

Минобрнауки России

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(Технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))**

Кафедра электротехники и электроники

Н.А. Александрова, В.В. Романенко

**Расчет сложной цепи переменного тока
символическим методом**

**Методические указания
к курсовому проектированию**

**Санкт-Петербург
2015**

УДК 621.3

Александрова Н.А. Расчет сложной цепи переменного тока символическим методом: методические указания/ Н.А. Александрова, В.В. Романенко. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 9 с.

В методических указаниях приведены варианты заданий, пример расчета сложной цепи переменного тока символическим методом и список литературы.

Методические указания предназначены для студентов заочного отделения в соответствии с рабочими программами кафедры электротехники и электроники.

Рис. 2, табл. 2, библиогр. 2 назв.

Расчет сложной цепи переменного тока символическим методом

Задание для расчета:

1. Для цепи переменного тока со смешанным соединением элементов, изображенной на рисунке 1, символическим методом рассчитать следующие величины:
сопротивления и проводимости ветвей параллельного участка 2-3;
суммарную проводимость и сопротивление параллельного участка 2-3;
полное сопротивление цепи;
ток в неразветвленной части цепи;
падение напряжения на параллельном участке схемы;
токи ветвей параллельного участка;
падения напряжения на элементах последовательного участка схемы.
2. Для проверки расчетов сравнить сумму падений напряжения на всех участках цепи с напряжением на входе схемы.
3. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.
4. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность всей схемы, последовательного участка цепи и ветвей параллельной части схемы.
5. Проверить правильность расчета мощности.

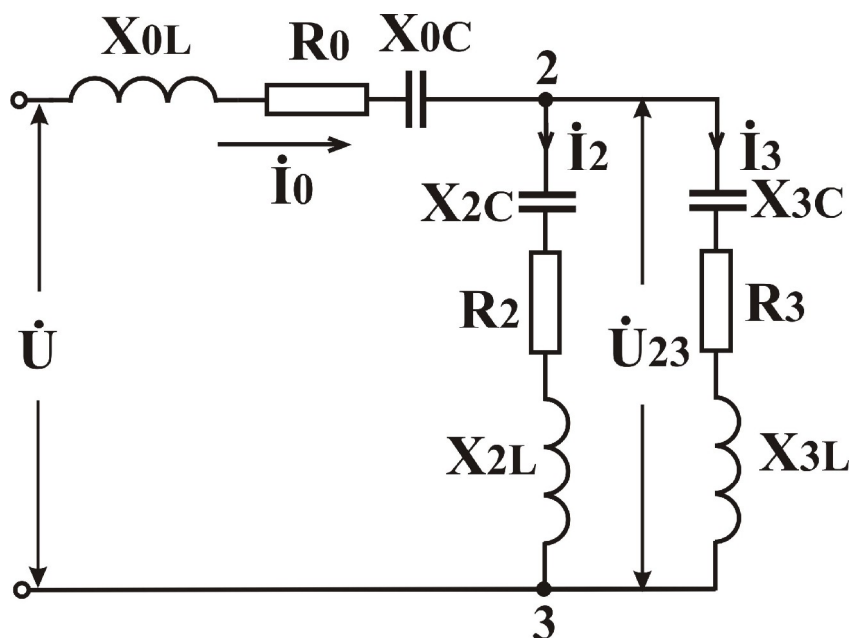


Рисунок 1. Схема цепи переменного тока со смешанным соединением элементов

Таблица 1. Варианты задания для расчета цепи переменного тока при смешанном соединении элементов.

№ вар.	\dot{U} В	X_{0L} Ом	R_0 Ом	X_{0C} Ом	X_{2C} Ом	R_2 Ом	X_{2L} Ом	X_{3Cb} Ом	R_{3c} Ом	X_{3Lc} Ом
1	$10e^{j0}$	8	3	4	6	8	12	6	3	2
2	$100e^{j0}$	3	8	9	8	3	4	4	8	10
3	$10e^{j0}$	8	4	5	3	6	11	6	4	3
4	$100e^{j0}$	2	6	10	8	4	5	8	6	16
5	$10e^{j0}$	9	3	5	5	3	9	14	8	8
6	$100e^{j0}$	4	6	12	12	8	6	8	3	12
7	$10e^{j0}$	9	8	3	5	6	13	6	4	3
8	$100e^{j0}$	8	4	11	7	4	4	4	6	12
9	$10e^{j0}$	11	6	3	12	8	18	12	3	8
10	$100e^{j0}$	6	3	10	11	6	3	3	4	6
11	$10e^{j0}$	8	4	5	6	3	10	16	8	10
12	$100e^{j0}$	7	8	13	8	4	5	10	6	18
13	$10e^{j0}$	8	3	4	5	6	13	5	4	2
14	$100e^{j0}$	5	4	8	10	3	6	9	6	17
15	$10e^{j0}$	16	8	10	8	8	14	8	3	4
16	$100e^{j0}$	8	6	16	18	6	10	9	4	12
17	$10e^{j0}$	6	4	3	5	4	8	15	6	7
18	$100e^{j0}$	2	6	10	15	8	9	3	3	7
19	$10e^{j0}$	9	3	5	8	3	12	9	8	3
20	$100e^{j0}$	4	8	10	7	4	4	3	6	11
21	$10e^{j0}$	9	4	6	10	8	16	10	3	6
22	$100e^{j0}$	4	3	8	14	6	6	7	4	10
23	$10e^{j0}$	10	6	2	4	3	8	10	8	4
24	$100e^{j0}$	5	8	11	12	6	4	10	4	13
25	$10e^{j0}$	13	4	10	3	8	9	12	3	8
26	$100e^{j0}$	6	6	14	8	4	5	8	6	16
27	$10e^{j0}$	14	8	8	6	3	10	12	8	6
28	$100e^{j0}$	11	3	15	11	8	5	7	3	11
29	$10e^{j0}$	12	4	9	4	4	7	15	6	7
30	$100e^{j0}$	6	6	14	13	6	5	9	4	12

Пример расчета:

Таблица 2. Начальные данные для расчета

№ вар.	\dot{U} В	X_{0L} Ом	R_0 Ом	X_{0C} Ом	X_{2C} Ом	R_2 Ом	X_{2L} Ом	X_{3Cb} Ом	R_{3c} Ом	X_{3Lc} Ом
0	$100e^{j0}$	7	4	3	9	8	3	2	3	6

1. Находим сопротивления и проводимости ветвей параллельного участка 2-3

Сопротивление второй ветви

$$\dot{Z}_2 = R_2 + j(X_{2L} - X_{2C}) = 8 + j(3 - 9) = 8 - j6 \text{ Ом}$$

Преобразуем \dot{Z}_2 в показательную форму $\dot{Z}_2 = Z_2 e^{j\varphi_{Z2}} = 10e^{-j36,9} \text{ Ом}$

$$(Z_2 = \sqrt{(R_2)^2 + (X_{2L} - X_{2C})^2}; \quad \varphi_{Z2} = \arctg \frac{(X_{2L} - X_{2C})}{R_2})$$

Проводимость второй ветви $\dot{Y}_2 = \frac{1}{\dot{Z}_2 e^{j\varphi_{Z2}}} = \frac{1}{10e^{-j36,9}} = 0,1e^{j36,9} \text{ См}$

Преобразуем \dot{Y}_2 в алгебраическую форму

$$\dot{Y}_2 = \text{Re } \dot{Y}_2 + j \text{Im } \dot{Y}_2 = 0,08 + j0,06 \text{ См}$$

$$(\text{Re } \dot{Y}_2 = Y_2 \cdot \cos\varphi; \quad \text{Im } \dot{Y}_2 = Y_2 \cdot \sin\varphi)$$

Аналогично находим сопротивление и проводимость третьей ветви

$$\dot{Z}_3 = R_3 + j(X_{3L} - X_{3C}) = 3 + j(6 - 2) = 3 + j4 = 5e^{j53,1} \text{ Ом}$$

$$\dot{Y}_3 = \frac{1}{\dot{Z}_3 e^{j\varphi_{Z3}}} = \frac{1}{5e^{j53,1}} = 0,2e^{-j53,1} = 0,12 - j0,16 \text{ См}$$

2. Находим суммарную проводимость и сопротивление параллельного участка схемы 2-3

$$\dot{Y}_{23} = \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3 = 0,08 + j0,06 + 0,12 - j0,16 = 0,2 - j0,1 \text{ См}$$

Преобразуем \dot{Y}_{23} в показательную форму

$$\dot{Y}_{23} = Y_{23} e^{j\varphi_{Y23}} = 0,224e^{-j26,6} \text{ См}$$

Сопротивление параллельного участка

$$\dot{Z}_{23} = \frac{1}{\dot{Y}_{23} e^{j\varphi_{Y23}}} = \frac{1}{0,224e^{-j26,6}} = 4,46e^{j26,6} \text{ Ом}$$

Преобразуем \dot{Z}_{23} в алгебраическую форму $\dot{Z}_{23} = 4 + j2 \text{ Ом}$

3. Находим полное сопротивление цепи \dot{Z}

$$\dot{Z} = \dot{Z}_0 + \dot{Z}_{23} = 4 + j(7 - 3) + 4 + j2 = 8 + j6 \text{ Ом}$$

Преобразуем \dot{Z} в показательную форму $\dot{Z} = Ze^{j\varphi_Z} = 10e^{j36,9} \text{ Ом}$

4. Находим ток в неразветвленной части цепи \dot{I}_0

Направим приложенное напряжение по вещественной оси $\dot{U} = 100e^{j0}$

$$\dot{I}_0 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{100e^{j0}}{10e^{j36,9}} = 10e^{-j36,9} = 8 - j6 \text{ А}$$

5. Находим падение напряжения на параллельном участке 2-3

$$\dot{U}_{23} = \dot{I}_0 \cdot \dot{Z}_{23} = 10e^{-j36,9} \cdot 4,46e^{j26,6} = 44,6e^{-j10,3} = 44 - j8 \text{ В}$$

6. Находим токи ветвей

$$\dot{I}_2 = \dot{U}_{23} \cdot \dot{Y}_2 = 44,6e^{-j10,3} \cdot 0,1e^{j36,9} = 4,46e^{j26,6} = 4 + j2 \text{ А}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{U}_{23} \cdot \dot{Y}_3 = 44,6e^{-j10,3} \cdot 0,2e^{-j53,1} = 8,92e^{-j63,4} = 4 - j8 \text{ А}$$

7. Находим падение напряжения на элементах последовательного участка цепи

$$\dot{U}_{X_{0L}} = \dot{I}_0 \cdot X_{0L} = 10e^{-j36,9} \cdot 7e^{j90} = 70e^{j53,1} = 42 + j56 \text{ В}$$

$$\dot{U}_{R_0} = \dot{I}_0 \cdot R_0 = 10e^{-j36,9} \cdot 4e^{j0} = 40e^{-j36,9} = 32 - j24 \text{ В}$$

$$\dot{U}_{X_{0C}} = \dot{I}_0 \cdot X_{0C} = 10e^{-j36,9} \cdot 3e^{-j90} = 30e^{-j126,9} = -18 - j24 \text{ В}$$

8. Для проверки расчетов найдем векторную сумму падений напряжения на всех участках схемы, она должна быть равна напряжению на входе схемы 100 В

$$\begin{aligned} \dot{U}_{X_{0L}} + \dot{U}_{R_0} + \dot{U}_{X_{0C}} + \dot{U}_{X_{23}} &= \\ &= 42 + j56 + 32 - j24 - 18 - j24 + 44 - j8 = 100 = 100e^{j0} \text{ В} \end{aligned}$$

9. Построение векторной диаграммы

Диаграмма напряжений - на комплексной плоскости складываем напряжения на всех элементах схемы - строим вектор напряжения на первом элементе последовательного участка цепи $\dot{U}_{X_{0L}}$ (по вещественной оси откладываем

$\text{Re } \dot{U}_{X_{0L}}$, а по мнимой - $\text{Im } \dot{U}_{X_{0L}}$). Из конца этого вектора аналогично

строим напряжение на втором элементе последовательного участка цепи

\dot{U}_{R_0} . - получаем векторную сумму двух напряжений. Аналогично добавляем

напряжение $\dot{U}_{x_{0c}}$ и $\dot{U}_{x_{23}}$ - получаем векторную сумму напряжений на всех участках цепи, т.е. напряжение на входе схемы.

Диаграмма токов - на комплексной плоскости строим ток второй ветви (по вещественной оси откладываем $\mathbf{Re} \dot{I}_2$, а по мнимой - $\mathbf{Im} \dot{I}_2$). Из конца этого вектора аналогично строим ток третьей ветви – получаем векторную сумму токов в ветвях параллельного участка схемы, который должен быть равен рассчитанному значению тока в неразветвленной части цепи \dot{I}_0 .

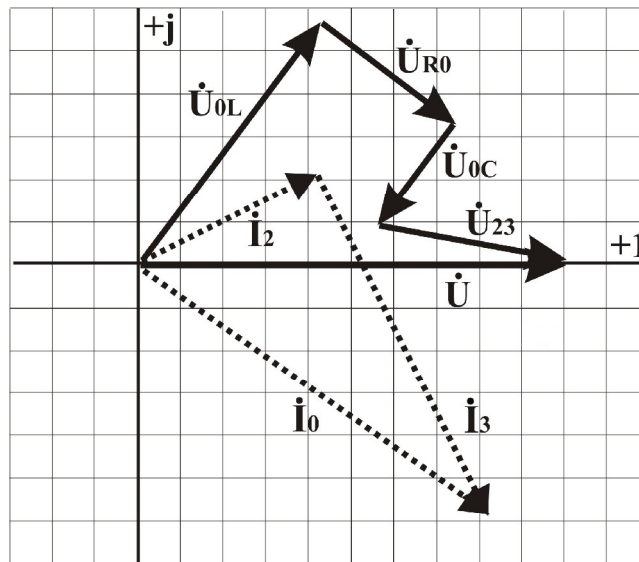


Рисунок 2. Векторная диаграмма цепи переменного тока со смешанным соединением элементов

10. Расчет мощности всей схемы, последовательного и ветвей параллельного участков цепи.

Полная мощность всей схемы

$$\dot{S} = \dot{U} \cdot \dot{I}_0^* = 100e^{j0} \cdot 10e^{j36,9} = 1000e^{j36,9} = 800 + j600 \text{ ВА}$$

Активная мощность всей схемы $P = \mathbf{Re} \dot{S} = 800 \text{ Вт}$

Реактивная мощность всей схемы $Q = \mathbf{Im} \dot{S} = 600 \text{ Вар}$

Полная мощность второй ветви

$$\dot{S}_2 = \dot{U}_{23} \cdot \dot{I}_2^* = 44,6e^{-j10,3} \cdot 4,46e^{-j26,6} = 200e^{-j36,9} = 160 - j120 \text{ ВА}$$

Активная мощность второй ветви $P_2 = \mathbf{Re} \dot{S}_2 = 160 \text{ Вт}$

Реактивная мощность второй ветви $Q_2 = \mathbf{Im} \dot{S}_2 = -120 \text{ Вар}$

Полная мощность третьей ветви

$$\dot{S}_3 = \dot{U}_{23} \cdot \dot{I}_3^* = 44,6e^{-j10,3} \cdot 8,92e^{j63,4} = 400e^{j53,1} = 240 + j320 \text{ ВА}$$

Активная мощность третьей ветви $P_3 = \text{Re}\dot{S}_3 = 240 \text{ Вт}$

Реактивная мощность третьей ветви $Q_3 = \text{Im}\dot{S}_3 = 320 \text{ ВАр}$

Полная мощность последовательного участка цепи

$$\begin{aligned}\dot{S}_0 &= (\dot{U}_{X_{0L}} + \dot{U}_{R_0} + \dot{U}_{X_{0C}}) \cdot \dot{I}_0^* = (42 + j56 + 32 - j24 - 18 - j24) \cdot 10e^{j36,9} = \\ &= 56,6e^{j8,1} \cdot 10e^{j36,9} = 566e^{j45} = 400 + j400 \text{ ВА}\end{aligned}$$

Активная мощность последовательного участка цепи

$$P_0 = \text{Re}\dot{S}_0 = 400 \text{ Вт}$$

Реактивная мощность последовательного участка цепи

$$Q_0 = \text{Im}\dot{S}_0 = 400 \text{ ВАр}$$

11. Проверка расчета мощности:

Активная мощность всей схемы (800 Вт) должна быть равна сумме активной мощности последовательной и параллельных ветвей

$$P = P_0 + P_2 + P_3 = 400 + 160 + 240 = 800 \text{ Вт}$$

Реактивная мощность всей схемы (600 Вар) должна быть равна алгебраической сумме реактивной мощности последовательной и параллельных ветвей

$$Q = Q_0 + Q_2 + Q_3 = 400 - 120 + 320 = 600 \text{ Вт}$$

Совпадение полученных результатов свидетельствует о правильности расчета мощности.

Справочные материалы:

Формулы для преобразования комплексных чисел

Алгебраическая форма комплексного числа $A = \text{Re}A + j \text{Im}A = A' + j A''$

Показательная форма комплексного числа $A = A \cdot e^{j\varphi}$

$$\text{Re}A = A' = A \cdot \cos\varphi$$

$$\text{Im}A = A'' = A \cdot \sin\varphi$$

$$A = \sqrt{(A')^2 + (A'')^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{A''}{A'}, \text{ если } A' \geq 0$$

$$\varphi = \arctg \frac{A''}{A'} + 180^\circ, \text{ если } A' < 0$$

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Александрова Н.А. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Н.А.Александрова, В.П.Катушкин, В.В.Романенко/ СПбГТИ(ТУ), Электронная библиотека.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2008.- 98 с.

Дополнительная

2. Иванов, И.И. Электротехника : учебник для неэлектротехнических направлений и специальностей вузов / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.С. Равдоник. – СПб. : Лань, 2006 . -496 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Задание для расчета.....	3
2	Варианты задания для расчета цепи переменного тока при смешанном соединении элементов.....	4
3	Пример расчета.....	5
4	Литература.....	9

Кафедра электротехники и электроники

Методические указания
к курсовому проектированию

Расчет сложной цепи переменного тока
символическим методом

Наталья Александровна Александрова
Виталий Владимирович Романенко

Отпечатано с оригинал–макета. Формат 60x90 1/16
Печ.л. 6.4 Тираж экз.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(Технический университет)

198013 Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26
Типография издательства СПбГТИ (ТУ) т. 49-49-365