	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»	Методические указания
		Б1.В.07 Теоретические основы электротехники

Кафедра электрических машин и
электрооборудования

Б1.В.07 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине

Направление подготовки
35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки
Электрооборудование и электротехнологии

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Уфа 2023

УДК 621.3
ББК 31.2
М 54

Рекомендовано к изданию методической комиссией энергетического факультета (протокол № 7/3 от «25» марта 2023 г.)

Составители: д-р техн. наук, профессор Аипов Р.С.
канд. техн. наук, ст. преподаватель Нугуманов Р.Р.

Рецензент: заведующий кафедрой электроснабжения и применения электрической энергии в с.х., д-р техн. наук Галиуллин Р.Р.

Ответственный за выпуск: и.о. заведующего кафедрой электрических машин и электрооборудования канд. техн. наук, доцент Акчурин С.В.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	5
2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	6
2.1 Вопросы для повторения	6
2.2 Задание №1	6
2.3 Задание по вариантам	7
2.4 Указания к выполнению задания	8
3. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	9
3.1 Вопросы для повторения	9
3.2 Задание №2	9
3.3. Задание по вариантам	11
3.4 Указания к выполнению задания	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	15

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания являются составной частью учебно-методического комплекса (УМК) дисциплины «Б1.В.07 Теоретические основы электротехники», включающего в себя сведения о структуре дисциплины, ее содержании, рекомендации студентам по выполнению расчетно-графической работы.

Изложение и объём учебного материала соответствует рабочей программе дисциплины.

В методических указаниях рассматриваются две основные темы:

- линейные электрические цепи постоянного тока;
- электрические цепи однофазного тока;

Структура каждой главы содержит теоретические положения для самостоятельного решения расчетно-графической работы.

Каждая глава обеспечивает:

- эффективную теоретическую и практическую подготовку бакалавров в области теоретической электротехники;
- развитие технического мышления;
- приобретение знаний, необходимых для изучения специальных дисциплин, связанных с эксплуатацией электротехнического оборудования;
- овладение знаниями, умениями и навыками, необходимыми для квалификационного и безопасного использования электротехнических устройств с целью реализации производственного процесса.

Такая структура позволяет формировать соответствующие профессиональные компетенции ФГОС ВО.

1 УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

В процессе выполнения расчетно-графической работы (РГР) студенты должны приобрести навыки расчета линейных электрических цепей постоянного и однофазного синусоидального тока, а также трехфазных электрических цепей. Исходные параметры цепи, ее электрическая схема задаются в индивидуальных заданиях.

При выполнении РГР следует пользоваться общепринятыми обозначениями, расшифровывая их при первом применении. Решение должно сопровождаться краткими, но четкими пояснениями. Текст, формулы и числовые выкладки должны быть написаны четко и аккуратно. Все единицы измерения должны соответствовать Международной системе единиц СИ. Схемы, графики и векторные диаграммы должны вычерчиваться с соблюдением масштаба и ГОСТов.

РГР должна состоять из пояснительной записки, которая выполнена на листах формата А4 (297×210) мм. Рекомендуемый объем пояснительной записки составляет:

- при выполнении рукописным способом – 10-12 с.;
- при использовании средств оргтехники – 8-10 с.

Пояснительная записка оформляется согласно требованиям СТП БГАУ 2009 и должна включать:

- титульный лист;
- оглавление;
- задание на работу с указанием типовых схем и исходных данных для ее расчета;
- расчет электрической цепи с применением программных продуктов (MathCad);
- проверку правильности решения;
- библиографический список.

2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

2.1 Вопросы для повторения

Линейные электрические цепи постоянного тока: основные понятия и определения. Топологические понятия схемы электрической цепи. Эквивалентные преобразования схем: «треугольник-звезда», «звезда-треугольник». Методы расчета электрических цепей. Законы электрических цепей. Методы контурных токов и узловых потенциалов. Метод двух узлов. Метод эквивалентного генератора. Баланс мощностей в электрической цепи.

2.2 Задание №1

2.2.1 Дана исходная электрическая схема (рисунок 2.1).

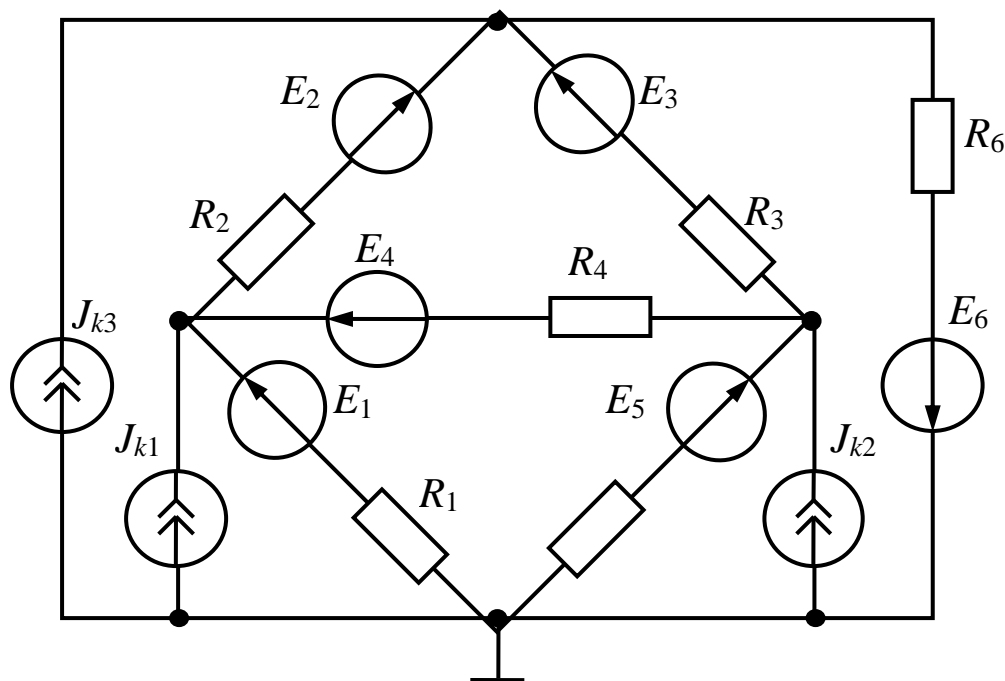


Рисунок 2.1 Исходная электрическая схема

2.2.2 По индивидуальному заданию составить свою расчетную схему. Вариант индивидуального задания определяется порядковым номером студента в списке

группы или назначается преподавателем. Например, индивидуальное задание дано в виде таблицы:

Таблица 2.1 Значения параметров расчетной схемы

R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом	E_1 , В	E_2 , В	E_3 , В	E_4 , В	E_5 , В	E_6 , В	J_{k1} , А	J_{k2} , А	J_{k3} , А
23	78	12	40	65	77	100	0	70	0	0	0	2	0	0

Соответствующая индивидуальному заданию расчетная схема имеет вид (рисунок 2.2):

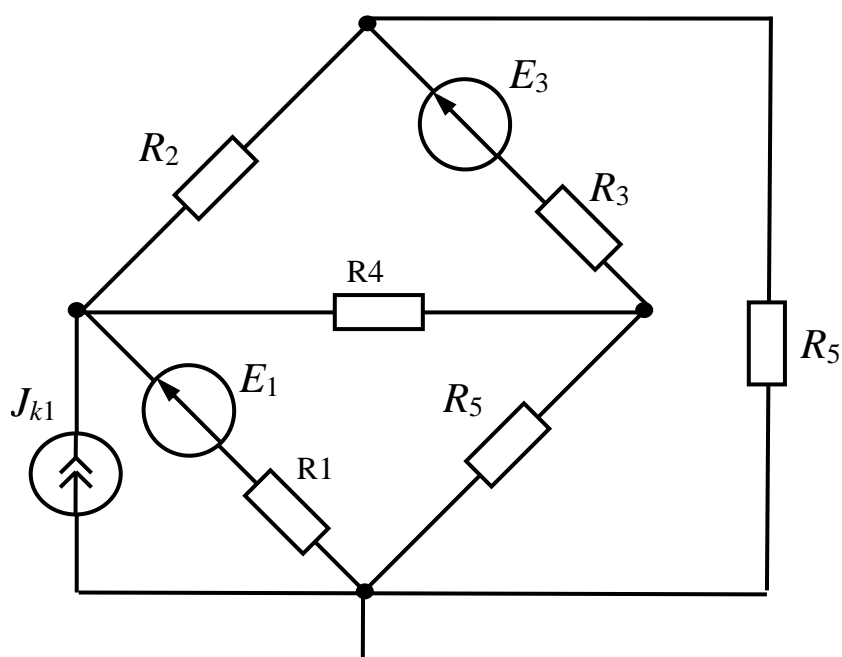


Рисунок 2.2 Пример расчетной электрической схемы

2.3 Задание по вариантам

№ ва р.	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом	E_1 , В	E_2 , В	E_3 , В	E_4 , В	E_5 , В	E_6 , В	J_{k1} , А	J_{k2} , А	J_{k3} , А
1	40	66	10	70	12	65	-	45	-	-	50	-	-	7	0,5
2	30	17	67	33	55	13	-	200	-	-	50	-	-	3	-
3	22	17	67	41	46	13	48	-	70	-	-	-	5	-	-
4	30	30	45	66	10	71	-	75	-	-	4	20	-	-	0,5
5	23	78	17	40	65	77	45	-	100	50	4	-	-	-	1
6	23	82	12	40	65	83	-	95	-	-	200	4	-	1	-
7	23	78	12	48	65	77	-	42	103	-	-	-	-	2	1
8	30	34	65	60	40	75	55	-	-	2	-	60	-	2	-

9	45	33	15	45	11	65	-	-	3	95	-	50	6	-	-
10	73	69	43	60	50	42	26	40	-	-	35	-	-	2,5	-
11	22	44	65	60	35	84	-	-	120	80	4	-	-	-	4
12	75	25	15	50	46	22	15	-	-	-	55	4	-	2	-
13	30	21	45	66	10	63	-	75	-	-	-	20	-	-	0,5
14	26	28	71	31	50	54	-	190	-	-	30	-	3,5	-	-
15	28	17	67	33	46	21	-	-	-	90	-	156	-	5	4
16	23	78	17	40	65	77	3	-	70	-	-	180	-	-	2
17	80	23	15	54	14	65	-	-	55	90	5	-	1,5	-	-
18	50	60	44	78	35	65	120	-	-	59	-	-	-	1	5
19	50	60	54	72	35	55	66	-	-	70	2	-	2	-	-
20	30	45	20	60	76	80	-	4	26	-	-	81	-	-	3
21	11	45	60	23	65	30	-	70	-	-	100	-	3	-	-
22	34	75	12	40	56	77	2	-	140	50	4	-	-	5	1,5
23	75	25	12	50	46	22	-	80	-	-	100	-	-	-	5
24	50	60	51	72	35	55	-	25	-	-	100	-	9	-	-
25	11	55	50	23	65	30	52	-	70	-	-	4	-	3	-
26	30	21	45	66	10	63	55	-	-	-	-	60	-	-	5
27	80	50	15	59	11	35	-	-	60	158	-	-	-	-	7
28	25	35	22	55	59	21	-	60	-	80	-	-	1,5	-	-
29	57	34	69	75	70	55	100	-	150	-	-	-	2	-	-
30	89	15	33	24	80	31	85	-	-	-	40	80	-	-	-

2.4 Указания к выполнению задания

2.4.1 В соответствии с составленной расчетной схемой и индивидуальным заданием выполнить следующие расчеты:

2.4.2 Составить в общем виде систему уравнений с помощью законов Кирхгофа.

2.4.3 Определить токи в ветвях схемы методом контурных токов и узловых потенциалов.

2.4.4 Определить ток I_1 методом эквивалентного генератора при изменении величины сопротивления R_1 в пределах от R_1 до $6R_1$. Построить график зависимости $I_1 = f(R_1)$.

2.4.5 Для сравнения результаты расчетов, проведенных тремя методами, свести в одну таблицу.

2.4.6 Составить баланс мощностей.

3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

3.1 Вопросы для повторения

Линейные электрические цепи синусоидального тока. Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Источники синусоидальных ЭДС и токов. Действующее и среднее значения периодических ЭДС, напряжений и токов.

Изображение синусоидальной функции комплексными числами. Векторные диаграммы. Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением R , L и C элементов. Синусоидальный ток в цепи с параллельным соединением R , L и C элементов. Комплексные сопротивления и проводимости. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексный метод расчета электрических цепей. Активная, реактивная и полная мощности. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Условия передачи максимальной мощности, согласование.

3.2 Задание № 2

Исходные электрические схемы приведены на рисунках 3.1 и 3.2.

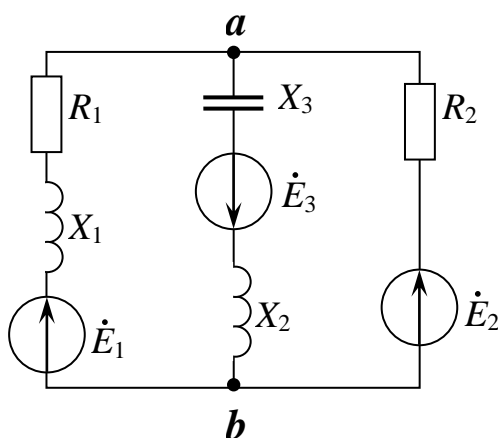


Рисунок 3.1

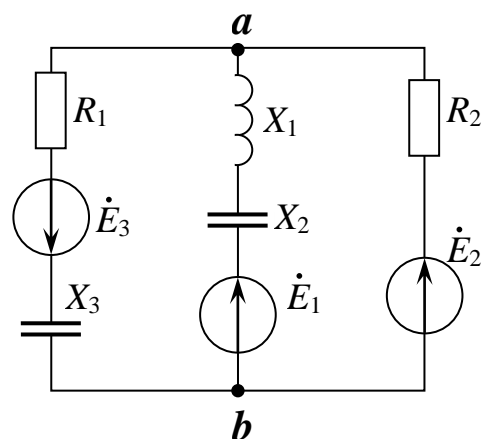


Рисунок 3.2

Параметры источников ЭДС:

$$e_1 = 310 \sin 341t, \text{ В};$$

$$e_2 = 310 \sin(341t + 60^\circ), \text{ В};$$

$$e_3 = 141 \sin(341t - 30^\circ), \text{ В}.$$

По индивидуальному заданию составить свою расчетную схему. Вариант индивидуального задания определяется порядковым номером студента в списке группы или назначается преподавателем. Например, индивидуальное задание дано в виде таблицы:

Таблица 3.1 Исходные данные для расчета электрической цепи

№ рисунка	E_1	E_2	E_3	$R_1, \text{ Ом}$	$R_2, \text{ Ом}$	$X_1, \text{ Ом}$	$X_2, \text{ Ом}$	$X_3, \text{ Ом}$
3.1	0	+	+	40	36	22	24	13

Соответствующая индивидуальному заданию расчетная схема имеет вид (рисунок 3.3).

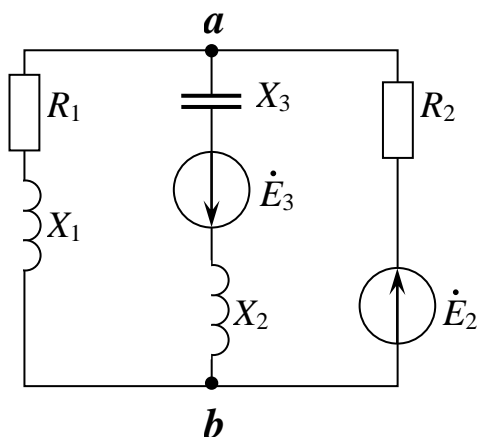


Рисунок 3.3

В полученной схеме:

3.2.1 Рассчитать токи в ветвях методом наложения с применением комплексных чисел.

3.2.2 Определить активные и реактивные мощности источников ЭДС и всех пассивных элементов цепи.

3.2.3 Проверить правильность расчетов, составив уравнения баланса активных и реактивных мощностей цепи.

3.2.3 Построить векторную диаграмму токов на комплексной плоскости.

3.3 Задание по вариантам

№ вар.	№ рис.	E_1 , В	E_2 , В	E_3 , В	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_1 , Ом	X_2 , Ом	X_3 , Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	А	0	+	+	13	46	28	59	77
2	Б	+	0	+	22	33	44	55	66
3	А	+	+	0	46	12	34	17	21
4	Б	0	+	+	46	33	31	82	58
5	А	+	0	+	10	20	30	40	50
6	Б	+	+	0	21	17	45	50	55
7	А	0	+	+	34	45	56	67	78
8	Б	+	0	+	25	21	54	33	35
9	А	+	+	0	11	47	32	63	50
10	Б	0	+	+	48	15	64	31	26
11	А	+	0	+	27	30	41	12	59
12	Б	+	+	0	15	51	23	37	48
13	А	0	+	+	29	20	52	41	38
14	Б	+	0	+	54	43	37	24	18
15	А	+	+	0	20	40	30	10	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Б	0	+	+	16	44	31	25	62
17	А	+	0	+	41	14	39	56	24
18	Б	+	+	0	38	45	63	21	19
19	А	0	+	+	50	48	25	11	32
20	Б	+	0	+	17	24	56	43	36
21	А	+	+	0	30	16	59	18	29
22	Б	0	+	+	63	14	75	41	39
23	А	+	0	+	72	41	35	12	54
24	Б	+	+	0	57	30	18	68	23
25	А	0	+	+	60	29	33	57	45
26	Б	+	0	+	45	11	61	23	35
27	А	+	+	0	28	53	16	77	30
28	Б	0	+	+	15	42	63	34	25
29	А	+	0	+	23	12	42	56	37
30	Б	+	+	0	30	10	50	20	40

3.4 Указания к выполнению задания

3.3.1 Предварительно представим ЭДС и сопротивления ветвей в комплексной форме:

$$\begin{aligned}\dot{E}_1 &= E_1 e^{j\varphi_1} = 220 e^{j0^\circ} = 220 \text{ В}; & \dot{E}_2 &= E_2 e^{j\varphi_2} = 220 e^{j60^\circ} = 110 + j190 \text{ В}; \\ \dot{E}_3 &= E_3 e^{j\varphi_3} = 100 e^{-j30^\circ} = 86,6 - j50 \text{ В}.\end{aligned}$$

В вычислениях E_1, E_2, E_3 – действующие значения ЭДС:

$$E_1 = E_2 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{310}{\sqrt{2}} = 220 \text{ В}; \quad E_3 = \frac{E_{3m}}{\sqrt{2}} = \frac{141}{\sqrt{2}} = 100 \text{ В}.$$

Комплексные сопротивления ветвей:

$$z_1 = R_1 + j(X_L - X_C) \text{ Ом};$$

$$z_2 = j(X_L - X_C) \text{ Ом};$$

$$z_3 = R_2 \text{ Ом}.$$

Для удобства дальнейших вычислений комплексные сопротивления ветвей лучше сразу представлять в алгебраическом и показательном виде.

Токи в ветвях составленной расчетной схемы могут быть определены с помощью любого известного метода расчета электрических цепей, например метода эквивалентных преобразований, метода контурных токов, метода двух узлов, метода наложения и т.п. Указания к применению некоторых методов расчета приведены ниже.

3.3.2 Расчет токов в ветвях методом наложения

Схема имеет 2 источника ЭДС, следовательно, по методу наложения необходимо определить частичные токи от действия 2 источников. Для этого последовательно исключаем из схемы ЭДС, оставляя только один источник, а остальные ЭДС закорачиваются (рисунки 3.4 и 3.5), т.к. внутренние сопротивления идеальных источников ЭДС равны нулю.

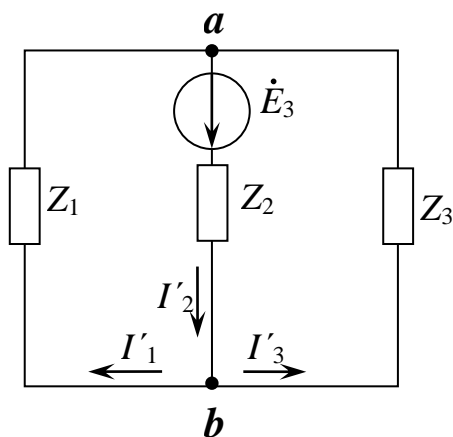


Рисунок 3.4

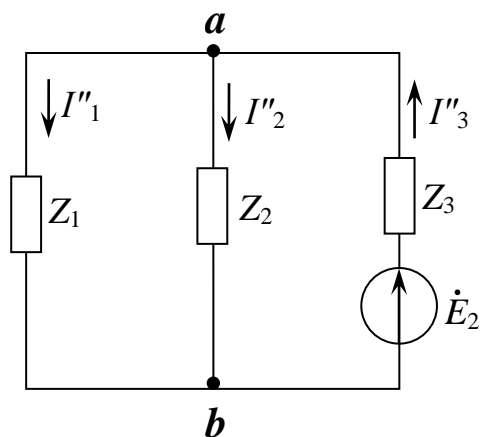


Рисунок 3.5

Расчет частичных токов для схемы на рисунке 3.4:

$$i'_2 = \frac{\dot{E}_3}{Z_2 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3}} \text{ А.}$$

Частичные токи в параллельных ветвях:

$$i'_1 = i'_2 \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3} \cdot \frac{1}{Z_1} = i'_2 \frac{Z_3}{Z_1 + Z_3} \text{ А;} \quad i'_3 = i'_2 \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3} \cdot \frac{1}{Z_3} = i'_2 \frac{Z_1}{Z_1 + Z_3} \text{ А.}$$

Расчет частичных токов для схемы на рисунке 3.5 проводится аналогично.

Действительные токи в ветвях определяются суммой частичных токов в каждой из ветвей с учетом направлений частичных токов.

3.3.3 Активные, реактивные и полные мощности элементов цепи и баланс мощностей

Мощности источников ЭДС:

$$\tilde{S} = \dot{E} \dot{I}^* = P \pm jQ = \sqrt{P^2 + Q^2} e^{j\varphi_1}; \text{ ВА.}$$

Здесь \dot{I}^* – сопряженный комплекс тока соответствующей ветви;

\tilde{S} – полная мощность источника, ВА;

P – активная мощность источника, Вт;

Q – реактивная мощность источника, ВАр.

Суммарная активная мощность источников

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ Вт.}$$

Суммарная реактивная мощность источников

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ ВАр.}$$

Суммарные мощности приемников:

$$P = I^2 R, \text{ Вт; } Q = I^2 X, \text{ ВАр.}$$

Проверка баланса мощностей:

$$\sum P_{ист} = \sum P_{пр};$$

$$\sum Q_{ист} = \sum Q_{пр}.$$

Погрешность расчета должна составлять не более 1 %.

3.3.4 Векторная диаграмма токов

Для построения векторной диаграммы токов выбираем масштаб по току m_I [А/см]. Пример векторной диаграммы приведен на рисунке 3.6.

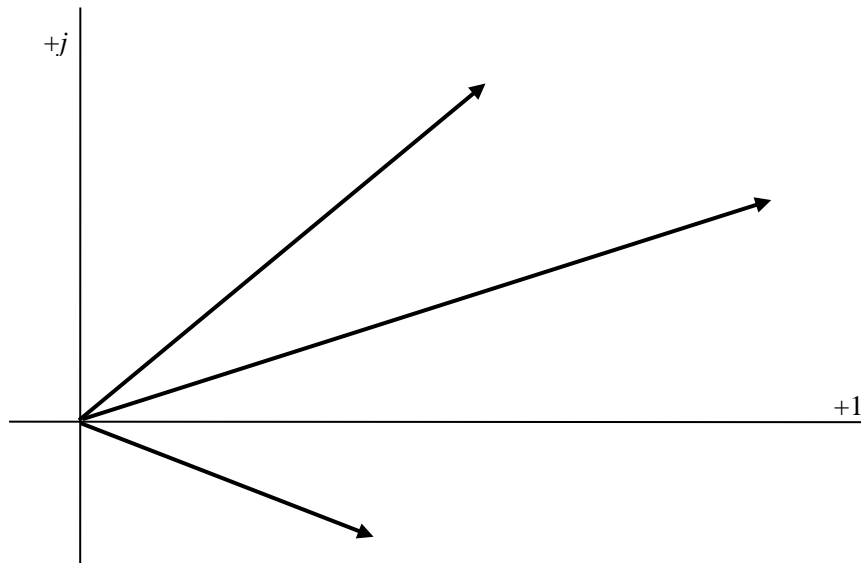


Рисунок 3.6 Пример векторной диаграммы токов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

а) основная литература:

1. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Атабеков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. – 592 с.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров : для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки дипломированных специалистов "Электротехника, электромеханика и электротехнологии", "Электроэнергетика", "Приборостроение" : допущено М-вом образования РФ / Л. А. Бессонов. - 11-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2013. - 701 с. – Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/20907.pdf>

б) дополнительная литература:

3. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники [Текст]: учебник - М.: Высш. шк.: Академия, 2001.- 496 с.
4. Касаткин, А.С. Электротехника [Электронный ресурс]: учебник для студ. не-электротехнических спец. вузов: рек. М-вом образования РФ / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 540 с. – Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/18254.djvu>

