

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Часть 2

Издательство ТГТУ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Часть 2

Методические указания

Тамбов
Издательство ТГТУ
2005

УДК 621.3
ББК №29-5я73-5
Э

Рецензент

доктор технических наук, профессор
С.И. Дворецкий

Э Электротехника. Линейные электрические цепи. Ч. 2: Метод. указания / Авт.-сост.: В.В. Афонин, И.Н. Акулинин, К.А. Набатов, А.А. Ткаченко. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2005. 30 с.

Методические указания содержат задания, варианты и рекомендации для расчетно-графических работ по теме "Трехфазные электрические цепи переменного синусоидального тока" для специальностей 210201, 210217, 220300, 290300, 100400, 311400, 120100, 170501, 170504, 170505, 170509, 170514, 170600, 072000 дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.3
ББК №29-5я73-5

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2005
© Афонин В.В., Акулинин И.И.,
Набатов К.А., Ткаченко А.А. 2005

Учебное издание

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Часть 2

Методические указания

Авторы-составители АФОНИН В.В.,
АКУЛИНИН И.Н.,
НАБАТОВ К.А.,
ТКАЧЕНКО А.А.

Редактор Т.М. Глинкина
Компьютерное макетирование Е.В. Кораблева

Подписано в печать .2005

Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная
Гарнитура Times New Roman. Объем: усл. печ. л.; уч.-изд. л.
Тираж 0 экз. С. ^М

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета,
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Целью настоящей расчетно-графической работы является развитие у студентов дневного и заочного отделений практических навыков решения задач по I разделу "Электротехника: линейные электрические цепи" дисциплины "Электротехника и электроника", углубление и закрепление теоретических знаний, приобретение навыков оформления технической документации и использования электронно-вычислительной техники при проведении технических расчетов.

При выполнении расчетно-графической работы студентам рекомендуется предварительно ознакомиться с теоретическими предпосылками, излагаемыми в лекционном курсе, а также с рекомендованной литературой.

Расчетно-графическая работа содержит исходный текст задания и 150 вариантов, отличающихся друг от друга частично по схемному содержанию и, в основном, по данным электрических величин, но примерно одинаковой сложности расчета. Выбор варианта осуществляется преподавателем.

Расчетно-графическая работа оформляется на листах формата А4 (297 × 210 мм). Записи на листах выполняются на одной стороне. Допускается выполнение работ на развернутых двойных листах из школьных тетрадей в клетку. Расчет искомых величин желательно вести сначала в общем виде (где возможно), а затем в полученные окончательные формулы поставить числовые значения. Не рекомендуется загромождать работы излишними промежуточными вычислениями. При построении графиков и векторных диаграмм необходимо соблюдать принятые в учебных пособиях правила, выбирать удобные масштабы (как правило, кратные числам 2, 5, 10) и обязательно указывать масштаб, обозначения осей и, если это графики, размерности по ним. Исходные рисунки и данные заданий рекомендуется выполнять в виде, приведенном в методических указаниях, а вспомогательные схемы – на усмотрение студента с использованием чертежных инструментов. Для элементов схем и электрических величин следует пользоваться действующими ГОСТ 2.710–81 и ГОСТ 2.755–87.

Титульный лист содержит название вуза, кафедры, расчетно-графической работы, фамилию и инициалы студента и преподавателя, номер группы. Образец оформления титульного листа приведен в приложении.

В приложении приведены также рекомендации по выполнению расчетно-графической работы.

Расчетно-графическая работа считается зачтенной, если она выполнена аккуратно, правильно и защищена устно перед закрепленным кафедрой преподавателем. Зачтенные работы сдаются на хранение кафедре.

ТРЕХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

В трехфазную сеть большой мощности включены однофазные и трехфазные приемники. По значениям параметров приемников, указанным в табл. 1.1, выполнить следующее:

1 Определить комплексные сопротивления приемников (для симметричного трехфазного приемника – одной фазы), записав их в показательной и алгебраической формах. На основании алгебраической формы комплексного сопротивления составить схемы замещения каждого приемника (для симметричного трехфазного приемника – одной фазы).

2 Используя результаты п. 1 задания, составить схему включения приемников и ваттметров для измерения активной суммарной мощности всех приемников. Проставить положительные направления фазных и линейных синусоидальных токов и напряжений.

3 Определить фазные и линейные токи приемников.

4 Определить показания ваттметров.

5 Построить на комплексной плоскости совмещенную векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов.

6 Записать мгновенные значения расчетных линейных токов, а для четырехпроводной системы и тока в нейтральном проводе. Построить временную диаграмму токов, на которой указать углы сдвига фаз между ними. Графически указать для двух любых моментов времени справедливость соотношений:

для трехпроводной системы

$$i_A + i_B + i_C = 0;$$

для четырехпроводной системы

$$i_A + i_B + i_C = i_N.$$

7 Для перечисленных ниже аварийных режимов работы трехфазных цепей рассчитать токи и построить совмещенные векторные топографические диаграммы напряжений и векторные диаграммы токов:

а) у симметричного или несимметричного приемника, фазы которого соединены по схеме "треугольник", произошло:

- обрыв в фазе ab ;
- обрыв линейного провода $B - b$;

б) у несимметричного трехфазного приемника, фазы которого соединены по схеме "звезда", произошло:

- обрыв в фазе c ;
- обрыв нейтрального провода $n - N$;

в) у симметричного трехфазного приемника, фазы которого соединены по схеме "звезда", произошло:

- обрыв в фазе b ;
- короткое замыкание в фазе ca .

8 Определить значение тока, проходящего через тело человека, если он прикоснулся к одной из фаз трехфазной цепи в случае:

- а) пробоя изоляции токоведущих проводов;
- б) пробоя изоляции одной из фаз и замыкании ее на землю.

В вариантах, использующих четырехпроводную систему, нейтральная точка трехфазного источника заземлена, а в вариантах, использующих трехпроводную систему, нейтральная точка изолирована.

Считать сопротивление изоляции нейтрального провода чисто активным и равным $R_{из} = 10$ кОм, а сопротивление тела человека, в соответствии с ГОСТ, равным $R_h = 1$ кОм.

9 Рассчитать параметры трехфазных компенсаторов реактивной мощности (батареи конденсаторов или блока реакторов), повышающих коэффициент мощности симметричного трехфазного приемника до 0,95.

Примечания.

1 Правильность расчетов проверяется из сравнения суммарных показаний ваттметров (п. 4) с суммарной номинальной мощностью приемников (табл. 1.1).

2 В табл. 1.1 (графа " $U_{сети}$ ") указаны линейные напряжения трехфазной сети.

3 Для каждого однофазного и трехфазного приемников в табл. 1.1 указаны: номинальное напряжение приемника U_n , номинальные активная P_n или реактивная Q_n потребляемые мощности, номинальный положительный коэффициент мощности $\cos\phi_n$, а также характер нагрузки.

4 Для симметричного трехфазного приемника указано номинальное фазное напряжение, а номинальные потребляемые мощности даны для всего потребителя в целом.

5 Для трехпроводной сети проверить выполнение равенства нулю суммы комплексных действующих значений линейных токов.

6 П. 7 задания выполняется по указанию преподавателя.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

ФОРМАТ А4

Министерство образования и науки Российской Федерации
**ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
 УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра "Электрооборудование и автоматизация"

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № __
 ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**

" _____
 " _____
название работы

Вариант № ____

Выполнил(а): _____ студент(ка) _____ группы

ФИО

Проверил: _____ преподаватель _____ (должность)

ФИО

Тамбов 20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Рекомендации По выполнению
 расчетно-графической работы № 2**

1 При выполнении РГР № 2 руководствоваться лекционным материалом и рекомендованной литературой.

2 К п. 1 задания:

а) модуль или полное сопротивление однофазных приемников рассчитывают, используя формулы:

$$P_n = U_n I_n \cos \varphi_n; \quad Q_n = U_n I_n \sin \varphi_n; \quad (1.1)$$

$$I_n = \frac{U_n}{Z_k}; \quad \sin \varphi_n = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n},$$

где $k = 1, 2, 3$;

б) модуль или полное сопротивление фазы трехфазного симметричного приемника рассчитывается по формулам (1.1) с учетом соотношений:

$$P_{\text{фн}} = \frac{P_{\text{н4}}}{3}; \quad Q_{\text{фн}} = \frac{Q_{\text{н4}}}{3}, \quad (1.2)$$

где $P_{\text{н4}}$ и $Q_{\text{н4}}$ – активная и реактивная мощности четвертого приемника;

в) для определения аргумента комплексного сопротивления использовать значение $\cos \varphi_n$ и вид характера нагрузки:

для чисто активной нагрузки – $\varphi_n = 0$;

для активно-индуктивной – $\varphi_n > 0$;

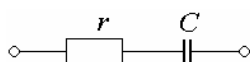
для активно-емкостной – $\varphi_n < 0$;

г) сделать переход от показательной формы комплексного сопротивления к алгебраической согласно выражению

$$\underline{Z}_k = Z_k e^{j\varphi_k} = Z_k \cos \varphi_k + j Z_k \sin \varphi_k = r_k + jx_k, \quad (1.3)$$

где $k = 1, 2, 3, 4$ (для четвертого приемника $\underline{Z}_k = \underline{Z}_{\text{ф4}}$). Знак перед мнимой частью определяется знаком аргумента φ_k ;

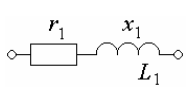
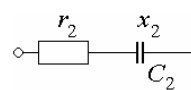
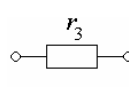
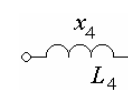
д) схема замещения k -го приемника или его фазы составляется относительно алгебраической формы (1.3). Например, если получено выражение для комплексного сопротивления вида $\underline{Z} = 4 - j3$, то его схема замещения имеет вид



е) окончательный результат по п.1 задания свести в табл. 1.2 (в примере № 1 показана активно-индуктивная нагрузка, в примере № 2 – активно-емкостная нагрузка, в примере № 3 – активная нагрузка, в примере № 4 – индуктивная);

Таблица 1.2

Приемник № 1	Приемник № 2	Приемник № 3	Приемник № 4 (фаза)

$\underline{Z}_1 = Z_1 e^{j\varphi_1} =$ $= r_1 + jx_1$	$\underline{Z}_2 = Z_2 e^{-j\varphi_2} =$ $= r_2 - jx_2$	$\underline{Z}_3 = r_3$	$\underline{Z}_4 = Z_4 e^{j90^\circ} =$ $= jx_4$
			

3 К п. 2 задания:

а) схема включения однофазных приемников и фаз трехфазного симметричного приемника определяется из соотношения линейного напряжения сети $U_{\text{сети}}$ и фазного напряжения приемника: если они равны, то реализуется схема соединения "треугольник"; если $U_{\text{сети}}$ в $\sqrt{3}$ раз больше $U_{\text{н}}$ приемника, то реализуется схема "звезда";

б) если первые три приемника должны быть соединены по схеме "звезда", то они образуют по условию задания несимметричный трехфазный приемник. В этом случае нейтральную точку такого приемника необходимо подключить к нейтральному проводу;

в) подключение ваттметров согласуется с используемой системой трехфазной сети: если четырехпроводная система при несимметричной нагрузке, то используется метод трех ваттметров; если трехпроводная, то метод двух ваттметров;

г) пример подключения приемников и ваттметров приведен на рис. 1.1.

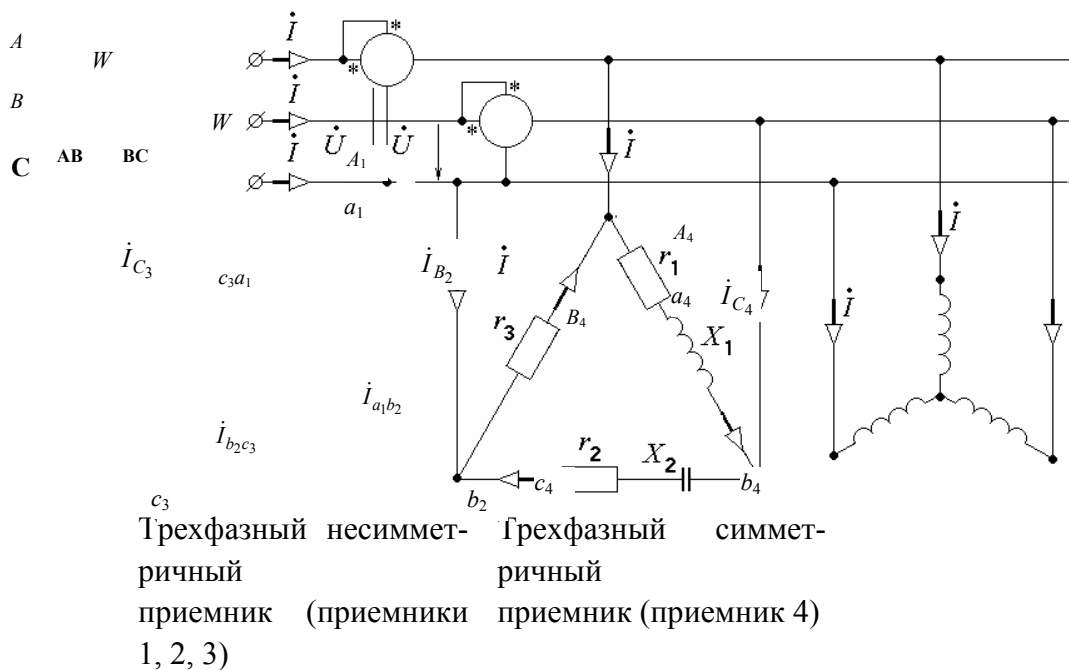


Рис. 1.1

4 К п. 3 задания:

а) так как предполагается, что линейные провода и нейтральный провод не обладают сопротивлением, то для фазовых напряжений приемников и сети справедливы соотношения:

– для схемы "звезда"

$$\dot{U}_a = \dot{U}_A; \quad \dot{U}_b = \dot{U}_B; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_C; \quad (1.4)$$

– для схемы "треугольник"

$$\dot{U}_{ab} = \dot{U}_{AB}; \quad \dot{U}_{bc} = \dot{U}_{BC}; \quad \dot{U}_{ca} = \dot{U}_{CA}; \quad (1.5)$$

б) фазные и линейные напряжения сети определяются из следующих выражений:

$$\dot{U}_A = \frac{U_{\text{сети}}}{\sqrt{3}}; \quad \dot{U}_B = \dot{U}_A e^{-j120^\circ}; \quad \dot{U}_C = \dot{U}_A e^{j120^\circ}; \quad (1.6)$$

$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3} \dot{U}_A e^{j30^\circ} = U_{\text{сети}} e^{j30^\circ};$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_{AB} e^{-j120^\circ}; \quad \dot{U}_{CA} = \dot{U}_{AB} e^{j120^\circ}; \quad (1.7)$$

в) в п. 3 задания рассчитывается эксплуатационный режим по фазным и линейным токам, поэтому для расчета I_ϕ используется закон Ома в комплексной форме для пассивного участка цепи:

– для схемы "звезда" (несимметричная нагрузка)

$$\dot{I}_{A_1} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_1}; \quad \dot{I}_{B_2} = \frac{\dot{U}_B}{\underline{Z}_2}; \quad \dot{I}_{C_3} = \frac{\dot{U}_C}{\underline{Z}_3}; \quad (1.8)$$

– для схемы "звезда" (симметричная нагрузка)

$$\dot{I}_{A_4} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_{4\text{TM}}}; \quad \dot{I}_{B_4} = \dot{I}_{A_4} a^2; \quad \dot{I}_{C_4} = \dot{I}_{A_4} a; \quad (1.9)$$

где $a = e^{j120^\circ}$ – оператор трехфазной цепи;

– для схемы "треугольник" (несимметричная нагрузка):

$$\dot{I}_{a_1 b_2} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\underline{Z}_1}; \quad \dot{I}_{b_2 c_3} = \frac{\dot{U}_{BC}}{\underline{Z}_2}; \quad \dot{I}_{c_3 a_1} = \frac{\dot{U}_{CA}}{\underline{Z}_3}; \quad (1.10)$$

– для схемы "треугольник" (симметричная нагрузка):

$$\dot{I}_{a_4 b_4} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\underline{Z}_{4\text{TM}}}; \quad \dot{I}_{b_4 c_4} = \dot{I}_{a_4 b_4} a^2; \quad \dot{I}_{c_4 a_4} = \dot{I}_{a_4 b_4} a; \quad (1.11)$$

г) так как для схемы "звезда" справедливо соотношение $I_\Delta = I_\phi$, то найденные фазные токи одновременно будут линейными. Для несимметричной нагрузки в этом случае надо определить ток в нейтральном проводе

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad (1.12)$$

д) для схемы "треугольник" связь между I_Δ и I_ϕ определяется соотношениями:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}. \quad (1.13)$$

Для схемы "треугольник" после расчета I_Δ следует проверить правильность расчета по формуле

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0; \quad (1.14)$$

е) после расчета линейных токов для каждого из трехфазных приемников определить линейные токи трехфазной сети:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}. \quad (1.15)$$

Для четырехпроводной линии по формуле (1.12) рассчитать ток в нейтральном проводе. Этот ток I_N должен совпасть по значению с током I_N , рассчитанным в п. 4, з. Для трехпроводной системы осуществляют проверку по формуле (1.14);

ж) в каждой отдельной операции по определению токов результат представить в двух формах – показательной и алгебраической

$$\dot{I}_k = I_k e^{j\varphi_k} = \operatorname{Re} \dot{I}_k + j \operatorname{Im} \dot{I}_k \quad (1.16)$$

5 К п. 4 задания:

а) показания электродинамического или ферродинамического ваттметра определяются по формуле

$$P_w = U_w I_w \cos \beta = \operatorname{Re} \underline{S} = \operatorname{Re} (\dot{U}_w \dot{I}_w^*), \quad (1.17)$$

где U_w и I_w – напряжение и ток, на который реагирует прибор; β – угол сдвига между напряжением и током ($\beta = \psi_{u_w} - \psi_{i_w}$); \underline{S} – комплексная мощность; \dot{U}_w – комплексное действующее значение напряжения; \dot{I}_w^* – комплексный сопряженный ток.

б) для четырехпроводной системы используется метод трех ваттметров, при этом измеренная активная мощность сети при подключении заданных приемников будет определяться арифметической суммой показаний приборов:

$$\begin{aligned} P &= P_{w1} + P_{w2} + P_{w3} = U_A I_A \cos \varphi_a + U_B I_B \cos \varphi_b + U_C I_C \cos \varphi_c = \\ &= \operatorname{Re} (\dot{U}_A \dot{I}_A^*) + \operatorname{Re} (\dot{U}_B \dot{I}_B^*) + \operatorname{Re} (\dot{U}_C \dot{I}_C^*). \end{aligned} \quad (1.18)$$

При этом методе измерения мощности $\beta = \varphi$, а $|\varphi| \leq 90^\circ$, где φ – угол сдвига фаз между током и напряжением на пассивном участке цепи;

в) для трехпроводной системы используется метод двух ваттметров и суммарная активная мощность приемников, подключенных к этой сети, равна алгебраической сумме показаний приборов:

$$\begin{aligned} P &= P_{w1} + P_{w2} = U_{w1} I_{w1} \cos \beta_1 + U_{w2} I_{w2} \cos \beta_2 = \\ &= \operatorname{Re} (\dot{U}_{w1} \dot{I}_{w1}^*) + \operatorname{Re} (\dot{U}_{w2} \dot{I}_{w2}^*). \end{aligned} \quad (1.19)$$

При этом методе измерения мощности β зависит от характера нагрузки в фазе, но $\beta \neq \varphi$, следовательно, при получении отрицательной расчетной мощности P_{wk} , где $k = 1, 2$, необходимо указать на использование кнопки прибора, изменяющей его полярность;

г) полученный результат в п. 5, б, в необходимо сравнить с суммарной активной мощностью приемников № 1, 2, 3, 4:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4. \quad (1.20)$$

При получении тождества

$$\square P_w = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (1.21)$$

расчет токов трехфазной цепи произведен верно.

6 К п. 5 задания:

а) построение векторных диаграмм начинать с выбора масштабов по току (m_i (А/мм)) и напряжению (m_u (В/мм)), которые надо указать в правом верхнем углу чертежа, и правильного расположения действительной и мнимой осей на комплексной плоскости (они повернуты против часовой стрелки на 90° относительно обычного их расположения);

б) далее приступить к построению векторной топографической диаграммы фазных и линейного напряжений;

в) при построении векторной диаграммы фазных и линейных токов необходимо учитывать вид схемы соединения фаз трехфазных приемников;

г) если реализована схема соединения "звезда" (рис. 1.2), то I_ϕ откладывают от соответствующего фазного напряжения U_ϕ , ориентируясь на аргумент комплексного сопротивления рассматриваемой фазы φ_ϕ (для чистой активной нагрузки I_ϕ и U_ϕ совпадают по направлению; для активно-индуктивной нагрузки I_ϕ откладывают в сторону отставания на φ_ϕ и т.д.). Если нагрузка симметричная, то построенные I_ϕ должны образовывать замкнутый треугольник, что показывается на диаграмме. Для несимметричной нагрузки замыкающий вектор будет изображать ток в нейтральном проводе I_N (он направлен из начала координат!);

д) при соединении фаз трехфазного приемника по схеме "треугольник" (рис. 1.3) фазные токи I_ϕ строят из начал соответствующих фазных напряжений U_ϕ , которые для треугольника равны U_Δ (линейным напряжениям), а методика их построения аналогична п. 6, г. После построения I_ϕ на основании формул (1.13) строят графически линейные токи, которые согласно (1.14) должны образовывать замкнутый треугольник (это проверочное построение выполняют на диаграмме);

е) после построения отдельных линейных токов приемников (для схемы "звезда" $I_\Delta = I_\phi$) строят линейные токи сети согласно (1.15): для четырехпроводной системы они в сумме должны дать ток I_N , полученный в п. 6, г; а для трехпроводной линии – замкнутый треугольник. Эти проверочные построения обязательно (!) показать на диаграмме.

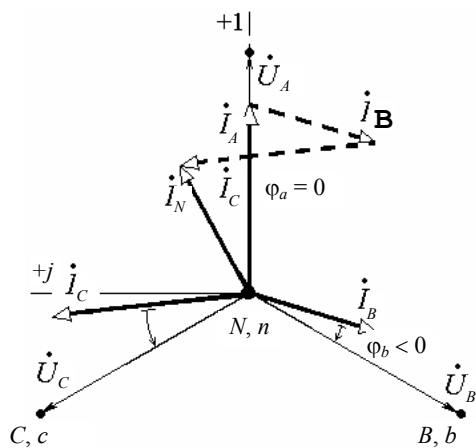


Рис. 1.2

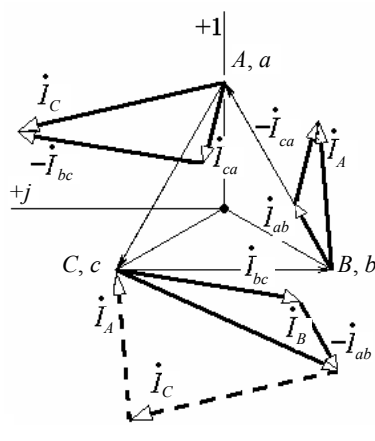


Рис. 1.3

7 К п. 6 задания:

а) на основании полученных комплексных действующих значений линейных токов и тока в нейтральном проводе (если он есть) записать выражения для их мгновенных значений;

б) построить в одной системе координат ($i - \omega t$) временные диаграммы i_Δ и i_N , указав углы их сдвига:

$$\alpha_1 = \psi_{iA} - \psi_{iB}; \quad \alpha_2 = \psi_{iB} - \psi_{iC}; \quad \alpha_3 = \psi_{iC} - \psi_{iA};$$

в) показать графически справедливость выражений, указанных в п. 6 задания.

8 К п. 7 задания:

а) произвести аналитический анализ аварийных режимов, на которые указал преподаватель. При этом необходимо учитывать следующее:

– трехпроводная система характеризуется независимостью работы фаз трехфазного приемника, если они соединены по схеме "треугольник"; то же относится и к четырехпроводной системе, если фазы несимметричного приемника соединены по схеме "звезда". Эти особенности трехфазной цепи необходимо учитывать в случае обрыва фаз приемника;

– для схемы "звезда" обрыв нейтрального провода (несимметричная нагрузка), короткое замыкание в фазе или обрыв в ней (симметричная нагрузка) вызовут появление смещения нейтрали \dot{U}_{nN} , которое определяется по формуле

$$\dot{U}_{nN} = \frac{\dot{U}_A \underline{Y}_a + \dot{U}_B \underline{Y}_b + \dot{U}_C \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c + \underline{Y}_N}, \quad (1.22)$$

где $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ – фазные напряжения сети; $\underline{Y}_a, \underline{Y}_b, \underline{Y}_c$ – проводимости фаз приемника, \underline{Y}_N – проводимость нейтрального провода. Тогда после определения \dot{U}_{nN} необходимо определить фазные напряжения на приемнике по формулам:

$$\dot{U}_a = \dot{U}_A - \dot{U}_{nN}; \quad \dot{U}_b = \dot{U}_B - \dot{U}_{nN}; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_C - \dot{U}_{nN}. \quad (1.23)$$

Далее по закону Ома для пассивного участка цепи определяют I_ϕ для каждой фазы, ток в нейтральном проводе рассчитывают по первому закону Кирхгофа для нейтральной точки приемника;

– в случае обрыва линейного провода для схемы "треугольник" трехфазная цепь вырождается в двухфазную и расчет упрощается, так как в двух смежных фазах приемника, замыкающихся на оборванный линейный провод, токи I_ϕ становятся равными;

б) принцип построения совмещенной векторной топографической диаграммы и диаграммы токов аналогичен (см. п. 6 "Рекомендаций...").

9 К п. 8 задания:

а) в четырехпроводной системе при прикосновении человека к токоведущим проводам с поврежденной изоляцией его тело оказывается под воздействием U_ϕ ; в случае замыкания фазного провода указанной системы на землю и заземленной нейтральной точки источника указать на факт срабатывания защиты (предохранители, автоматы);

б) в случае прикосновения человека к фазе трехпроводной линии с изолированной нейтральной точкой и поврежденной изоляцией его тело окажется под воздействием U_ϕ , при этом к сопротивлению тела человека R_h добавляется сопротивление изоляции $R_{извх}$, которое определяется также, как оно определяется в методе эквивалентного генератора. Если же фаза линии замкнула на землю, то человек оказывается под воздействием линейного напряжения U_Δ .

в) при расчетах тока через тело человека I_h использовать формулу закона Ома для пассивного участка цепи и метод эквивалентного генератора.

10 К п. 9 задания:

а) расчет компенсационной реактивной мощности, повышающей коэффициент мощности до 0,95 производить, исходя из формулы

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P_\Pi}{\sqrt{P_\Pi^2 + (Q_{\Pi\Pi} - Q_{\text{ПК}})^2}} = 0,95, \quad (1.24)$$

где P_{Π} и Q_{Π} – заданные активная и реактивная мощности приемника;
 Q_{PK} – реактивная мощность конденсатора;

б) для определения параметров фазных конденсаторов или реакторов необходимо учитывать, что батарея конденсаторов включается по схеме "треугольник", а блок реакторов – по схеме "звезда" (в обоих случаях элементы компенсаторов образуют симметричную нагрузку);

в) при расчете C_{ϕ} и L_{ϕ} использовать формулы:

$$Q_{PC_{\phi}} = \frac{U_{\Pi}^2}{X_{C_{\phi}}}; \quad Q_{KL_{\phi}} = \frac{U_{\phi}^2}{X_{L_{\phi}}};$$
$$Q_{PK_C} = 3Q_{KC_{\phi}}; \quad Q_{PK_L} = 3Q_{KL_{\phi}}; \quad (1.25)$$

$$x_{C_{\phi}} = \frac{1}{2\pi f C_{\phi}}; \quad x_{L_{\phi}} = 2\pi f L_{\phi},$$

где Q_{PK_C} , Q_{PK_L} – реактивные мощности компенсаторов соответственно емкостного и индуктивного;
 $Q_{KC_{\phi}}$, $Q_{KL_{\phi}}$ – фазные реактивные мощности компенсаторов; $x_{C_{\phi}}$, $x_{L_{\phi}}$ – реактивные сопротивления фаз компенсаторов; C_{ϕ} , L_{ϕ} – фазные параметры компенсаторов; f – частота сети, указанная в табл. 1.1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М.: Гардарики, 2000.
- 2 Волынский Б.А. и др. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 3 3. Электротехнический справочник. В 3-х т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. В.Г. Герасимова. М.: Энергия, 1980.
- 4 4. Сборник задач по электротехнике и основам электроники / Под ред. В.Г. Герасимова. М.: Высшая школа, 1987.
- 5 5. Сборник задач по теоретическим основам электротехники / Под ред. Л.А. Бессонова. М.: Высшая школа, 1980.
- 6 6. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. М.: Высшая школа, 1991.
- 7 7. Электротехника. Линейные цепи: Метод. указания, варианты расчетно-графических работ и примеры расчетов / Авт.-сост.: И.Н. Акулинин, А.В. Кирьянов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000.