

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ZOCF4313>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университете

<https://doi.org/10.48081/ILNH6505>

***Д. С. Ахметбаев¹, А. А. Шаймерденов²**

^{1,2}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ОБОБЩЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНОЙ СХЕМЫ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА

В работе предлагается методика расчета обобщенных параметров четырехполюсника, на основе коэффициентов распределения задающих токов. Основные элементы электрических сетей с сосредоточенными параметрами представляются T и П-образными схемами замещения, на основе которых моделируются обобщенные параметры четырехполюсника. Электропередачи сверхвысокого и ультравысокого напряжений моделируются схемами замещения с распределенными параметрами. При расчетах режимов возникает необходимость упрощения алгоритмов расчета путем эквивалентирования некоторого участка сети с последовательно соединенными элементами. В общем случае для приведения выделенной части схемы электрической сети могут быть использованы существующие методы преобразования её схемы замещения. Эквивалентные обобщенные параметры последовательно соединенных четырехполюсников определяются путем матричных произведений соответствующих постоянных коэффициентов. Количество выполняемых операции зависит от количества эквивалентизируемых четырехполюсников. В этих условиях могут быть использованы коэффициенты распределения узловых токов для определения системных функции сопротивления последовательно соединенных четырехполюсников. Со сложной схемой выделенного участка сети, могут быть определены с применением коэффициентов распределения узловых токов в схеме. Такое упрощение схемы существенно облегчает алгоритмов расчета режимов сложных электрических сетей.

Показана эффективность предлагаемого метода на примере схемы различной конфигурации.

Ключевые слова: Электрические сети, четырехполюсник, обобщенные параметры, коэффициенты токораспределения, системные функции сопротивления.

Введение

В теоретической электротехнике и в теории электрических сетей и систем особое внимание уделяются к четырехполюсникам, так как они могут быть использованы при различных расчетах сложной схемы электрической сети [1,2]. Теория четырехполюсников широко применяются при исследовании широкого спектра электрических цепей с распределенными параметрами, электрических фильтров [3,4]. Изучение основных уравнений четырехполюсников имеют важное практическое и теоретическое значения. Из теории электрических цепей известно, что существуют множество форм записи уравнений четырехполюсников. В теории электрических сетей и систем широко используется уравнение с обобщенными параметрами A,B,C,D которое легко определяется путем преобразования его Z-формы уравнения.

Методы исследования

Топологические выражения |A| формы могут быть получены на основе преобразования Z-формы уравнения четырехполюсника, которая имеет вид [3].

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \underline{Z}_{11} \cdot \dot{J}_1 + \underline{Z}_{12} \cdot \dot{J}_2 \\ \dot{U}_2 &= \underline{Z}_{21} \cdot \dot{J}_1 + \underline{Z}_{22} \cdot \dot{J}_2 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

или в матричной форме

$$\underline{\dot{U}} = \underline{Z} \cdot \underline{\dot{J}} \quad (2)$$

где $\underline{Z} = \begin{pmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} \\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} \end{pmatrix}$ матрица постоянных параметров Z-формы уравнения.

Постоянные параметры четырехполюсника для эквивалентной T или П-образной схемы определяются по известной методике [4], которая сопряжена с определенными трудностями по мере усложнения его схемы.

Матрица постоянных параметров Z, как частный случай системных функции сопротивления, может быть определена методикой, разработанной в [5,6]:

$$\underline{Z} = \tilde{N}^T \cdot \underline{Z}_B \cdot \tilde{N}_3$$

где \underline{Z} – прямоугольная матрица коэффициентов токораспределения;

\underline{Z}_B – диагональная матрица сопротивлений ветвей;

t–знак транспонирования матрицы.

Рассмотрим применение формулы (3) для определения постоянных параметров Z-формы уравнения для П-образной схемы четырехполюсника изображенной на рисунке 1.

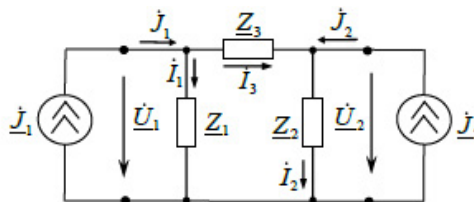


Рисунок 1. П–образная схема

Матрица коэффициентов распределения единичных токов \dot{j}_1 и \dot{j}_2 в схеме, определяемая методом контурных токов, может быть записана в виде [7,8]:

$$\underline{C} = \begin{pmatrix} -\frac{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}{\underline{Z}_k} & -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \end{pmatrix},$$

где $\underline{Z}_k = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3$

Развернутая матрица системных функций сопротивления П-образной схемы равна:

$$\underline{Z} = \begin{pmatrix} -\frac{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3}{\underline{Z}_k} & -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \\ -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3}{\underline{Z}_k} & -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \underline{Z}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{Z}_2 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{Z}_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} -\frac{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}{\underline{Z}_k} & -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_3}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_k} & -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{\underline{Z}_1 \cdot (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3)}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} \\ \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_k} & \frac{\underline{Z}_2 \cdot (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3)}{\underline{Z}_k} \end{pmatrix} \tag{5}$$

Справедливость расчетных выражений элементов матрицы (5) могут быть проверены на основе физического толкования параметров, например, для элемента $Z_{22}[1,2]$:

Для определения входного сопротивления Z_{22} со стороны входа 2 при разомкнутом входе 1 составляется схема, представленная на рисунке 2.

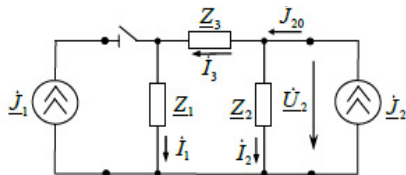


Рисунок 2 – Схема для расчета Z_{22}

Расчетное выражение Z_{22}

$$\underline{Z}_{22} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{J}_{20}} = \frac{\underline{Z}_2 \cdot (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3)}{\underline{Z}_k} \tag{6}$$

что совпадает с соответствующим элементом матрицы (5). Остальные элементы матрицы (5) могут быть проверены по вышеизложенному подходу.

Независимо от сложности схемы пассивного четырехполюсника, его системные функции сопротивления могут быть выражены через натуральные параметры схемы, при известной матрице коэффициентов токораспределения в виде [9,10]:

$$\left. \begin{aligned} \underline{Z}_1 &= \sum_{j=1}^m C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1} \\ \underline{Z}_2 &= \sum_{j=1}^m C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1} \\ \underline{Z}_1 &= \sum_{j=1}^m C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2} \\ \underline{Z}_2 &= \sum_{j=1}^m C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где m – количество ветвей схемы.

Уравнение формы $|A|$ легко определяется путем преобразования (1),

принимая за положительное направление \dot{J}_2 его противоположное направление и запишется в виде:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_1} \cdot \dot{U}_2 + \frac{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2 - \underline{Z}_2 \underline{Z}_1}{\underline{Z}_1} \cdot \dot{J}_2 \\ \dot{J}_1 &= \frac{1}{\underline{Z}_1} \cdot \dot{U}_2 + \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1} \cdot \dot{J}_2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

или

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= A \cdot \dot{U}_2 + B \cdot \dot{J}_2 \\ \dot{J}_1 &= C \cdot \dot{U}_2 + D \cdot \dot{J}_2 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где A, B, C, D – обобщенные постоянные уравнения $|A|$ формы четырехполосника.

Как известно, в случае обратимого четырехполосника $\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21}$ определитель системы (9) равен:

$$\Delta = \begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} = 1 \quad (10)$$

по которому проверяется правильность выполненных расчетов.

Обобщенные постоянные (9) $|A|$ формы уравнений четырехполосника, с учетом (7), определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned}
 A &= \frac{\sum_{j=1}^5 C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}} \\
 B &= \frac{\sum_{j=1}^5 C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1} \cdot \sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2} - \sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1} \cdot \sum_{j=1}^5 C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2}}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}} \\
 C &= \frac{1}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}} \\
 D &= \frac{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2}}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}}
 \end{aligned} \right\} (11)$$

Результаты численного эксперимента

Рассмотрим, применение выражений (11) для определения обобщенных параметров для схемы с параметрами, изображенной на рисунке 3.

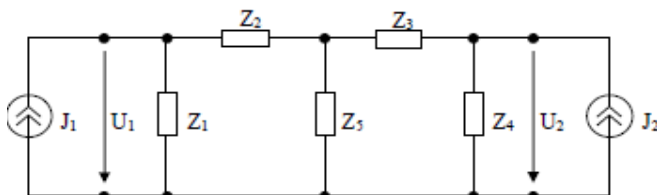


Рисунок 3 – Сложная схема четырехполосника

$$Z_1 = 1 + j20\Omega, Z_2 = 2 + j10\Omega, Z_3 = 3 + j10\Omega, Z_4 = 4 + j20\Omega, Z_5 = 5 + j30\Omega$$

Коэффициенты распределения задающих токов для схемы исследуемого четырехполосника определены методом контурных токов и представлены в виде матрицы:

$$\underline{C} = \begin{pmatrix} \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2} - 1 & -\frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2} \\ \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 \cdot Z_5} & -\frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2} \\ \frac{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2}{Z_1 \cdot Z_5} & -\frac{Z_4 \cdot Z_1}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2} \\ \frac{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2}{Z_1 \cdot Z_5} & 1 - \frac{Z_4 \cdot Z_1}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2} \\ \frac{Z_1 \cdot (Z_2 + Z_5)}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2} & \frac{Z_1 \cdot (Z_1 + Z_2)}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_5^2} \end{pmatrix} (12)$$

Г д е $Z_{11} = Z_1 + Z_2 + Z_3 = 8 + j6 \text{ Ом}$, $Z_{22} = Z_3 + Z_4 + Z_5 = 12 + j6 \text{ Ом}$ – контурные сопротивления.

Численные значения комплексных коэффициентов токораспределения:

$$\underline{C} = \begin{pmatrix} -0,731 + j0,1315 & -0,2587 + j0,0291 \\ 0,269 + j0,1315 & -0,2587 + j0,0291 \\ 0,1122 + j0,066 & -0,4464 + j0,00398 \\ 0,1122 + j0,066 & 0,5536 + j0,00398 \\ 0,157 + j0,0879 & 0,1877 + j0,0251 \end{pmatrix}$$

Значения системных функций сопротивления четырехполюсника определяются в виде произведении трех матриц:

$$\underline{Z} = \underline{C}' \times \text{diag}(\underline{Z}) \times \underline{C} = \begin{pmatrix} 0,9561 + j1,3555 & 0,3017 + j0,5076 \\ 0,3017 + j0,5076 & 2,2065 + j1,1232 \end{pmatrix}$$

Значения постоянных параметров $|A|$ формы уравнения определяются на основе (11) и равны:

$$A = \frac{\sum_{j=1}^5 C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}} = \frac{0,9561 + j1,3555}{0,3017 + j0,5076} = 2,8005 - j0,2193$$

$$B = \frac{\sum_{j=1}^5 C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1} \cdot \sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2} - \sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1} \cdot \sum_{j=1}^5 C_{1,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2}}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}} =$$

$$= \frac{0,7539 + j3,7584}{0,3017 + j0,5076} = 6,1237 + j2,1539$$

$$C = \frac{1}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}} = \frac{1}{0,3017 + j0,5076} = 0,8651 - j1,4558$$

$$D = \frac{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,2}}{\sum_{j=1}^5 C_{2,j}^T \cdot Z_j \cdot C_{j,1}} = \frac{2,2065 + j1,1232}{0,3017 + j0,5076} = 3,5439 - j2,2406$$

Правильность полученных результатов проверяется условием:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2,8005 - j0,2193 & 6,1237 + j2,1539 \\ 0,8651 - j1,4558 & 3,5439 - j2,2406 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} = A \cdot D - B \cdot C = 1.$$

Выводы

1 Обобщенные параметры Z- формы уравнения являются частным случаем системной функции сопротивления.

2 Применение коэффициентов токораспределения позволяет определить обобщенных параметров А-формы уравнения произвольной сложности схемы четырехполюсника, что существенно сокращает объем выполняемых расчетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – М. : Высшая школа, 1973–752 с.

2 **Толстов, Ю. Г., Теврюков, А. А.** Теория электрических цепей. – М. : Высшая школа, 1971.–296 с.

3 **Максимович, Н. Г.** Линейные электрические цепи и их преобразования. М-Л. : Госэнергоиздат, 1961 – 264 с.

4 **Мельников, Н. А.** Матричный метод анализа электрических цепей – М. : Энергия, 1972. – 231 с.

5 **Ахметбаев, Д. С., Ахметбаев, А. Д.** Системные функции сопротивления двухполюсников// Вестник ПГУ. Энергетическая серия. Павлодар. 2014.– № 3. – с. 33–42.

6 **Akhmetbaev, D. S., Aubakir, D.A., Sarsikayev, Ye. Zh., Bainiyazov, B. A., Surkov, M. A., Rozhko, V. I., Ansabekova, G. N., Yerbolova, A. S., Suleimenov, A. T., Tokasheva, M. S.** Development of topological method for calculating current distribution coefficients in complex power networks, // Results in Physics, 2017, 7, с. 1644–1649.

7 **Ахметбаев, Д. С., Ахметбаев, А. Д., Бердыгожин, А. С.** Топологический метод формирования узловых уравнений в обращенной форме для электроэнергетических систем // Электричество. Москва. 2018, №5, с. 18–27.

8 **Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D.** The System Method for Calculating the Power of Compensating Devices in Electrical Networks of Power Systems// International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 8, Issue 10, October 2018).

9 **Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D., Zhantlessova, A. B.** Formation of the Z-Form of Equations of Steady-State Modes of Energy Systems' Complex Electric Networks. Web of Conferences 58, 02021 (2018).

1 **Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D., Zhantlessova, A. B.** Calculations of the Complex Network's Steady-State Modes by Brining it to Equivalent Open. Web of Conferences 58, 02022 (2018).

REFERENCES

1 **Bessonov, L. A.** Teoreticheskie osnovy elektrotehniki [Theoretical foundations of electrical engineering] – Moscow : Vysshaya shkola, 1973 – 752 p.

2 **Tolstov Yu.G., Tevryukov A. A.** Teoriya elektricheskikh tsepei [Theory of electrical circuits] – Moscow: Vysshaya shkola, 1971 – 296 p.

3 **Maksimovich, N.G.** Lineinye elektricheskie cepi i ih preobrazovaniya [Linear electrical circuits and their transformations] – M–L. : Gosenergoizdat, 1961 – 264 p.

4 **Mel'nikov, N. A.** Matrichnyi metod analiza elektricheskikh tsepei [Matrix method for the analysis of electrical circuits] – Moscow : Energiya, 1972 – 231 p.

5 **Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D.** Sistemnye funktsii soprotivleniya dvuhpolyusnikov [System functions of the resistance of two-terminal networks] // Vestnik PGU. Energeticheskaya seriya. Pavlodar. 2014 – №3 – P. 33–42.

6 **Akhmetbaev, D. S., Aubakir, D. A., Sarsikeev, Ye. Zh., Bainiyazov, B. A., Surkov, M. A., Rozhko, V. I., Ansabekova, G.N., Yerbolova, A. S., Suleimenov, A. T., Tokasheva, M. S.** Development of topological method for calculating current distribution coefficients in complex power networks // Results in Physics, 2017, 7 – P. 1644–1649.

7 **Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D., Berdygojin, A. S.** Topologicheskii metod formirovaniya uzlovyh uravnenii v obraschennoi forme dlya elektroenergeticheskikh system [Topological method for the formation of nodal equations in inverted form for electric power systems] // Elektrichestvo. Moscow. 2018, №5 – P.18-27.

8 **Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D.** The System Method for Calculating the Power of Compensating Devices in Electrical Networks of Power Systems // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 8, Issue 10, October 2018).

9 **Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D., Zhantlessova, A. B.** Formation of the Z-Form of Equations of Steady-State Modes of Energy Systems' Complex Electric Networks. Web of Conferences 58, 02021 (2018).

10 Akhmetbaev, D. S., Akhmetbaev, A. D., Zhantlessova, A. B. Calculations of the Complex Network's Steady-State Modes by Brining it to Equivalent Open. Web of Conferences 58, 02022 (2018).

Материал поступил в редакцию 13.06.22.

*Д. С. Ахметбаев¹, А. А. Шаймерденов²

^{1,2}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

Материал баспаға 13.06.22 түсті.

КҮРДЕЛІ ТӨРТПОЛЮСТЫ СҰЛБАНЫҢ ЖАЛПЫЛАНҒАН ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ ҮШІН ТОҚТЫҢ ТАРАЛУ КОФИЦИЕНТТЕРІН ҚОЛДАНУ

Жұмыста бастапқы токтардың таралу коэффициенттеріне негізделген төртполюстің жалпыланған параметрлерін есептеу әдісі ұсынылған. Біріккен параметрлері бар электр желілерінің негізгі элементтері Т және П-тәрізді эквивалентті схемалармен ұсынылған, олардың негізінде төртполюстің жалпыланған параметрлері модельденеді. Өте жоғары және аса жоғары кернеулердің электр берілістері бөлінген параметрлері бар эквивалентті тізбектермен модельденеді. Режимдерді есептеу кезінде желінің белгілі бір бөлігін тізбектей қосылған элементтермен эквиваленттеу арқылы есептеу алгоритмдерін жеңілдету қажет болады. Жалпы жағдайда электр желісінің диаграммасының таңдалған бөлігін келтіру үшін оның эквивалентті тізбегін түрлендірудің қолданыстағы әдістерін қолдануға болады. Тізбектей жалғанған төртполюстердің эквивалентті жалпыланған параметрлері сәйкес тұрақты коэффициенттердің матрицалық көбейтіндісі арқылы анықталады. Орындалатын операциялар саны эквивалентті төрт полюстердің санына байланысты. Бұл шарттарда түйіндік токтардың таралу коэффициенттерін тізбектей жалғанған төртполюстердің жүйелі кедергі функцияларын анықтау үшін пайдалануға болады. Желінің таңдалған учаскесінің күрделі схемасымен схемадағы түйіндік токтардың таралу коэффициенттерін пайдалану арқылы анықтауға болады. Схеманы мұндай жеңілдету күрделі электр желілерінің режимдерін есептеу алгоритмдерін айтарлықтай жеңілдетеді.

Ұсынылған әдістің тиімділігі әртүрлі конфигурациялы схеманың мысалында көрсетілген.

Кілтті сөздер: Электр тораптары, төртполюстік, жсалтылған параметрлер, токтың таралу коэффициенттері, кедергінің жүйелік функциялары.

*D. S. Akhmetbaev¹, A. A. Shaimerdenov²

^{1,2}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 13.06.22

APPLICATION OF CURRENT DISTRIBUTION COEFFICIENTS FOR CALCULATION OF GENERALIZED PARAMETERS OF A COMPLEX QUADRIPOLE CIRCUIT

The paper proposes a method for calculating the generalized parameters of a quadripole, based on the distribution coefficients of driving currents. The main elements of electrical networks with lumped parameters are represented by T and U-shaped equivalent circuits, on the basis of which the generalized parameters of a quadripole are modeled. Power transmissions of high and ultrahigh voltages are modeled by equivalent circuits with distributed parameters. When calculating the modes, it becomes necessary to simplify the calculation algorithms by equivalenting a certain section of the network with series-connected elements. In the general case, to bring the selected part of the electrical network diagram, existing methods for converting its equivalent circuit can be used. The equivalent generalized parameters of series-connected quadripoles are determined by the matrix product of the corresponding constant coefficients. The number of operations performed depends on the number of equivalent quadripoles. Under these conditions, the distribution coefficients of nodal currents can be used to determine the systemic resistance functions of series-connected quadripoles. With a complex scheme of a selected section of the network, can be determined using the distribution coefficients of nodal currents in the scheme. Such a simplification of the circuit greatly facilitates the algorithms for calculating the modes of complex electrical networks.

The effectiveness of the proposed method is shown on the example of a circuit of various configurations.

Keywords: Electrical networks, quadripole, generalized parameters, current distribution coefficients, system resistance functions.

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz