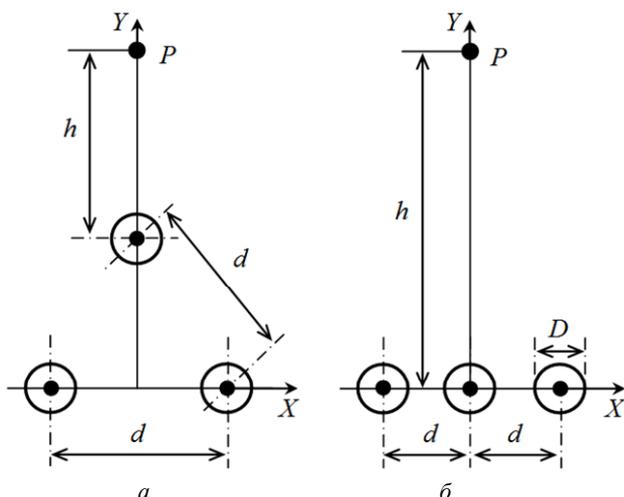


Рис. 1

При расчете приняты следующие допущения:

- 1) кабели КЛ бесконечно длинные и уложены параллельно друг другу;
- 2) КЛ работает в установившемся режиме, токи в жилах имеют частоту 50 Гц, равны по величине и сдвинуты по фазе друг относительно друга на 120° .

При этом МП КЛ является плоскопараллельным, что позволяет решать задачу в двухмерной постановке (рис. 2).

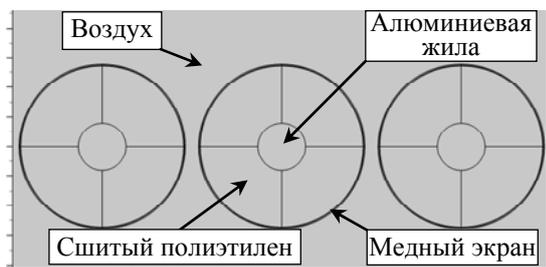


Рис. 2

Теоретической основой для описания принятой расчетной модели МП является уравнение закона полного тока в квазистационарном приближении [8, 12]. Принимая во внимание связь векторного потенциала с напряженностью магнитного поля и учитывая, что векторный потенциал имеет только одну ненулевую компоненту, это уравнение принимает вид:

$$\frac{\partial^2 \dot{A}_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \dot{A}_z}{\partial y^2} - j\mu_0\omega\sigma \dot{A}_z = 0,$$

где \dot{A}_z – комплексная амплитуда компоненты векторного потенциала электромагнитного поля по оси Z, направленной параллельно КЛ; j – мнимая единица; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; $\omega = 2\pi \cdot 50$ с⁻¹ – циклическая частота тока; σ – проводимость среды для которой записывается уравнение ($\sigma_{Al} = 3,8 \cdot 10^7$ См/м, $\sigma_{Cu} = 5,0 \cdot 10^7$ См/м, $\sigma_{air} = 0$ См/м).

При расчете используем интерфейс «Magnetic Fields», который входит в «AC/DC Module» [10] программного пакета. При построении двухмерной модели в декартовой системе координат для опции «Space Dimension» задавался вариант «2D».

Расчетная область представляет собой окружность диаметром $L=6$ м. Внутри неё находится КЛ и воздушное пространство. Для уменьшения размера расчетной области на периферии окружности располагается слой «Infinite element domains» толщиной $L/3$.

Расчетная модель каждого из трех кабелей состоит из алюминиевой жилы и медного экрана (рис. 2). Поскольку электрические проводимости внешней среды и сшитого полиэтилена пренебрежимо малы по сравнению с проводимостью экрана, их влияние на распределение плотности тока в экранах не учитывается.

Ток в каждой жиле КЛ задается при помощи функционала «Single-Turn Coil» в меню «Magnetic Fields». Для опции «Coil excitation» выбран вариант «Current», для которого:

$$\dot{i}_k^c = I_0 e^{j\phi_k},$$

где I_0 – амплитуда тока в жилах; $\phi_k = \{-2\pi/3, 0, 2\pi/3\}$ – фаза тока в жиле кабеля; $k = 1, 3$ – номер кабеля.

На границах раздела сред с разными электрофизическими свойствами выполняются следующие условия:

$$\begin{cases} \dot{A}_z^i = \dot{A}_z, \\ \frac{\partial \dot{A}_z^i}{\partial n} = \frac{\partial \dot{A}_z}{\partial n}, \end{cases}$$

где n – единичный вектор нормали к поверхности границы раздела сред; верхний индекс i указывает на проводящую среду.

В области экранов использована сетка типа «Mapped» (рис. 3, б). Вдоль толщины экран разбивается на 20 элементов, а по периметру – на 200. В остальных областях используется сетка типа «Free Triangular» (рис. 3, а). Плотность сетки – «Extremely fine», минимальный размер элемента равняется $1/40$ диаметра жилы кабеля.

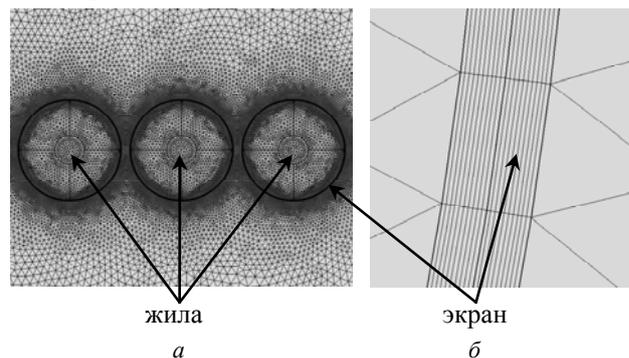


Рис. 3

Результатом расчета является распределение \dot{A}_z . Учитывая, что комплексные амплитуды магнитной индукции равны $\dot{B}_x = \partial \dot{A}_z / \partial y$ и $\dot{B}_y = -\partial \dot{A}_z / \partial x$, выражение для действующего значения магнитной индукции КЛ принимает вид:

$$B_{num} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left| \frac{\partial \dot{A}_z}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial \dot{A}_z}{\partial x} \right|^2}.$$

Стоит отметить, что предложенная расчетная модель применима для произвольного способа прокладки кабелей.

Верификация численного расчета выполнена путем сравнения с решениями, получаемыми при двукратном увеличении размера расчетной области и использовании более густой сетки. При этом погрешность расчета не превышает 0,5 %. Результаты расчета также совпадают с данными эксперимента [5].

Аналитический расчет значений B . Методика аналитического расчета МП КЛ предложена в [7]. При получении расчетных соотношений в ней использованы те же допущения, что и для рассмотренного выше численного расчета, но распределение плотности тока в экранах каждого из кабелей КЛ полагалось равномерным.

В качестве расчетного используем следующее соотношение, полученное из [7] путем перехода от комплексной амплитуды магнитной индукции к её действительному значению B :

$$B = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left| \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=1}^3 (j_k^c + j_k^{sh}) \left(\frac{-(y-y_k)}{(x-x_k)^2 + (y-y_k)^2} \right)^2 + \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=1}^3 (j_k^c + j_k^{sh}) \left(\frac{x-x_k}{(x-x_k)^2 + (y-y_k)^2} \right)^2 \right|}, \quad (2)$$

где j_k^c и j_k^{sh} – соответственно, комплексные амплитуды токов в жиле и экране k -ого кабеля; (x, y) – координаты точки P , в которой вычисляется МП (рис. 1); (x_k, y_k) – координаты оси k -ого кабеля; $k = \overline{1,3}$ – номер кабеля.

Значения токов в (2) определяются следующим образом. Для случая прокладки кабелей КЛ в плоскости (рис. 1,б) токи в жилах образуют систему прямой последовательности, и токи в экранах определяются следующими соотношениями [7, 13]:

$$j_1^{sh} = -j_1^c \cdot \frac{Q \cdot \ln 2\Delta \cdot \ln \frac{\Delta^3}{2} + \sqrt{3} \ln 2 - j \ln 4\Delta^3}{Q \cdot \ln 2\Delta \cdot \ln \frac{\Delta^3}{2} - \frac{3}{Q} - 2j \ln 2\Delta^3},$$

$$j_2^{sh} = -j_2^c \cdot \frac{jQ \ln \frac{\Delta^3}{2}}{3 + jQ \ln \frac{\Delta^3}{2}}, \quad (3)$$

$$j_3^{sh} = -j_3^c \cdot \frac{Q \cdot \ln 2\Delta \cdot \ln \frac{\Delta^3}{2} - \sqrt{3} \ln 2 - j \ln 4\Delta^3}{Q \cdot \ln 2\Delta \cdot \ln \frac{\Delta^3}{2} - \frac{3}{Q} - 2j \ln 2\Delta^3},$$

где $Q = \frac{\mu_0 \omega}{2\pi R}$ и $\Delta = \frac{d}{r}$ – производные безразмерные параметры КЛ; R – сопротивление единицы длины экрана кабеля, Ом/м; d – межфазное расстояние (расстояние между осями соседних кабелей), м; r – радиус экрана, м.

В случае прокладки кабелей КЛ треугольником (рис. 1,а) расчетное соотношение для токов в экранах имеет более компактный вид [7, 13]:

$$j_k^{sh} = -j_k^c \cdot \frac{jQ \ln \Delta}{1 + jQ \ln \Delta}. \quad (4)$$

Следовательно, B рассчитывается аналитически при помощи выражения (2) с подстановкой в него (3) или (4), для кабелей с прокладкой, соответственно, в плоскости или треугольником.

Анализ погрешности аналитического расчета.

На рис. 4 представлены результаты расчета значений B (аналитический расчет) и B_{num} (численный расчет) по предложенным методикам при токе КЛ 1000 А. Расчет магнитной индукции выполнен в зависимости от расстояния h до точки наблюдения P (рис. 1) для случая максимальной неравномерности плотности тока в экранах кабелей. При этом, диаметр экрана максимален $D=70$ мм [4], сечение экрана составляет $S=300$ мм² и кабели проложены впрыток $d=0,1$ м. Как видно из рис. 4, разброс результатов аналитического и численного расчета незначителен.

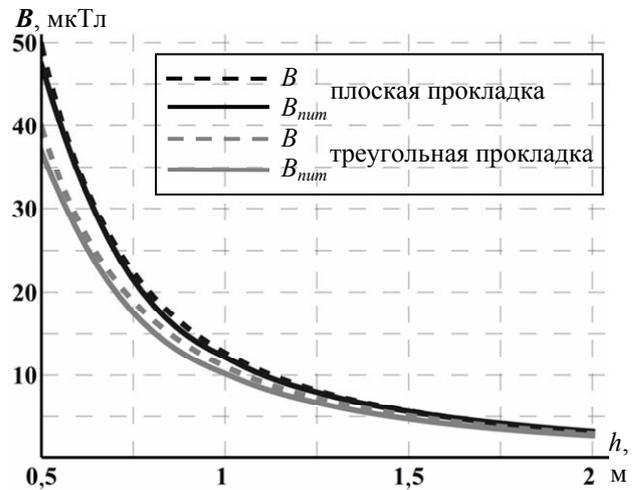


Рис. 4

Для количественной оценки погрешности аналитического расчета, в табл. 1 и 2 представлены результаты расчета значения ε (1) для реальных высоковольтных КЛ [4].

Как следует из табл. 1 и 2, максимальная погрешность аналитического расчета МП составляет 7,9 % при прокладке КЛ треугольником и 4,8 % при прокладке КЛ в плоскости, и имеет место при минимальном значении $d(0,1$ м), максимальных значениях $D(70$ мм) и $S(300$ мм²). Этот случай соответствует плотной прокладке кабелей, которая зачастую неприемлема, так как может вызвать ограничение пропускной способности КЛ по току. При увеличении d до 0,2 м, значения ε не превышают 2,5 %.

Полученные результаты расчета с разбросом не более 5 % согласуются с результатами экспериментальных исследований МП КЛ, выполненных в [5].

Таким образом, относительная погрешность ε аналитического расчета МП КЛ для типоразмеров высоковольтных кабелей не превышает 8 %, что подтверждает корректность принятого в нем допущения о равномерности плотности тока в каждом из экранов кабелей при инженерном расчете МП КЛ.

Таблица 1

Значения ϵ , % при прокладке кабелей КЛ треугольником

h , м	d , м	Диаметр экрана D , мм					
		55			70		
		Сечение экрана S , мм ²					
		100	200	300	100	200	300
0,5	0,1	1,0	2,7	4,3	1,6	4,8	7,9
	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4	1,0	1,5
	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
1,0	0,1	1,0	2,8	4,3	1,6	4,8	7,9
	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4	1,0	1,5
	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
1,5	0,1	1,0	2,7	4,3	1,6	4,8	7,9
	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4	1,0	1,5
	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
2,0	0,1	1,0	2,7	4,3	1,6	4,8	7,9
	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4	1,0	1,5
	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5

Таблица 2

Значения ϵ , % при прокладке кабелей КЛ в плоскости

h , м	d , м	Диаметр экрана D , мм					
		55			70		
		Сечение экрана S , мм ²					
		100	200	300	100	200	300
0,5	0,1	1,5	2,5	3,0	2,0	3,8	4,8
	0,2	1,1	1,5	1,6	1,2	1,8	2,1
	0,3	1,1	1,2	1,3	1,1	1,4	1,6
1,0	0,1	0,6	1,3	1,5	1,1	2,6	3,2
	0,2	0,9	1,2	1,3	1,0	1,5	1,7
	0,3	1,0	1,1	1,2	1,0	1,4	1,5
1,5	0,1	0,8	0,7	0,9	0,2	0,7	0,8
	0,2	0,5	0,6	0,6	0,6	0,9	1,0
	0,3	0,8	0,9	0,9	0,8	1,1	1,2
2,0	0,1	2,1	2,6	3,2	2,0	1,8	2,3
	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8

Выводы.

1. Максимальное значение погрешности аналитического расчета магнитного поля не превышает 7,9 % для прокладки кабелей треугольником и 4,8 % для прокладки кабелей в плоскости, и возникает при максимальном диаметре и сечении экранов кабелей (70 мм и 300 мм²), и минимальном расстоянии между осями жил кабелей (0,1 м).

2. Полученные значения погрешности верифицированы путем тестирования численного расчета, выполненного в программной среде *COMSOL Multiphysics* (погрешность менее 0,5 %), и сравнением результатов с экспериментом.

3. Представленный анализ подтверждает корректность аналитического расчета индукции магнитного поля кабельных линий в точках ее нормирования без учета эффекта близости, вызывающего неравномерность плотности тока в экранах кабелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ-Н ЕЕ 20.179:2008. Розрахунок електричного і магнітного полів ліній електропередавання. Методика (зі змінами). – Київ: Міненерговугілля України, 2016. – С. 37.
2. Розов В.Ю., Реуцкий С.Ю., Пилигина О.Ю. Метод расчета магнитного поля трехфазных линий электропередачи // Технічна електродинаміка. – 2014. – №5. – С. 11-13.
3. Правила улаштування електроустановок. Вид. 5-те, перероб. й доп. – Х.: Міненерговугілля України, 2014. – 793 с.
4. СОУ-Н-МЕВ40.1-37471933-49:2011.2. Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ: Настанова (зі змінами). – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 139 с.
5. Розов В.Ю., Квицинский А.А., Добродеев П.Н., Гринченко В.С., Ерисов А.В., Ткаченко А.О. Исследование магнитного поля трехфазных кабельных линий из одножильных кабелей при двустороннем заземлении их экранов // Электротехніка і електромеханіка. – 2015. – № 4. – С. 56-61. doi: 10.20998/2074-272X.2015.4.11.
6. Ковригин Л.А. Продольные токи в экранах одножильных кабелей // Кабель – news. – 2009. – №3. – С. 56-58.
7. Розов В.Ю., Ткаченко А.О., Ерисов А.В., Гринченко В.С. Аналитический расчет магнитного поля трехфазных кабельных линий при двустороннем замыкании собственных экранов кабелей // Технічна електродинаміка. – 2017. – №2. – С. 13-18.
8. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 3. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 377 с.
9. Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н. Мультифизическое моделирование в электротехнике: Монография. – Киев: Ин-т электродинамики НАН Украины, 2015. – 305 с.
10. <https://www.comsol.com/models/acdc-module>
11. Гринченко В.С., Чунихин К.В., Ткаченко А.О. Расчет экранных токов в трехфазных кабельных линиях с треугольным расположением фаз // Тезисы докладов XXIV межд. науч.-практ. конф. «Информ. технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2016), Ч.2. 18-20 мая 2016 г., Харьков, НТУ «ХПИ», 324 с.
12. del-Pino-López J.C., Cruz-Romero P., Serrano-Iribarnegaray L. and Martínez-Román J. Magnetic field shielding optimization in underground power cable duct banks. *Electric Power Systems Research*, 2014, vol. 114, pp. 21-27. doi: 10.1016/j.epsr.2014.04.001.
13. Grinchenko V., Tkachenko O. and Grinchenko N. Improving calculation accuracy of currents in cable shields at double-sided grounding of three-phase cable line. *Electrical engineering & electromechanics*, 2017, no.2, pp. 39-42. doi: 10.20998/2074-272X.2017.2.06.

REFERENCES

1. SOU-N EE 20.179:2008. *Rozrakhunok elektrychnoho i mahnitnoho poliv linii elektroperedavannia. Metodyka* [Calculation of the electric and magnetic fields of power line. Method]. Kyiv, Minenergovugillya of Ukraine Publ., 2016, 34 p. (Ukr).
2. Rozov V.Yu., Reutskiy S.Yu., Piliugina O.Yu. The method of calculation of the magnetic field of three-phase power lines. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 2014, no.5, pp. 11-13. (Rus).
3. *Pravila ulashtuvannya electroustanovok* [Electrical installation regulations]. 5th ed. Kharkiv, Minenergovugillya of Ukraine, 2014. 793 p. (Ukr).
4. SOU-N MEV 40.1-37471933-49:2011.2. *Proektuvannia kabelnykh linii napruhoiu do 330 kV. Nastanova* [Design of

- cable lines with voltage up to 330 kV. Guidance]. Kyiv, Minenergovugillya of Ukraine Publ., 2017, 139 p. (Ukr).
5. Rozov V.Yu., Kvytsynskiy A.A., Dobrodeyev P.N., Grinchenko V.S., Erisov A.V. and Tkachenko O.O. Study of the magnetic field of three phase lines of single core power cables with two-end bonding of their shields. *Electrical engineering & electromechanics*, 2015, no.4, pp. 56-61. (Rus). doi: **10.20998/2074-272X.2015.4.11.**
 6. Kovrigin L.A. The longitudinal currents in the screens of the single-core cables. *Kabel-news*, 2009, no.3, pp. 56-58. (Rus).
 7. Rozov V.Yu., Tkachenko O.O., Erisov A.V. and Grinchenko V.S. Analytical calculation of magnetic field of three-phase cable lines with two-point bonded shields. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 2017, no.2, pp. 13-18 (Rus).
 8. Demirchyan K., Neiman L., Korovkin N. and Chechurin V. *Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki: V 3 t.* [Theoretical Basis of Electrical Engineering: in 3 vols.]. Saint Petersburg: Piter, vol.3, 2003, 377 p. (Rus).
 9. Podoltsev A., Kucheryavaya I. *Multifizicheskoe modelirovanie v elektrotehnike. Monografiya* [Multi-physical modeling in electrical engineering. Monograph]. Kyiv: Inst. of Electrodynamics of NAS of Ukraine, 2015, 305 p. (Rus).
 10. <https://www.comsol.com/models/acdc-module>
 11. Grinchenko V.S., Tkachenko O.O. and Chunikhin K.V. Calculation of shield currents in three-phase cable lines with a trefoil arrangement of phases. *Anotatsii dopovidei 24 Mizhn. nauk.-prakt. konf. "Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ia"* [Abstracts of 24th Int. Sci.-Pract. Conf. "Information technology: science, engineering, technology, education and health"]. Kharkiv, Ukraine, 2016, 18-20 May, 324 p. (Rus).
 12. del-Pino-López J.C., Cruz-Romero P., Serrano-Iribarnegaray L. and Martínez-Román J. Magnetic field shielding optimization in underground power cable duct banks. *Electric Power Systems Research*, 2014, vol. 114, pp. 21-27. doi: **10.1016/j.epsr.2014.04.001.**
 13. Grinchenko V.S., Tkachenko O.O. and Grinchenko N.V. Improving calculation accuracy of currents in cable shields at double-sided grounding of three-phase cable line. *Electrical engineering & electromechanics*, 2017, no.2, pp. 39-42. doi: **10.20998/2074-272X.2017.2.06.**

Поступила (received) 31.03.2017

Ткаченко Александр Олегович, аспирант,
Государственное учреждение «Институт технических
проблем магнетизма Национальной Академии Наук Украины»,
61106, Харьков, ул. Индустриальная, 19,
тел/phone +380 572 992162,
e-mail: oleksandr.tk7@gmail.com

O.O. Tkachenko

State Institution «Institute of Technical Problems
of Magnetism of the NAS of Ukraine»,
19, Industrialna Str., Kharkiv, 61106, Ukraine.

Determination of analytical calculation error of magnetic field of high-voltage cable lines with two-point bonded cable shields caused by non-uniform current distribution in the shields.

This paper deals with the determination of analytical calculation error of magnetic field of high-voltage cable lines in two-point bonded cable shields caused by non-uniformity of the current distribution in the shields. The relative error is determined by comparing numerical calculation of magnetic field obtained in the COMSOL Multiphysics software with the analytical one. It is shown that the maximum value of relative error does not exceed 8 %. The obtained error values are verified by testing the numerical calculation and confirmed by results of experiment. In paper proves the correctness of the analytical calculation of magnetic field of cable lines at the points of its normalization, which is carried out without taking into account the non-uniform current distribution in the cable shields. References 13, tables 2, figures 4.

Key words: cable line, cable shield, bonded shields, magnetic field, calculation error.