

Calculation of the Electric Field and of the Parameters Of Controlled Self Compensating Power Lines 110 kV Line Using the Finite Volume Method

Patsyuk V., Berzan V., Ribacova G., Anisimov V.

Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of Moldova
Chisinau, Republic of Moldova

Abstract. The problem of calculating the electric field of the 110kV transmission line of CSCPL (Controlled Self Compensating Power Lines) type is studied. Proceeding from the known characteristics of the electric field for a given geometry, we calculate the inductance and capacitance per unit length assuming that the potential of wiring phase is defined by the system of equations for voltage taking into account the phase shift in time. We consider the electric line with horizontal wires. The electric field distribution is calculated for the domain bounded by a square with sides 100x100 m, on the boundaries of which the potential is assumed zero. To obtain a numerical solution of formulated Dirichlet problem the considered domain $\bar{\Omega} = \Omega + \Gamma$ is divided into a finite set of small triangles. As the approximate solution of the problem, we consider the piecewise linear function $u_h(x, y)$, which must be continuous in $\bar{\Omega}$ and linear on each triangle $K \in T_h$. To calculate the electric fields when changing the phase shifting angle for voltages of closely spaced wires in the range $0^\circ - 180^\circ$ and for different time moments, we apply the finite volume method. The results of numerical calculation of the parameters of potential repartition for different values of time and of phase shift for the 110 kV line of CSCPL type are represented.

Keywords: electric line, conductors close, finite volume method, the repartition of electric field, line parameters.

Calcularea câmpului electric și a parametrilor liniei de tip LEDA 110 kV cu metoda volumelor finite

Pațuc V., Berzan V., Ribacova G., Anisimov V.

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei
Chisinau, Republica Moldova

Rezumat. În lucrare se examinează problema calculării câmpului electric al liniei electrice aeriene de tipul LEDA 110kV. Se consideră, ca dacă cunoaștem caracteristicile câmpului electric pentru geometria dată avem posibilitatea să calculăm valorile lineică ale capacității și inductivității liniei din condiția, că potențialul conductoarelor este determinat de un ansamblu de valori ale tensiunii sistem, ținând cont de decalajul de fază ale vectorilor de tensiune în timp. Se examinează linia electrică cu amplasarea orizontală a conductoarelor. Repartiția câmpului electric se determină pentru domeniul limitat de un pătrat cu laturile de 100x100 m, la hotarele căruia se consideră că potențialul are valoarea nulă. Pentru obținerea soluției numerice a problemei formulate Dirichlet vom prezenta domeniul $\bar{\Omega} = \Omega + \Gamma$ printr-un ansamblu de triunghiuri mici. În calitatea de soluție aproximativă a problemei formulate vom examina funcția liniară pe porțiuni, $u_h(x, y)$, care trebuie să fie continuă în domeniul $\bar{\Omega}$ și liniară pe fiecare triunghi $K \in T_h$. Pentru calcularea câmpurilor la varierea unghiului decalajului de fază a tensiunilor conductoarelor fazelor apropiate în banda $0-180^\circ$ și diferitor valori de timp discretizat pe perioada unde fundamentale a tensiunii s-a utilizat metoda volumelor finite. În lucrare sunt prezentate rezultatele calculelor numerice a caracterului repartiției potențialului în câmpul liniei pentru diferite valori de timp și a decalajului de fază a vectorilor tensiunilor aplicate la conductoarele fazelor apropiate a liniei de tip LEDA 110 kV.

Cuvinte cheie: linie electrică, conductoare apropiate, metoda volumelor finite, repartiția câmpului electric, parametrii liniei.

Расчет электрического поля и параметров линии управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий 110 кВ методом конечных объемов

Пацюк В.И., Берзан В.П., Рыбакова Г.М., Анисимов В.К.

Институт энергетики Академии наук Молдовы
Кишинев, Республика Молдова

Аннотация. В работе рассматривается задача расчета электрического поля линии электропередач со сближенными фазами (УСВЛ) напряжением 110 кВ. Зная характеристики электрического поля для заданной геометрии, вычисляются погонные емкости и индуктивности при условии, что потенциал проводов фаз определяется системой уравнений для напряжения при учете их временного сдвига фаз.

Рассматривается электрическая линия с горизонтальным расположением проводов. Распределение электрического поля выполняется для расчетной области, ограниченной квадратом со сторонами 100×100 м, на границах которого потенциал полагается нулевым. Для численного решения сформулированной задачи Дирихле разобьем область $\bar{\Omega} = \Omega + \Gamma$ на конечное множество малых треугольников. В качестве приближенного решения задачи рассматривается кусочно-линейная функция $u_h(x, y)$, которая должна быть непрерывной в области $\bar{\Omega}$ и линейной на каждом треугольнике $K \in T_h$. Для вычисления полей при изменении фазового сдвига напряжений сближенных фаз в диапазоне $0-180^\circ$ и для различных значений временной дискретизации на периоде использован метод конечных объемов. Приведены характеристики распределения электрического поля для различных моментов времени и значений фазового сдвига между векторами сближенных фаз линии типа УСВЛ 110 кВ.
Ключевые слова: электрическая линия, сближенные провода, метод конечных объемов, распределение электрического поля, параметры линии.

Введение

Линии электропередач являются одним из видов электротехнического оборудования, которое эксплуатируется в нормальных режимах в среде электрических и магнитных полей, причем эти поля созданы самой линией. Структура этих полей достаточно сложна. Кроме того, влияние полей распространяется не только на параметры и характеристики линии, но и на окружающую среду. Отметим также и экономическую сторону, которая определяет уровень затрат при строительстве и эксплуатации линии.

Для улучшения технико-экономических показателей разработаны различные конструкции линии [1,2], которые имеют и различные параметры. Например, к таким линиям относятся компактные ВЛ, компактные управляемые ВЛ в одноцепном и двухцепном исполнении. Компактные двухцепные ВЛ могут быть выполнены таким образом, чтобы в них осуществлялось не только внешнее (вход – выход) регулирование параметров режимов, а также внутреннее регулирование параметров – собственных линии [3,4]. Такие ВЛ получили название управляемых самокомпенсирующихся (УСВЛ).

Фундаментальным вопросом практического применения новых конструкций линий является определение их параметров. Для этого разработаны много методов [5-11], которые имеют в своей основе законы электротехники. Определение параметров линии наиболее точно выполняется решением полевой задачи, но при этом принимается гипотеза о квазистационарности состояния поля.

В данной работе рассмотрим задачу расчета поля и погонных емкости и индуктивности при условии, что потенциал

проводов фаз определяется системой уравнений напряжения при учете их временного сдвига фаз.

1. Математическая постановка краевой задачи

Рассмотрим задачу определения двумерного распределения потенциала $u(x, y)$ электростатического поля в многосвязной области Ω , в которой абсолютная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon_a(x, y)$ принимает кусочно-постоянное значение. Такая формулировка является частным случаем трехмерной задачи для бесконечного в направлении оси z цилиндра с поперечным сечением Ω . Функция $u(x, y)$ внутри области Ω удовлетворяет уравнению Пуассона

$$\operatorname{div}(\varepsilon_a \operatorname{grad} u) = -\sigma(x, y) \quad (1)$$

где $\sigma(x, y)$ – плотность распределения свободных зарядов. Если в области Ω таковые отсутствуют, то уравнение (1) превращается в уравнение Лапласа $\operatorname{div}(\varepsilon_a \operatorname{grad} u) = 0$. На границе $\Gamma = \partial\Omega$ области Ω значения $u(x, y)$ считаются известными

$$u(x, y)|_{\Gamma} = \mu(x, y). \quad (2)$$

Вектор напряженности поля \vec{E} определяется через потенциал u по формуле $\vec{E} = -\operatorname{grad} u$, а вектор электрического смещения $\vec{D} = \varepsilon_a \vec{E}$. На границах раздела разнородных сред выполняются условие непрерывности: $[u] = 0$ и $[(\vec{D}, \vec{n})] = 0$, где

квадратными скобками обозначена разность предельных значений слева и справа от границы раздела, а \vec{n} – вектор нормали к ней. Задача решается методом конечных объемов, подробно описанным в монографии [10].

Полагаем, что фазовые углы напряжений изменяются в пределах $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = 0 \div 180^\circ$. В качестве переменной будет время t , значение которого будем изменять дискретно с шагом Δt в интервале $0 \leq t \leq 20ms$. Потенциал проводов будет определяться мгновенными значениями напряжений $u_A(t), u_B(t), u_C(t)$ для принятых значений переменной t . $U_m = 89,65 kV = 89650V$, а ток $I_m = 425,8 A$, $\omega = 2\pi f = 2\pi 50 = 314$. Расчет будет выполняться как для стационарного режима, но при различных соотношениях мгновенных фазных напряжений, соответствующих шагу изменения времени $\Delta t = 2 \cdot 10^{-3} c$.

2. Построение дискретной модели методом конечных объемов

Для численного решения сформулированной задачи Дирихле разобьем область $\bar{\Omega} = \Omega + \Gamma$ на конечное множество малых треугольников. Все их вершины образуют дискретное множество узлов сетки, которая накладывается на континуум $\bar{\Omega}$. Сетка строится таким образом, чтобы стороны треугольников совпадали с границей раздела разнородных сред. Множество треугольников сетки обозначим как T_h , где h – максимальная длина всех сторон треугольников. Введем также дуальную сетку T_h^* , которая состоит из так называемых ячеек Вороного [10,11]. Вершины ячейки Вороного $K_{P_0}^*$ некоторого узла P_0 , обозначенные буквами Q_i , являются центрами окружностей, описанных около треугольников, имеющих в качестве вершины точку P_0 .

В качестве приближенного решения задачи (1), (2) будем рассматривать кусочно-линейную функцию $u_h(x, y)$, которая должна быть непрерывной в области $\bar{\Omega}$ и линейной на каждом треугольнике $K \in T_h$. Для решения поставленной задачи применим методологию, изложенную в работах [10,11].

Для каждого внутреннего узла сетки запишем уравнение вида

$$\alpha_0 u(P_0) + \sum_{i=1}^6 \alpha_i u(P_{i+1}) = -\sigma(P_0) S_0, \quad \text{а для}$$

граничных узлов используется условие (2). В результате получаем систему линейных алгебраических уравнений с симметричной матрицей. Следует отметить, что при решении прикладных задач число уравнений системы исчисляется тысячами или десятками тысяч. Однако каждое уравнение системы содержит всего несколько ненулевых элементов (обычно от 3 до 9), то итоговая матрица получается достаточно разреженной [11]. Для обращения матриц подобного (ленточного) типа обычно используется методы Гаусса или квадратного корня.

3. Построение потока вектора напряженности поля

Полученное в области $\bar{\Omega}$ решение $u_h(x, y)$ позволяет построить поле потока вектора напряженности $\vec{E} = (E_x, E_y) = -\text{grad } u$. Обозначим через V поток вектора \vec{E} , проходящий через площадку, параллельную оси z и на поверхности которой выполняется условие: $u(x, y) = \text{const}$. Функции u и V удовлетворяют уравнениям Коши-Римана

$$E_x = -\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial V}{\partial y}; \quad E_y = -\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial V}{\partial x}, \quad (3)$$

поэтому изолинии $u(x, y) = \text{const}$ и $V(x, y) = \text{const}$ образуют взаимно ортогональные семейства. Функция $V(x, y)$ может быть получена путем вычисления контурного интеграла от функции $u(x, y)$

$$V(x, y) = \int_{(x_0, y_0)}^{(x, y)} \left(\frac{\partial u}{\partial y} dx - \frac{\partial u}{\partial x} dy \right), \quad (4)$$

где x_0, y_0 – координаты произвольной точки из области Ω , а путь интегрирования расположен внутри нее. В случае многосвязной области путь интегрирования также не должен пересекать разрезы области, сводящей ее к односвязной структуре.

4. Определение погонной емкости и индуктивности

Емкость C между двумя проводящими телами вычисляется по формуле

$$C = \frac{q}{u_1 - u_2}, \quad (5)$$

где $(u_1 - u_2)$ – разность потенциалов этих тел. Заряд q тела, расположенного внутри некоторой трехмерной области V , вычисляется в соответствии с теоремой Гаусса как интеграл по поверхности $S = \partial V$ от вектора напряженности \vec{E}

$$q = \varepsilon \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = -\varepsilon \int_S \text{grad} u \cdot d\vec{S} = -\varepsilon \int_S (\text{grad} u \cdot \vec{n}) dS = -\varepsilon \int_S \frac{\partial u}{\partial n} dS. \quad (6)$$

Здесь S – произвольная поверхность, содержащая в себе заряженное тело; \vec{n} – вектор внешней нормали к ней; ε – диэлектрическая проницаемость.

Погонные индуктивности для системы проводов вычисляются по формулам из [9, §28.1]. В случае, когда поперечные размеры проводов весьма малы по сравнению с длиной контуров и по сравнению с расстоянием между ними погонные собственная L и взаимная M_{12} индуктивности вычисляются по формулам

$$L = \frac{\mu_0}{4\pi l_1} \int_0^{l_1} \int_0^{l_1} \frac{dx_1 dx_2}{r} + \frac{\mu_0}{8\pi},$$

$$M_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi l_1} \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} \frac{dx_1 dx_2}{r}. \quad (7) \quad (7)$$

Здесь r – расстояние между точками по осевой линии проводников с элементами dx_1 и dx_2 , $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная постоянная, $l_1 = l_2 = 1$ м. Для взаимной индуктивности элементы dx_1 и dx_2 принадлежат соответственно проводникам с номерами 1 и 2, а для собственной индуктивности элементы берутся на одном проводнике.

5. Численное решение задачи

5.1. Физическая постановка

Рассмотрим электрическую линию типа УСВЛ 110 кВ с горизонтальным

расположением проводов. На рис. 1 и 2 приведены геометрические размеры линии.

Расчетная область (рис. 1, 2) ограничивается квадратом 100×100 м, на границах которого потенциал полагается нулевым.

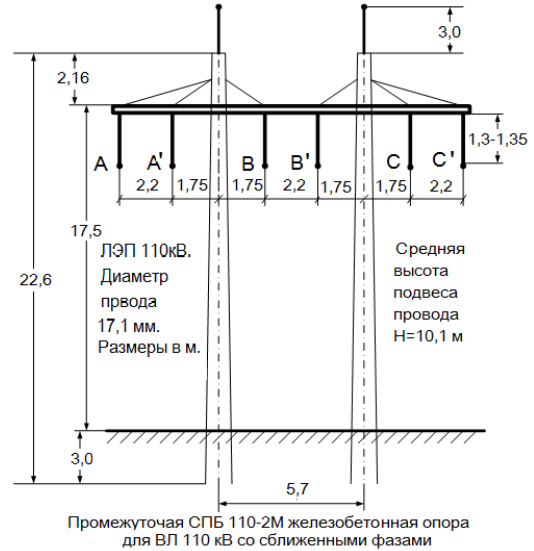


Рис. 1. Линия типа УСВЛ 110 кВ с защитными тросами

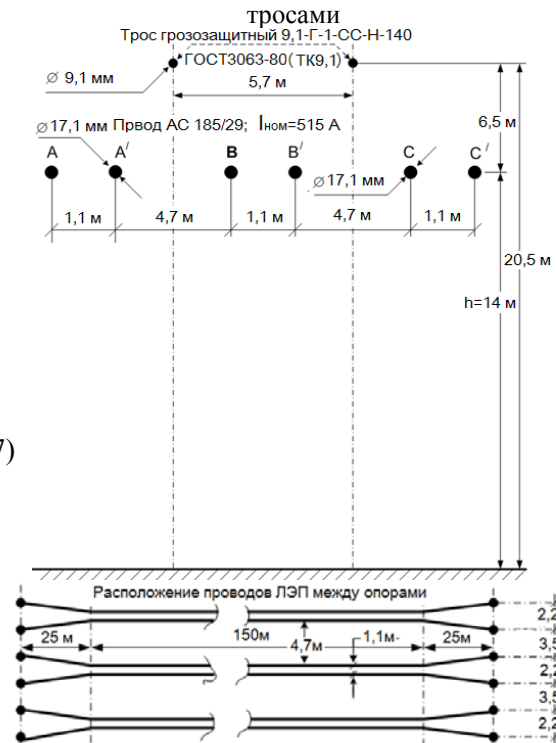


Рис.2. Эквивалентная схема для расчета электрического поля линии УСВЛ 110 кВ

Полагаем, что провода: 1- фаза А; 2-фаза В; 3-фаза С.

$$\begin{aligned}
 u_A &= U_{mA} \sin \omega t; \\
 u_B &= U_{mB} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}); \\
 u_C &= U_{mB} \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}); \\
 u_{A'} &= U_{mA} \sin(\omega t + \varphi_A); \\
 u_{B'} &= U_{mB} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \varphi_B); \\
 u_{C'} &= U_{mC} \sin(\omega t + -\frac{2\pi}{3} + \varphi_B).
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Амплитуды фазных напряжений равны: $U_m = \sqrt{2} \cdot 110kV / \sqrt{3} = 89,65kV$, фазовый угол $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = 0 \div 180^0$. Фазовый угол будем менять с выбранным шагом.

5.2. Расчет распределения электрического поля УСВЛ 110 кВ

С целью оптимизации количества узлов, как правило, используется неравномерная сетка со сгущением расчетных ячеек в окрестности проводов. На рис. 3 приведены примеры построения неравномерной сетки, шаг которой вблизи внешней границы равен 5м, а по мере приближения к проводу уменьшается до размера, сравнимого с радиусом провода. Общее количество узлов равняется 18455, а треугольных элементов – 36593. Решение задачи на процессоре с частотой 2 ГГц составило 200 мин.

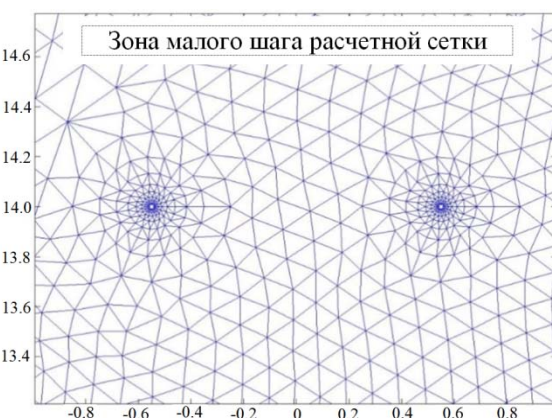
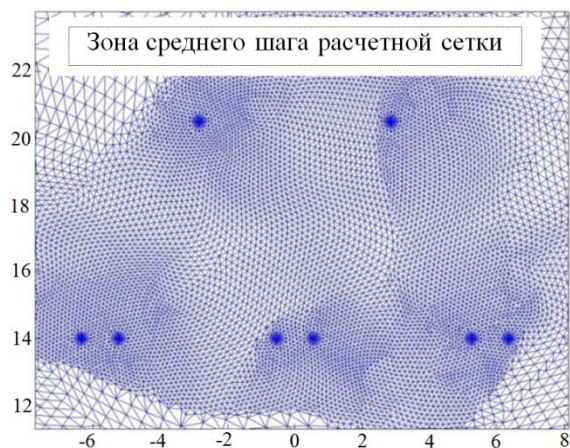
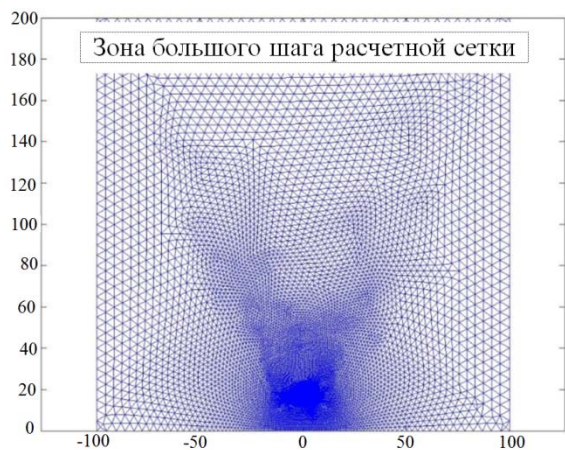


Рис.3. Построение расчетной сетки (приведена при увеличении разрешения)

На рис.4-6 изображены линии уровня потенциала в окрестности проводов на различные моменты времени (максимальные значения потенциала изображаются красным цветом, минимальные – синим). Значения потенциала на каждом из 6 проводов вычисляются по формулам (8).

В таблицах 1 и 2 приведены значения расчетных напряжений проводов линии, а на рис.4 и 5 распределение потенциала поля.

Таблица 1. Расчетные напряжения проводов линии при $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = 0$ и $t = \text{var}$.

t, c	U_A	$U_{A'}$	U_B	$U_{B'}$	U_C	$U_{C'}$
0.0	0.00	0.00	-77.8	-77.8	77.8	77.8
0.002	52.8	52.8	-89.3	-89.3	36.5	36.5
0.004	85.4	85.4	-66.8	-66.8	-18.7	-18.7
0.006	85.4	85.4	-18.7	-18.7	-66.8	-66.8

Таблица 2. Расчетные напряжения проводов линии при $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = 60^0$ и $t = \text{var}$.

t, c	U_A	$U_{A'}$	U_B	$U_{B'}$	U_C	$U_{C'}$
0.0	0.00	77.8	-77.8	-77.8	77.8	0.00
0.002	52.8	89.3	-89.3	-36.5	36.5	-52.8
0.004	85.4	66.8	-66.8	18.7	-18.7	-85.4
0.006	85.4	18.7	-18.7	66.8	-66.8	-85.4

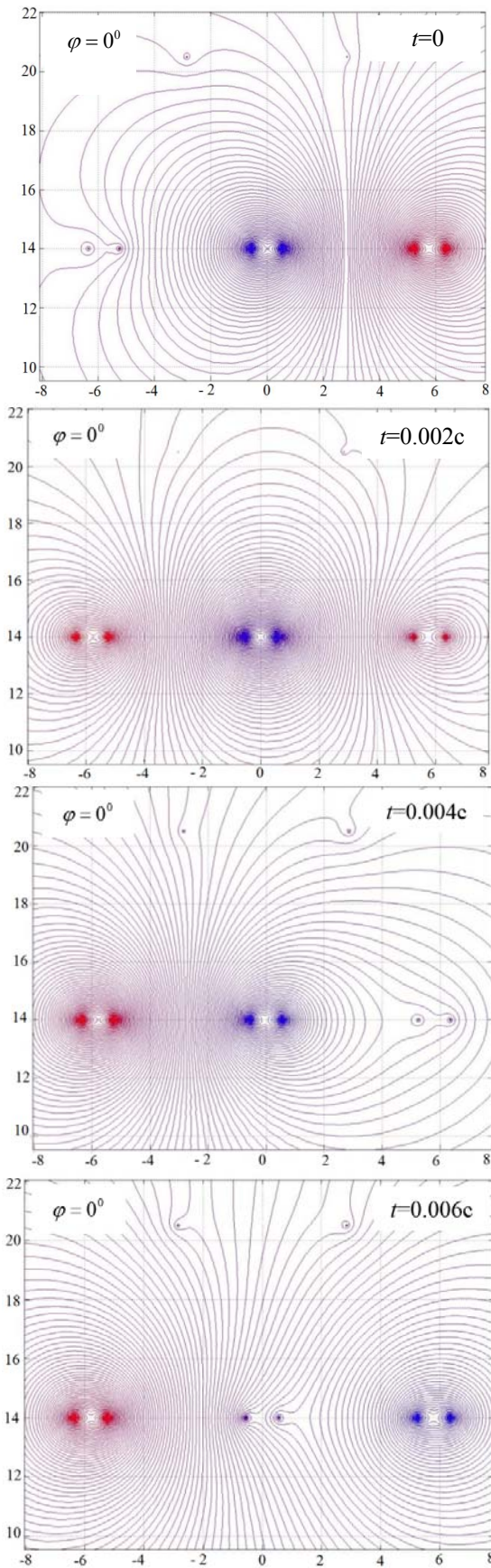


Рис.5. Линии равного потенциала $t = 0 - 0,006c$.

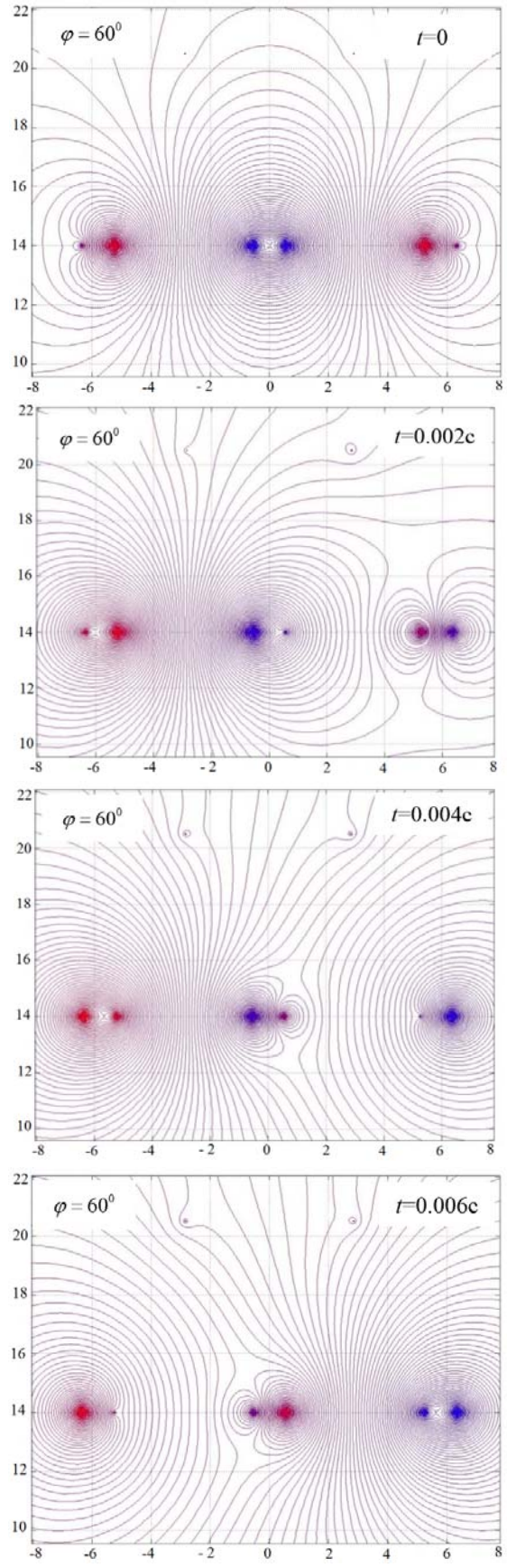


Рис.6. Линии равного потенциала $t = 0 - 0,006c$.

Далее по формулам (6), (7) рассчитываются матрицы погонных емкостей и индуктивностей.

Матрица коэффициентов электростатической индукции в пФ/м:

$$\beta = \begin{pmatrix} 8.7937 & -3.1078 & -0.6130 & -0.4339 & -0.1954 & -0.1647 \\ -3.1078 & 8.9209 & -0.8624 & -0.5809 & -0.2378 & -0.1955 \\ -0.6130 & -0.8624 & 8.9975 & -2.9391 & -0.5799 & -0.4333 \\ -0.4339 & -0.5809 & -2.9391 & 9.0515 & -0.8647 & -0.6149 \\ -0.1954 & -0.2378 & -0.5799 & -0.8647 & 8.9115 & -3.1098 \\ -0.1647 & -0.1955 & -0.4333 & -0.6149 & -3.1098 & 8.7918 \end{pmatrix}$$

Матрица частичных емкостей, пФ/м:

$$C = \begin{pmatrix} 4.2789 & 3.1078 & 0.6130 & 0.4339 & 0.1954 & 0.1647 \\ 3.1078 & 3.9415 & 0.8624 & 0.5809 & 0.2378 & 0.1955 \\ 0.6130 & 0.8624 & 3.5629 & 2.9391 & 0.5799 & 0.4333 \\ 0.4339 & 0.5809 & 2.9391 & 3.6391 & 0.8647 & 0.6149 \\ 0.1954 & 0.2378 & 0.5799 & 0.8647 & 3.9241 & 3.1098 \\ 0.1647 & 0.1955 & 0.4333 & 0.6149 & 3.1098 & 4.2887 \end{pmatrix}$$

Матрица индуктивностей, мкГн/м:

$$L = \begin{pmatrix} 6.0927 & -4.8356 & 0.2528 & -0.1558 & -0.0001 & -0.0169 \\ -4.8356 & 6.8341 & -1.2024 & 0.4808 & -1.2027 & -0.00125 \\ 0.2528 & -1.2024 & 9.7358 & -7.7844 & 0.4615 & -0.1570 \\ -0.1558 & 0.4808 & -7.7844 & 9.5216 & -1.1709 & 0.2544 \\ -0.0001 & -0.1027 & 0.4615 & -1.1709 & 6.8921 & -4.8716 \\ -0.0169 & 0.0012 & -0.1570 & 0.2544 & -4.8716 & 6.1067 \end{pmatrix}$$

Выводы

1. Полученное численное решение для распределения поля вокруг проводов многопроводной линии позволяет оценить не только характер изменения напряжения или напряженности поля в рассмотренном пространстве при различных углах сдвига фаз напряжений между сближенными фазами, но и определить погонные параметры линии.
2. Характер распределения поля зависит как от времени, поскольку изменяются мгновенные значения напряжений, так и от сдвига фаз. Таким образом можно исследовать особенности изменения картины поля линии в зависимости от времени и угла сдвига фаз питающих напряжений сближенных цепей.

Литература [References]

[1] Aleksandrov G.N. Peredacea electricesci energii. St-Petersburg: Izd-vo Politehnicescigo Universiteta 2009. -412p. ISBN: 978-5-7422-2155-5 [Alexandrov G.N. Electric Energy Transmission], 2009. Compactnie vozdusnie linii electropredaci [Compact aerial electric power lines].

<http://ntc-ower.ru/innovat>. (accesat 20.12.2015) (in Russian)

- [2] Astahov Iu.N., Postolatii V. M. Upravleaemie linii electropredaci. Kishinev: Stiinta, 1989, 289p. -289p. [Astahov Iu.N., Postolatii V.M.. Controlled power transmission lines. Chisinau: Shtiinta, 1989.] (in Russian)
- [3] Sakarean Iu., G., Timasova L.V., Kareva S.N., Postolatii V. M., Bicova E.V., Suslov V. M., Bobilolova N.V., Utz N.N. Primenenie compactnih upravleaemih linii electropredaci dlea formirovania mejsistemnih i mejgosudarstvennih tranzitov. Energia edinoi seti nr.4, 2013 [The use of compact controlled power transmission lines for the formation of inter-system and inter-state transits]. Energia edinoi seti nr.4, 2013. (in Russian)
- [4] Calculul parametrilor electrici al unei lea necesar alimentării unui consumator complex. Stelian Cobianu. Universitatea Valahia. www.energetica.valahia.ro (accesat 20.12.2015) (in Russian)
- [5] Neagu B. Program de calcul pentru determinarea parametrilor electrici specifici ai liniilor electrice aeriene. Laborator Transportul și distribuția energiei electrice. iota.ee.tuiasi.ro/.../1_Calculul%20parametrilor%20elec. (accesat 20.12.2015) (in Romanian)
- [6] Piliugin G. A., Petuhov R. A. Analiz electromagnitih polei na primere jiligo massiva "Zelenaia roscea" g.Krasnoiarska [Analisis of electromagnetic fields on the example of district "Green grove" of town rasnoiarsk. http://www.rae.ru/snt/?section=content&op=show_article&article_id=10001544] (accesat 20.12.2015) (in Russian)
- [7] Stepanov I. M. Issledovanie electromagnitnih polei v electroustanovkah visocogo napreajenia i razrabotka mer po snijenii ih intensivnosti. Avtoreferat diss. Na soiscanii uc. Stepeni k.t.n. Spoet. 05.14.12 – Tehnica visokih napreajenii. Novosibirsk-2009. -22p. [Investigation of electromagnetic fields in electrical high voltage substations and elaboration of measures for decrease of their intensity]. Novosibirsk – 2009.-22p.] (in Russian).
- [8] Demirchian K.S., Neiman L.P., Korovkin N.V. Theoretical Foundations of Electrical Engineering: A Textbook for Universities. 5th edition. T. 2 – SPb, 2009. (in Russian)
- [9] Patsiuk V. Mathematical methods for electrical circuits and fields calculation. – Chișinău, Centrul Editorial-Poligr. al USM, 2009.
- [10] Berzan V., Patsyuk V., Ribacova G., Ermuratschii V. Electromagnetic field

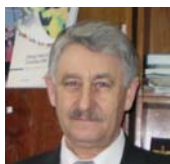
calculation for 110 kV power line.
Problemele energeticii regionale 2015, N2

(28), pp.7-13.

Сведения об авторах.



Пацюк В. И. Доктор физ.-мат.наук, доцент Государственного Университета Молдовы, ведущий научный сотрудник Института Энергетики АН Молдовы. Области научных интересов: математическая физика, численный анализ, механика сплошных сред, теоретическая электротехника, силовая электроника. Автор более 140 научных публикаций, в том числе 9 монографий, одного изобретения. E-mail: patsiuk@mail.ru



Берзан В.П. Доктор-хабилитат технических наук. Область научных интересов: диагностика энергетического оборудования, нестационарные процессы в неоднородных электрических цепях, математическое моделирование, транспорт электроэнергии на большие расстояния, возобновляемые источники энергии. Автор более 220 научных публикаций, в том числе 25 патентов и 12 монографий. E-mail: berzan@ie.asm.md



Рыбакова Г. Доктор физ.-мат.наук, доцент Государственного Университета Молдовы, ведущий научный сотрудник Института Энергетики АН Молдовы. Области научных интересов: математическая физика, численный анализ, механика деформируемого тела. Автор более 45 научных публикации. E-mail: gal_rib@mail.ru



Анисимов В.К. Доктор технических наук, зав. Лабораторией «Моделирование и диагностика энергетического оборудования» Института энергетики АНМ. Область научных интересов: неразрушающие методы контроля и диагностики, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, технологии получения водорода, численные методы расчета. Автор более 80 статей и 80 изобретений.