

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК: 621.314 621.315

В.А. Солдатов, А.С. Яблоков

РАСЧЕТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ФИДЕРА 35 кВ С ДВУХЦЕПНОЙ ЛИНИЕЙ

V.A. Soldatov, A.S. Yablokov

DOUBLE-CIRCUIT LINE OF 35 kV FEEDER EMERGENCY OPERATION CALCULATION

Солдатов В.А. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных технологий в электроэнергетике Костромской государственной сельскохозяйственной академии, Костромская обл., Костромской р-н, пос. Караваево. E-mail: soldmel@rambler.ru

Яблоков А.С. – асп. каф. информационных технологий в электроэнергетике Костромской государственной сельскохозяйственной академии, Костромская обл., Костромской р-н, пос. Караваево. E-mail: yablokov-1991@mail.ru

Soldatov V.A. – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Information Technologies in Power Industry, Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma Region, Kostroma District, Settlement of Karavayevo. E-mail: soldmel@rambler.ru

Yablokov A.S. – Post-Graduate Student, Chair of Information Technologies in Power Industry, Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma Region, Kostroma district, Settlement of Karavayevo. E-mail: yablokov-1991@mail.ru

В распределительных сетях 35 кВ актуальной является задача расчета аварийного режима, а также задача определения вида и места аварийного режима. При расчете аварийных режимов в основном применяют два метода: метод трех симметричных составляющих и метод фазных координат. В сетях класса 110 кВ и выше при расчете аварийного режима уже широко используется метод фазных координат. В распределительных электрических сетях 6–10–35 кВ этот метод применяется пока ограничено. Данная работа является продолжением исследований, ведущихся на кафедре информационных технологий в электроэнергетике ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА». В предыдущих работах представлены как методы расчета аварийных режимов, так и методы определения их вида и места в распределительных электрических сетях. Так, например, показано, что

определение вида и места аварийного режима возможно осуществить по величинам наведенных напряжений на специальных антеннах, расположенных под фазами линии электропередачи. Данные исследования выполнены для одноцепных линий сетей 10 и 35 кВ. Однако часто фидер 35 кВ содержит двухцепную линию. Для проведения исследований сначала необходимо иметь методику расчета аварийных режимов фидера 35 кВ с двухцепной линией в фазных координатах, которая представлена в данной статье. Получены матричные выражения для напряжений и токов во всех точках фидера в зависимости от параметров участка фидера и известных напряжений в начале. Расчетная схема фидера содержит: питающий трансформатор с соединением обмоток «звезда – треугольник»; первый участок двухцепной линии; второй участок двухцепной линии;

блок несимметрии, моделирующий аварийные режимы; третий участок двухцепной линии; первый потребительский трансформатор; второй потребительский трансформатор; нагрузку в конце первой цепи; нагрузку в конце второй цепи. Разработанную методику можно использовать как при расчете самих аварийных режимов, так и при решении задачи определения вида и места аварийных режимов в распределительных электрических сетях.

Ключевые слова: аварийный режим, фидер 35 кВ, двухцепная линия, расчетная схема, фазные координаты, место и вид режима, наведенное напряжение.

In distributive networks of 35 kV the problem of calculation of emergency operation, and also the problem of definition of the kind and place of emergency operation is actual. At calculation of emergency operations two methods are generally applied: the method of three symmetric components and the method of phase coordinates. In the networks of the class of 110 kV and above at calculation of emergency operation the method of phase coordinates is already widely used. In distributive electric networks of 6–10–35 kV this method is seldom applied. This work is the continuation of the researches which were conducted on the chair of information technologies in FSBEI HE "Kostroma agricultural academy". In the previous works both methods of calculation of emergency operation were presented, and the methods of definition of their kind and place in distributive electric networks. So, for example, it is shown that it is possible to carry out the definition of the kind and place of emergency operation in sizes of the induced tension on the special antennas located under power line phases. These researches were executed for one-chain lines of networks 10 and 35 of kV. However, the feeder of 35 kV often contains a two-chain line. For carrying out researches at first it is necessary to have the method of calculation of emergency operation of the feeder of 35 kV with a two-chain line in phase coordinates which is presented in this study. Matrix expressions for tension and currents in all points of the feeder depending on parameters of the site of a feeder and known tension at the beginning were received. The settlement scheme of

the feeder contained the feeding transformer with connection of windings "a star – a triangle"; the first site of a two-chain line; the second site of a two-chain line; the asymmetry block modeling emergency operation; the third site of a two-chain line; the first consumer transformer; the second consumer transformer; loading at the end of the first chain; loading at the end of the second chain. The developed technique can be used both in calculation of emergency operation, and in the solution of the problem of definition of the kind and place of emergency operation in distributive electric networks.

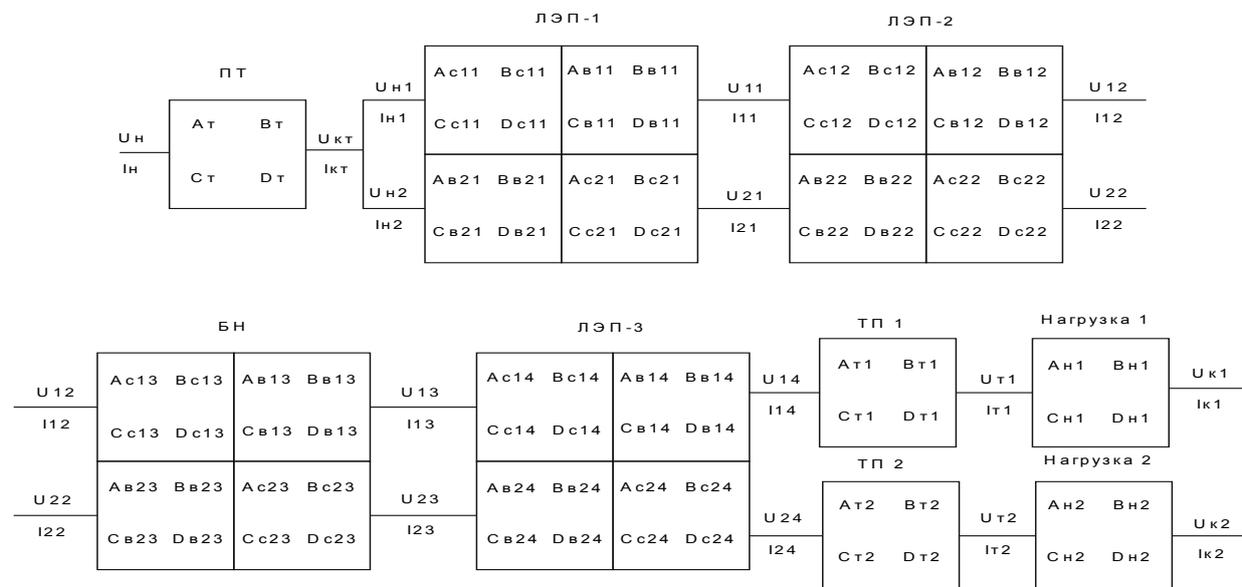
Keywords: emergency operation, a feeder of 35 kV, a two-chain line, settlement scheme, phase coordinates, a place and type of the mode, induced tension.

Введение. В распределительных электрических сетях 6 – 10 – 35 кВ с изолированной нейтралью актуальной является задача расчета аварийных режимов (АР), а также задача определения их вида и места [1]. Аварийный режим можно рассчитать или методом трех симметричных составляющих, или методом фазных координат (ФК). Метод ФК является матричным методом расчета. В электрических сетях класса 110 кВ и выше метод ФК хорошо себя зарекомендовал. В распределительных электрических сетях этот метод применяется пока ограничено. Метод ФК позволяет рассчитывать фазные напряжения и токи в реальных величинах. Целью представленных исследований является разработка методики расчета аварийных режимов фидера 35 кВ, содержащего двухцепную линию. Без расчета АР невозможно создавать методики и приборы их обнаружения, а также разрабатывать различные критерии определения вида и места АР [2]. Также одним из методов определения вида и места АР является метод рассмотренный в [3, 4]. Аварийные режимы определяются по наведенным напряжениям на специальных антеннах, расположенных под фазами линии параллельно им. Чтобы рассчитать наведенные напряжения на антенне, необходимо знать напряжения на фазах линии в начале и конце участка линии, параллельно которому размещена антенна. Таким образом, сначала необходимо рассчитать сами аварийные ре-

жимы, а затем наведенные напряжения. Для одноцепной линии эта задача рассмотрена в [3, 4]. Представляет интерес разработка методики расчета аварийных режимов в случае, когда фидер содержит двухцепную линию.

Расчетная новая схема с двухцепной линией представлена на рисунке. Она отличается от расчетной схемы при одноцепной линии тем, что многополюсники А, В, С, D имеют

размерность матриц 6 на 6, а не 3 на 3, а также содержит два потребительских трансформатора и две нагрузки. Это позволяет учесть электромагнитные влияния между всеми шестью фазами двухцепной линии, что ранее не было представлено в теории расчета аварийных режимов распределительных электрических сетей.



Расчетная схема фидера, содержащего двухцепную линию (нижняя часть рисунка является продолжением верхней части)

На рисунке обозначено:

ПТ – питающий трансформатор с соединением обмоток «звезда – треугольник»;

ЛЭП-1 – первый участок двухцепной линии, параллельно которому будет размещена антенна;

ЛЭП-2 – второй участок двухцепной линии;

БН – блок несимметрии, моделирующий аварийные режимы;

ЛЭП-3 – третий участок двухцепной линии;

ТП 1 – первый потребительский трансформатор;

ТП 2 – второй потребительский трансформатор;

Нагрузка 1 – нагрузка в конце первой цепи;

Нагрузка 2 – нагрузка в конце второй цепи.

Получим методику расчета AP двухцепной линии, используя метод ФК как это сделано в [3] для одноцепной линии. Каждый из перечисленных элементов можно представить своей матрицей передачи H , содержащей блоки $A, B,$

C, D с соответствующими индексами. Тогда напряжения и токи в начале элемента U_n, I_n можно выразить через напряжения и токи в конце элемента U_k, I_k по формуле

$$\begin{bmatrix} U_n \\ I_n \end{bmatrix} = H \cdot \begin{bmatrix} U_k \\ I_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_k \\ I_k \end{bmatrix}.$$

Запишем выражения для напряжения и токов, используя матрицы передачи всех элементов согласно рисунку.

Напряжения и токи в начале фидера:

$$\begin{bmatrix} U_n \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_m & B_m \\ C_m & D_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{km} \\ I_{km} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Напряжения и токи в начале первого участка линии:

$$\begin{bmatrix} U_{н1} \\ I_{н1} \\ U_{н2} \\ I_{н2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{c11} & B_{c11} & A_{\phi 11} & B_{\phi 11} \\ C_{c11} & D_{c11} & C_{\phi 11} & D_{\phi 11} \\ A_{\phi 21} & B_{\phi 21} & A_{c21} & B_{c21} \\ C_{\phi 21} & D_{\phi 21} & C_{c21} & D_{c21} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{11} \\ I_{11} \\ U_{21} \\ I_{21} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Напряжения и токи в начале второго участка линии:

$$\begin{bmatrix} U_{11} \\ I_{11} \\ U_{21} \\ I_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{c12} & B_{c12} & A_{\phi 12} & B_{\phi 12} \\ C_{c12} & D_{c12} & C_{\phi 12} & D_{\phi 12} \\ A_{\phi 22} & B_{\phi 22} & A_{c22} & B_{c22} \\ C_{\phi 22} & D_{\phi 22} & C_{c22} & D_{c22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{12} \\ I_{12} \\ U_{22} \\ I_{22} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Напряжения и токи в начале блока несимметрии:

$$\begin{bmatrix} U_{12} \\ I_{12} \\ U_{22} \\ I_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{c13} & B_{c13} & A_{\phi 13} & B_{\phi 13} \\ C_{c13} & D_{c13} & C_{\phi 13} & D_{\phi 13} \\ A_{\phi 23} & B_{\phi 23} & A_{c23} & B_{c23} \\ C_{\phi 23} & D_{\phi 23} & C_{c23} & D_{c23} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{13} \\ I_{13} \\ U_{23} \\ I_{23} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Напряжения и токи в начале третьего участка линии:

$$\begin{bmatrix} U_{13} \\ I_{13} \\ U_{23} \\ I_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{c14} & B_{c14} & A_{\phi 14} & B_{\phi 14} \\ C_{c14} & D_{c14} & C_{\phi 14} & D_{\phi 14} \\ A_{\phi 24} & B_{\phi 24} & A_{c24} & B_{c24} \\ C_{\phi 24} & D_{\phi 24} & C_{c24} & D_{c24} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{14} \\ I_{14} \\ U_{24} \\ I_{24} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Напряжения и токи в начале первого потребительского трансформатора:

$$\begin{bmatrix} U_{14} \\ I_{14} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{m1} & B_{m1} \\ C_{m1} & D_{m1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{m1} \\ I_{m1} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Напряжения и токи в начале второго потребительского трансформатора:

$$\begin{bmatrix} U_{24} \\ I_{24} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{m2} & B_{m2} \\ C_{m2} & D_{m2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{m2} \\ I_{m2} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Напряжения и токи в начале первой нагрузки:

$$\begin{bmatrix} U_{m1} \\ I_{m1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{н1} & B_{н1} \\ C_{н1} & D_{н1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{к1} \\ I_{к1} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Напряжения и токи в начале второй нагрузки:

$$\begin{bmatrix} U_{m2} \\ I_{m2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{н2} & B_{н2} \\ C_{н2} & D_{н2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{к2} \\ I_{к2} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Учтем граничные условия:

– токи после нагрузки равны нулю:

$$I_{к1} = 0, I_{к2} = 0, \quad (10)$$

– напряжения в начале:

$$U_{н1} = U_{н2} = U_{км}, \quad (11)$$

– ток в начале:

$$I_{км} = I_{н1} + I_{н2}. \quad (12)$$

После преобразования (1)–(12) получим следующие выражения для напряжений и токов во всех точках двухцепного фидера:

$$\begin{cases} U_{н1} = (A_{\phi н1} \cdot A_{ET1} + A_{\phi вн1} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{н1} = (C_{\phi н1} \cdot A_{ET1} + C_{\phi вн1} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ U_{н2} = (A_{\phi вн2} \cdot A_{ET1} + A_{\phi н2} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{н2} = (C_{\phi вн2} \cdot A_{ET1} + C_{\phi н2} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \end{cases}, \quad (13)$$

$$\begin{cases} U_{11} = (A_{\phi 11} \cdot A_{ET1} + A_{\phi в11} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{11} = (C_{\phi 11} \cdot A_{ET1} + C_{\phi в11} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ U_{21} = (A_{\phi в21} \cdot A_{ET1} + A_{\phi 21} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{21} = (C_{\phi в21} \cdot A_{ET1} + C_{\phi 21} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \end{cases}, \quad (14)$$

$$\begin{cases} U_{12} = (A_{\phi 12} \cdot A_{ET1} + A_{\phi в12} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{12} = (C_{\phi 12} \cdot A_{ET1} + C_{\phi в12} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ U_{22} = (A_{\phi в22} \cdot A_{ET1} + A_{\phi 22} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{22} = (C_{\phi в22} \cdot A_{ET1} + C_{\phi 22} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \end{cases}, \quad (15)$$

$$\begin{cases} U_{13} = (A_{\phi 13} \cdot A_{ET1} + A_{\phi в13} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{13} = (C_{\phi 13} \cdot A_{ET1} + C_{\phi в13} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ U_{23} = (A_{\phi в23} \cdot A_{ET1} + A_{\phi 23} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \\ I_{23} = (C_{\phi в23} \cdot A_{ET1} + C_{\phi 23} \cdot A_{ET2}) \cdot U_{н} \end{cases}, \quad (16)$$

$$\begin{cases} U_{14} = A_{\phi 14} \cdot A_{ET1} \cdot U_{н} \\ I_{14} = C_{\phi 14} \cdot A_{ET1} \cdot U_{н} \\ U_{24} = A_{\phi 24} \cdot A_{ET2} \cdot U_{н} \\ I_{24} = C_{\phi 24} \cdot A_{ET2} \cdot U_{н} \end{cases}, \quad (17)$$

$$\begin{cases} Um1 = An1 \cdot AET1 \cdot Un \\ Im1 = Cn1 \cdot AET1 \cdot Un \\ Um2 = An2 \cdot AET2 \cdot Un \\ Im2 = Cn2 \cdot AET2 \cdot Un \end{cases} \quad (18)$$

$$U_{k2} = AET^{-1} \cdot Un = AET2 \cdot Un, \quad (19)$$

$$U_{k1} = AE \cdot AET2 \cdot Un = AET1 \cdot Un, \quad (20)$$

$$U_{kt} = A29 \cdot AET2 \cdot Un = AU_{kt} \cdot Un, \quad (21)$$

$$U_{kt} = A29 \cdot AET2 \cdot Un = AU_{kt} \cdot Un, \quad (22)$$

$$I_{kt} = C29 \cdot AET2 \cdot Un = CI_{kt} \cdot Un, \quad (23)$$

$$I_n = (Cm \cdot AU_{kt} + Dm \cdot CI_{kt}) \cdot Un. \quad (24)$$

В выражениях (13)–(23) обозначено:

$$\begin{aligned} A_{\varepsilon 14} &= Am1 \cdot An1 + Bm1 \cdot Cn1, \\ C_{\varepsilon 14} &= Cm1 \cdot An1 + Dm1 \cdot Cn1, \\ A_{\varepsilon 24} &= Am2 \cdot An2 + Bm2 \cdot Cn2, \\ C_{\varepsilon 24} &= Cm2 \cdot An2 + Dm2 \cdot Cn2, \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} A_{\varepsilon 13} &= Ac14 \cdot A_{\varepsilon 14} + Bc14 \cdot C_{\varepsilon 14}, \\ A_{\varepsilon 13} &= Av14 \cdot A_{\varepsilon 24} + Bv14 \cdot C_{\varepsilon 24}, \\ C_{\varepsilon 13} &= Cc14 \cdot A_{\varepsilon 14} + Dc14 \cdot C_{\varepsilon 14}, \\ C_{\varepsilon 13} &= Cv14 \cdot A_{\varepsilon 24} + Dv14 \cdot C_{\varepsilon 24}, \\ A_{\varepsilon 23} &= Ac24 \cdot A_{\varepsilon 24} + Bc24 \cdot C_{\varepsilon 24}, \\ A_{\varepsilon 23} &= Av24 \cdot A_{\varepsilon 14} + Bv24 \cdot C_{\varepsilon 14}, \\ C_{\varepsilon 23} &= Cc24 \cdot A_{\varepsilon 24} + Dc24 \cdot C_{\varepsilon 24}, \\ C_{\varepsilon 23} &= Cv24 \cdot A_{\varepsilon 14} + Dv24 \cdot C_{\varepsilon 14}. \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} A_{\varepsilon 12} &= Ac13 \cdot A_{\varepsilon 13} + Bc13 \cdot C_{\varepsilon 13} + Av13 \cdot A_{\varepsilon 23} + Bv13 \cdot C_{\varepsilon 23}, \\ A_{\varepsilon 12} &= Ac13 \cdot A_{\varepsilon 13} + Bc13 \cdot C_{\varepsilon 13} + Av13 \cdot A_{\varepsilon 23} + Bv13 \cdot C_{\varepsilon 23}, \\ C_{\varepsilon 12} &= Cc13 \cdot A_{\varepsilon 13} + Dc13 \cdot C_{\varepsilon 13} + Cv13 \cdot A_{\varepsilon 23} + Dv13 \cdot C_{\varepsilon 23}, \\ C_{\varepsilon 12} &= Cc13 \cdot A_{\varepsilon 13} + Dc13 \cdot C_{\varepsilon 13} + Cv13 \cdot A_{\varepsilon 23} + Dv13 \cdot C_{\varepsilon 23}, \\ A_{\varepsilon 22} &= Av23 \cdot A_{\varepsilon 13} + Bv23 \cdot C_{\varepsilon 13} + Ac23 \cdot A_{\varepsilon 23} + Bc23 \cdot C_{\varepsilon 23}, \\ A_{\varepsilon 22} &= Av23 \cdot A_{\varepsilon 13} + Bv23 \cdot C_{\varepsilon 13} + Ac23 \cdot A_{\varepsilon 23} + Bc23 \cdot C_{\varepsilon 23}, \\ C_{\varepsilon 22} &= Cc23 \cdot A_{\varepsilon 13} + Dc23 \cdot C_{\varepsilon 13} + Cv23 \cdot A_{\varepsilon 23} + Dv23 \cdot C_{\varepsilon 23}, \\ C_{\varepsilon 22} &= Cc23 \cdot A_{\varepsilon 13} + Dc23 \cdot C_{\varepsilon 13} + Cv23 \cdot A_{\varepsilon 23} + Dv23 \cdot C_{\varepsilon 23}. \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} A_{\varepsilon 11} &= Ac12 \cdot A_{\varepsilon 12} + Bc12 \cdot C_{\varepsilon 12} + Av12 \cdot A_{\varepsilon 22} + Bv12 \cdot C_{\varepsilon 22}, \\ A_{\varepsilon 11} &= Ac12 \cdot A_{\varepsilon 12} + Bc12 \cdot C_{\varepsilon 12} + Av12 \cdot A_{\varepsilon 22} + Bv12 \cdot C_{\varepsilon 22}, \\ C_{\varepsilon 11} &= Cc12 \cdot A_{\varepsilon 12} + Dc12 \cdot C_{\varepsilon 12} + Cv12 \cdot A_{\varepsilon 22} + Dv12 \cdot C_{\varepsilon 22}, \\ C_{\varepsilon 11} &= Cc12 \cdot A_{\varepsilon 12} + Dc12 \cdot C_{\varepsilon 12} + Cv12 \cdot A_{\varepsilon 22} + Dv12 \cdot C_{\varepsilon 22}, \\ A_{\varepsilon 21} &= Av22 \cdot A_{\varepsilon 12} + Bv22 \cdot C_{\varepsilon 12} + Ac22 \cdot A_{\varepsilon 22} + Bc22 \cdot C_{\varepsilon 22}, \\ A_{\varepsilon 21} &= Av22 \cdot A_{\varepsilon 12} + Bv22 \cdot C_{\varepsilon 12} + Ac22 \cdot A_{\varepsilon 22} + Bc22 \cdot C_{\varepsilon 22}, \\ C_{\varepsilon 21} &= Cc22 \cdot A_{\varepsilon 12} + Dc22 \cdot C_{\varepsilon 12} + Cv22 \cdot A_{\varepsilon 22} + Dv22 \cdot C_{\varepsilon 22}, \\ C_{\varepsilon 21} &= Cc22 \cdot A_{\varepsilon 12} + Dc22 \cdot C_{\varepsilon 12} + Cv22 \cdot A_{\varepsilon 22} + Dv22 \cdot C_{\varepsilon 22}. \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} A_{\varepsilon \varepsilon 1} &= Ac11 \cdot A_{\varepsilon 11} + Bc11 \cdot C_{\varepsilon 11} + Av11 \cdot A_{\varepsilon 21} + Bv11 \cdot C_{\varepsilon 21}, \\ A_{\varepsilon \varepsilon 1} &= Ac11 \cdot A_{\varepsilon 11} + Bc11 \cdot C_{\varepsilon 11} + Av11 \cdot A_{\varepsilon 21} + Bv11 \cdot C_{\varepsilon 21}, \\ C_{\varepsilon \varepsilon 1} &= Cc11 \cdot A_{\varepsilon 11} + Dc11 \cdot C_{\varepsilon 11} + Cv11 \cdot A_{\varepsilon 21} + Dv11 \cdot C_{\varepsilon 21}, \\ C_{\varepsilon \varepsilon 1} &= Cc11 \cdot A_{\varepsilon 11} + Dc11 \cdot C_{\varepsilon 11} + Cv11 \cdot A_{\varepsilon 21} + Dv11 \cdot C_{\varepsilon 21}, \\ A_{\varepsilon \varepsilon 2} &= Av21 \cdot A_{\varepsilon 11} + Bv21 \cdot C_{\varepsilon 11} + Ac21 \cdot A_{\varepsilon 21} + Bc21 \cdot C_{\varepsilon 21}, \\ A_{\varepsilon \varepsilon 2} &= Av21 \cdot A_{\varepsilon 11} + Bv21 \cdot C_{\varepsilon 11} + Ac21 \cdot A_{\varepsilon 21} + Bc21 \cdot C_{\varepsilon 21}, \\ C_{\varepsilon \varepsilon 2} &= Cc21 \cdot A_{\varepsilon 11} + Dc21 \cdot C_{\varepsilon 11} + Cv21 \cdot A_{\varepsilon 21} + Dv21 \cdot C_{\varepsilon 21}, \\ C_{\varepsilon \varepsilon 2} &= Cc21 \cdot A_{\varepsilon 11} + Dc21 \cdot C_{\varepsilon 11} + Cv21 \cdot A_{\varepsilon 21} + Dv21 \cdot C_{\varepsilon 21}. \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} A27 &= A_{\varepsilon \varepsilon 1} - A_{\varepsilon \varepsilon 2}, \\ A28 &= A_{\varepsilon \varepsilon 2} - A_{\varepsilon \varepsilon 1}, \\ C27 &= C_{\varepsilon \varepsilon 1} + C_{\varepsilon \varepsilon 2}, \\ C28 &= C_{\varepsilon \varepsilon 2} + C_{\varepsilon \varepsilon 1}, \end{aligned} \quad (30)$$

$$AE = A27^{-1} \cdot A28, \quad (31)$$

$$\begin{aligned} A29 &= A_{\varepsilon \varepsilon 1} \cdot AE + A_{\varepsilon \varepsilon 2}, \\ C29 &= C27 \cdot AE + C28, \end{aligned} \quad (32)$$

$$AET = Am \cdot A29 + Bm \cdot C29. \quad (33)$$

Выводы. Таким образом, полученные матричные выражения (13)–(33) позволяют определить напряжения и токи в фазных координатах при аварийных режимах во всех точках фидера 35 кВ, содержащего двухцепную линию.

Литература

1. Аржанников Е.А., Чухин А.М. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи. – М.: Энергопресс, 1998. – 87 с.
2. Солдатов В.А., Чебесов Е.А. Критерии определения вида аварийного режима в сетях 0,38 кВ при использовании отношений напряжений и токов // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 8. – С. 104–110.

3. Солдатов С.В. Совершенствование методов расчета и обнаружения аварийных режимов сельских электрических сетей 10 кВ по наведенным напряжениям: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М: Изд-во ВИЭСХ, 2015. – 24 с.
4. Солдатов В.А., Яблоков А.С. Исследование наведенных напряжений на проводнике под линией электропередачи 35 кВ // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. ст. 66-й Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. Т. 2 / Костромская ГСХА. – Караваево, 2015. – С. 193–196.
2. Soldatov V.A., Chebesov E.A. Kriterii opredelenija vida avarijnogo rezhima v setjah 0,38 kV pri ispol'zovanii otnoshenij naprjazhenij i tokov // Vestn. KrasGAU. – 2016. – № 8. – S.104–110.
3. Soldatov S.V. Sovershenstvovanie metodov rascheta i obnaruzhenija avarijnyh rezhimov sel'skih jelektricheskikh setej 10 kV po navedennym naprjazhenijam: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. – M: Izd-vo VIJeSH, 2015. – 24 s.
4. Soldatov V.A., Jablokov A.S. Issledovanie navedennyh naprjazhenij na provodnike pod liniej jelektrouperedachi 35 kV // Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse: sb. st. 66-j Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 3 t. T. 2 / Kostromskaja GSHA. – Karavaevo, 2015. – S. 193–196.

Literatura

1. Arzhannikov E.A., Chuhin A.M. Metody i pribory opredelenija mest povrezhdenija na linijah jelektrouperedachi. – M.: Jenergo-press, 1998. – 87 s.



УДК 630*377

*В.Д. Валяжонков, С.А. Демидов,
Фам Нгок Линь*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАССЫ И ГАБАРИТОВ НАИЛЕГЧАЙШИХ СОРТИМЕНТОПОДБОРЩИКОВ

*V.D. Valyazhonkov, S.A. Demidov,
Pham Ngoc Linh*

MODELING OF THE TENDENCY OF THE CHANGE OF WEIGHT AND DIMENSIONS PARAMETERS OF A WOOD ASSORTMENT PICK-UP (AP) OF THE LIGHTEST CLASS

Валяжонков В.Д. – канд. техн. наук, доц. каф. эксплуатации транспортных и технологических машин Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург. E-mail: valy-vladimir@yandex.ru
Демидов С.А. – асп. каф. эксплуатации транспортных и технологических машин Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург. E-mail: serge309@yandex.ru

Valyazhonkov V.D. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Operation of Transport and Technological Machines, St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, St. Petersburg. E-mail: valy-vladimir@yandex.ru
Demidov S.A. – Post-Graduate Student, Chair of Operation of Transport and Technological Machines, St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, St. Petersburg. E-mail: serge309@yandex.ru