УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра электротехники и электрооборудования предприятий

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Учебно-методическое пособие
к выполнению домашнего задания по электротехнике

УФА 2009

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫПОЛНЕНИИ, ОФОРМЛЕНИИ И ЗАЩИТЕ ЗАДАНИЯ

Перед тем, как приступить к заданию, необходимо повторить основные теоретические положения и методы расчета цепей переменного тока. После проработки материалов лекций, практических занятий и соответствующих разделов учебников следует проверить свои знания по контрольным вопросам и разобрать приведенные ниже методические рекомендации.

Варианты схем и заданий указаны в приложениях 1 и 2.

После выполнения задания оформляется отчёт в соответствии с требованиями ЕСКД к оформлению пояснительных записок и графических обозначений, пример оформления титульного листа пояснительной записки приведен в приложении 3.

Каждый этап расчета должен сопровождаться краткими пояснениями. Векторные диаграммы следует выполнять с указанием и соблюдением масштаба (или на миллиметровой бумаге). Результаты исследований должны быть проанализированы и объяснены.

Задание сдается на проверку преподавателю в сроки, определенные графиком учебного процесса.

Правильно выполненное задание защищается. При защите студент должен быть готовым к ответу на контрольные вопросы, приведенные в разделе 5, к ответу на любой вопрос по расчету цепей переменного тока, а также к расчету простых электрических схем и построению векторных диаграмм.

2. ЗАДАНИЕ

1. Найти токи в ветвях схемы с одним источником ЭДС, используя эквивалентные преобразования схемы:
    а) принять значение ЭДС второго источника равным нулю (E_2=0);
    б) найти входное (эквивалентное) сопротивление схемы;
    в) найти ток через источник ЭДС E_1;
    г) найти напряжение, приложенное к разветвленному участку схемы;
    д) найти токи в ветвях разветвленного участка.
2. Найти токи в ветвях схемы с двумя источниками ЭДС, используя метод наложения:
    а) принять значение ЭДС первого источника равным нулю (E_1=0);
    б) найти токи в ветвях схемы, протекающие под действием второго источника;
    в) используя принцип суперпозиции и результаты расчетов по пункту 1, найти токи в ветвях схемы при двух включенных источниках ЭДС.
3. Найти токи в ветвях схемы с двумя источниками ЭДС методом непосредственного применения законов Кирхгофа.
4. Проверить правильность расчета схемы с двумя источниками ЭДС методом баланса мощностей.

5. По результатам расчета схемы с одним источником ЭДС построить векторную диаграмму токов и напряжений.
6. Исследовать в схеме с одним источником ЭДС влияние реактивной составляющей входного (эквивалентного) сопротивления цепи:

а) принять значение ЭДС второго источника равным нулю (E_2=0) и заменить вторую и третью ветви одной эквивалентной ветвью;

б) определить, какое реактивное сопротивление X необходимо включить в первую ветвь последовательно источнику ЭДС E_1 для того, чтобы ток через источник стал чисто активным;

в) варьируя реактивное сопротивление X (три точки в сторону уменьшения X и три точки в сторону увеличения X), рассчитать:

- значения тока через источник ЭДС E_1,
- активную, реактивную и полную мощности, потребляемые от источника,
- коэффициент мощности

и построить графики их изменения в функции сопротивления X;

г) проанализировать и объяснить полученные результаты.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТОВ

3.1. Изображение электрических величин с помощью комплексных чисел

Комплексным числом $\underline{A}$ называется выражение вида:

$$\underline{A} = \mathrm{Re}\,\underline{A} + j\,\mathrm{Im}\,\underline{A},$$

где $Re\underline{A}$ и $Im\underline{A}$ – действительные числа;
j – мнимая единица;
$Re\underline{A}$ – действительная часть числа $\underline{A}$;
$Im\underline{A}$ – мнимая часть числа $\underline{A}$.

Всякое комплексное число $\underline{A}$ можно изобразить на координатной плоскости в виде точки $A(x;\ y)$ с координатами:

$$x = Re\underline{A},$$
$$y = Im\underline{A}.$$

Плоскость, на которой изображаются комплексные числа, называют *плоскостью комплексного переменного* или *комплексной плоскостью*. Точкам, лежащим на оси *Re* (действительная ось), соответствуют действительные числа, точки, лежащие на оси *Im* (мнимая ось), изображают мнимые числа. Соединив начало координат с точкой *A(x, y)*, получим вектор $\overline{OA}$ (рис. 1). Длина вектора $\overline{OA}$ называется *модулем A комплексного числа* $\underline{A}$, угол φ, между действительной осью и вектором $\overline{OA}$, называется аргументом комплексного числа $\underline{A}$.

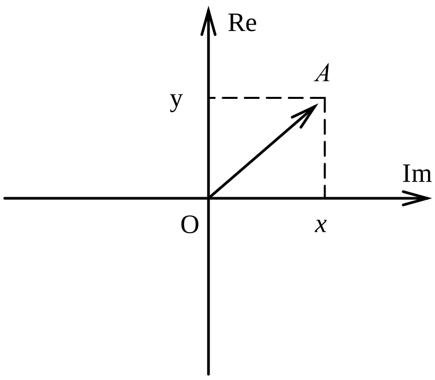

Рис. 1. Комплексная плоскость

Имеет место следующее равенство:

$$\mathrm{Re}(\underline{A}) = A \cdot \cos(\varphi),$$

$$\mathrm{Im}(\underline{A}) = A \cdot \sin(\varphi).$$

Тогда

$$\underline{A} = A\cos(\varphi) + jA \cdot \sin(\varphi).$$

Выражения называются *тригонометрической формой записи комплексного числа.*

Если вектор $\overline{OA}$ равномерно вращается с круговой частотой ω, то выражения примут вид:

$$\mathrm{Re}(\underline{A}) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi),$$

$$\mathrm{Im}(\underline{A}) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

$$\underline{A} = A \cdot \cos(\omega t + \varphi) + jA \cdot \sin(\omega t + \varphi).$$

Если, например, задана гармоническая (синусоидальная или косинусоидальная) функция ЭДС:

$$e = E_m \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

где E_m – амплитуда;

ω – круговая частота;
φ – начальная фаза;

то ей на комплексной плоскости будет соответствовать равномерно вращающийся вектор. Соответственно, гармонически изменяющуюся ЭДС можно записать в виде комплексного выражения в тригонометрической:

$$\underline{E}_m = E_m \cos(\omega t + \varphi) + jE_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

или в *показательной форме записи:*

$$\underline{E}_m = E_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}.$$

Аналогично записываются комплексные изображения других электрических величин, значения которых изменяются во времени по гармоническому закону (токи, падения напряжения) или не изменяются (сопротивления). В последнем случае круговая частота ω будет равна нулю.

При одинаковой частоте векторы всех электрических величин вращаются с одинаковой скоростью, и их взаимное расположение остается неизменным. Поэтому при анализе соотношений между различными электрическими величинами одной схемы можно считать их неподвижными и опустить в выражениях параметр ωt, т. е. принять, например, время $t=0$. Получающееся при этом выражение называют *комплексной амплитудой*. Комплексная амплитуда в тригонометрической и в показательной формах записи имеет вид:

$$\underline{E_m} = E_m \cdot \cos\varphi + jE_m \cdot \sin\varphi,$$

$$\underline{E_m} = E_m \cdot e^{j\varphi}.$$

Для изображения синусоидальных функций чаще пользуются не комплексной амплитудой, а *комплексным действующим значением* электрической величины:

$$\underline{E} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \cdot e^{j\varphi} = E \cdot e^{j\varphi}.$$

Таким образом, если задана синусоидальная функция, то для получения комплексного изображения действующего значения в показательной форме нужно амплитуду разделить на $\sqrt{2}$ и умножить на $e^{j\varphi}$.

Использование комплексных чисел при расчете электрических цепей позволяет заменить действия над мгновенными значениями синусоидально изменяющихся величин действиями над комплексными числами. Таким образом, возникает полная аналогия записей уравнений по законам Ома и Кирхгофа и методов расчета цепей переменного и постоянного тока. Отличие только в том, что в цепях постоянного тока в уравнения входят действительные значения электрических величин (E, I и т. д.), а в цепях переменного тока – комплексные ($\underline{E}$, $\underline{I}$ и т. д.).

Расчет цепей переменного тока можно представить в виде следующих трех этапов:

1) прямое преобразование – переход от синусоидальных функций к комплексным величинам;

2) расчет цепи с помощью комплексных чисел;

3) обратное преобразование – переход от комплексных величин к синусоидальным функциям.

3.2. Преобразование схемы цепей переменного тока

Последовательность преобразования схемы переменного тока не отличается от последовательности преобразования схемы постоянного тока. Рассмотрим эквивалентное преобразование схемы переменного тока (рис. 2, а).

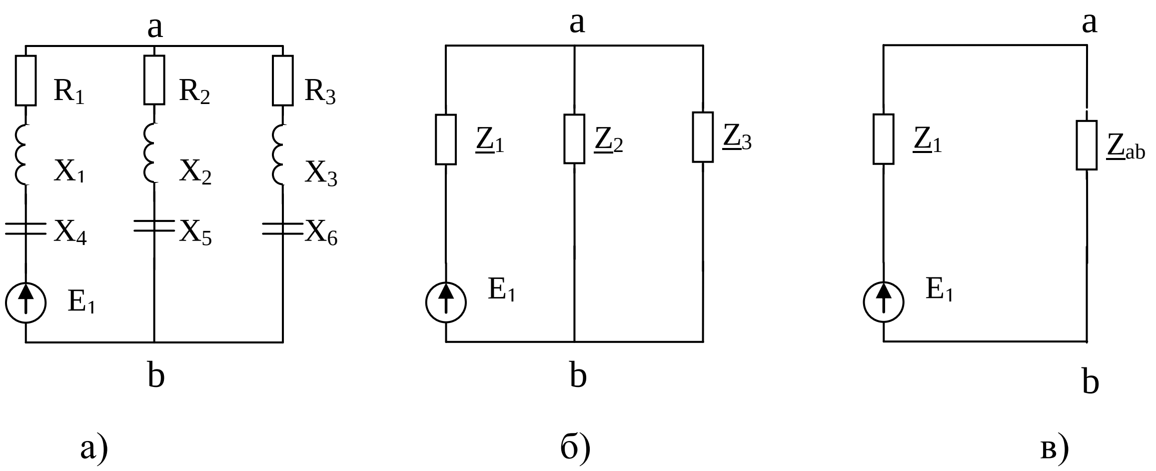

Рис. 2. Преобразование схемы

Сопротивления $\underline{R}_1$, $\underline{X}_1$ и X_4 включены последовательно, заменяем их одним *комплексным сопротивлением* $\underline{Z}_1$:

$$\underline{Z}_1 = R_1 + j(X_1 - X_4) = Z_1 \cdot e^{j\phi_1},$$

где модуль комплексного сопротивления $\underline{Z}_1$:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + (X_1 - X_4)^2};$$

аргумент комплексного сопротивления $\underline{Z}_1$:

$$\phi_1 = arctg((X_1 - X_4)/R_1).$$

Знаку «+» перед реактивным сопротивлением соответствует индуктивный характер сопротивления X, а знаку «–» – ёмкостный.

Аналогично определяются сопротивления $\underline{Z}_2$ и $\underline{Z}_3$:

$$\underline{Z}_2 = R_2 + j(X_2 - X_5) = Z_2 \cdot e^{j\phi_2},$$

$$\underline{Z}_3 = R_3 + j(X_3 - X_6) = Z_3 \cdot e^{j\phi_3}.$$

Сопротивления $\underline{Z}_2$ и $\underline{Z}_3$ включены параллельно (рис. 2, б). Заменим их одним эквивалентным сопротивлением:

$$\underline{Z}_{ab} = \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = R_{ab} + jX_{ab} = Z_{ab} \cdot e^{j\phi_{ab}}.$$

Сопротивления $\underline{Z}_1$ и $\underline{Z}_{ab}$ (рис. 2, в) включены последовательно. Суммируя их, получаем *входное или эквивалентное сопротивление схемы:*

$$\underline{Z}_э = R_э + jX_э = Z_э \cdot e^{j\phi_э}.$$

После определения эквивалентного сопротивления приступаем к определению токов в схеме.

Сначала по закону Ома определяют ток через источник:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_э} = \frac{E \cdot e^{j\phi_e}}{Z_э e^{j\phi_э}} = I_1 \cdot e^{j\psi_1},$$

где действующее значение тока $\underline{I}_1$:

$$I_1 = \frac{E}{Z_э},$$

аргумент (начальная фаза) тока $\underline{I}_1$:

$$\psi_1 = \varphi_e - \varphi_э$$

Затем определяют напряжение $\underline{U}_{ab}$, приложенное к разветвленному участку схемы:

$$\underline{U}_{ab} = \underline{I}_1 \underline{Z}_{ab} = U_{ab} \cdot e^{j\psi_{ab}}$$

и токи в ветвях:

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_{ab}}{\underline{Z}_2} = I_2 \cdot e^{j\psi_2},$$

$$\underline{I}_3 = \frac{\underline{U}_{ab}}{\underline{Z}_3} = I_3 \cdot e^{j\psi_3}.$$

Правильность расчета цепей переменного тока проверяют построением векторной диаграммы и составлением баланса мощностей.

3.3. Расчет цепей переменного тока с двумя источниками

В задании требуется рассчитать токи в схеме с двумя источниками ЭДС методом наложения и методом непосредственного применения законов Кирхгофа.

Метод наложения основан на том, что в электрической цепи с несколькими источниками ЭДС ток в некоторой произвольно выбранной ветви равен сумме частичных токов, каждый из которых обусловлен одним из имеющихся в цепи источников. При использовании этого метода следует рассчитать частичные токи от действия каждого источника ЭДС, заменяя другой проводом без сопротивления (считаем, что источники идеальные и их внутреннее сопротивление равно 0). Принимая E_2=0, находят частичные токи $\underline{I}_{1E1}$, $\underline{I}_{2E1}$, и $\underline{I}_{3E1}$, обусловленные действием источника E_1, а при E_1=0 находят частичные токи $\underline{I}_{1E2}$, $\underline{I}_{2E2}$, и $\underline{I}_{3E2}$, обусловленные действием источника $\underline{E}_2$. Искомые токи равны алгебраической сумме (с учетом направлений) частичных токов.

При использовании метода *непосредственного применения законов Кирхгофа* следует составить и решить соответствующую систему уравнений в общем виде, обозначая сопротивления ветвей $\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$, $\underline{Z}_3$. При этом вид систем уравнений не отличается от такового для цепи постоянного тока. Подставлять вместо ЭДС и сопротивлений их численные значения следует только после нахождения действительных токов в ветвях в общем виде.

3.4. Составление баланса мощностей

Энергия, потребляемая пассивными элементами электрической цепи, равна энергии, поставляемой в цепь источниками энергии. Таким образом, мощность источников энергии равна мощности потребителей. Это и есть *условие баланса мощностей*.

Энергетические процессы, протекающие в резистивных (R_i), индуктивных и ёмкостных (X_i) элементах цепи, различны. В резистивных элементах происходит необратимое преобразование электрической энергии в другие виды энергии. Средняя скорость этого процесса определяется *активной мощностью P*. В реактивных (индуктивных и ёмкостных) элементах происходит периодическое аккумулирование энергии в магнитных и электрических полях, а затем энергия возвращается во внешнюю относительно этих элементов часть цепи. Необратимого преобразования энергии в таких элементах не происходит. Энергетические процессы в индуктивных и ёмкостных элементах определяются *реактивной мощностью Q*.

Сумма активных мощностей элементов цепи определяется выражением:

$$P_\Sigma = \sum_{k=1}^{n} R_k \cdot I_k^2 ,$$

где I_k – действующее значение тока через k-й элемент цепи с активным сопротивлением R_K.

Сумма реактивных мощностей элементов цепи определяется как:

$$Q_\Sigma = \sum_{k=1}^{1} X_k \cdot I_k^2 ,$$

где I_k – действующее значение тока через k-й элемент цепи с реактивным сопротивлением X_K. Причем со знаком «+» учитываются мощности индуктивного характера и со знаком «–» – емкостного характера.

Удобно интерпретировать мощность цепи переменного тока как комплексное выражение. В этом случае активная мощность P составляет действительную часть комплексной мощности, а реактивная мощность – мнимую часть:

$$\tilde{S} = P + jQ .$$

Комплексная мощность источника определяется как:

$$\tilde{S}_{ист} = \underline{E} \cdot \overset{*}{I} = E \cdot e^{j\varphi_e} \cdot I \cdot e^{-j\psi} = S_{ист} \cdot e^{j\varphi} ,$$

где $\overset{*}{I}$ – комплекс, сопряженный комплексу тока $\underline{I}$, протекающего через источник ЭДС $\underline{E}$ и отличающийся от комплекса $\underline{I}$ знаком перед мнимой частью (знаком перед аргументом ψ в показателе степени);

φ – аргумент комплексной мощности:

$$\varphi = \varphi_e - \psi,$$

Выразив комплексную мощность источника в алгебраической форме, получим:

$$\tilde{S}_{ист} = P_{ист} + jQ_{ист},$$

где $P_{ист}$ – активная мощность источника;
$Q_{ист}$ – реактивная мощность источника.

При нескольких источниках ЭДС их комплексная мощность равна:

$$\tilde{S}_{ист} = \sum_{i=1}^{n} \tilde{S}_{ист i} = \sum_{i=1}^{n} \underline{E}_i \cdot \overset{*}{\underline{I}}_i,$$

где $\overset{*}{\underline{I}}_i$ – сопряженный комплекс тока $\underline{I}_i$, протекающего через источники $\underline{E}_i$.

Тогда активная и реактивная мощности источников:

$$P_{ист} = \sum_{i=1}^{n} P_{ист i},$$

$$Q_{ист} = \sum_{i=1}^{n} Q_{ист i}.$$

Полная мощность цепи переменного тока равна произведению действующих значений ЭДС источника E и тока через источник I:

$$S_{ист} = E \cdot I.$$

Очевидно, что значение полной мощности равно модулю комплексной мощности.

В соответствии с балансом мощностей сумма активных мощностей всех источников энергии должна быть равна сумме мощностей всех резистивных элементов:

$$P_{ист} = P_{\Sigma},$$

а сумма реактивных мощностей всех источников энергии должна быть равна сумме реактивных мощностей всех участков цепи:

$$Q_{ист} = Q_{\Sigma}.$$

Для проверки баланса мощностей схемы, приведенной на рис. 2, а, определяем активные мощности отдельных сопротивлений в ваттах (Вт):

$$P_1 = R_1 \cdot I_1^2, \qquad P_2 = R_2 \cdot I_2^2, \qquad P_3 = R_3 \cdot I_3^2$$

и реактивные мощности в вольт-амперах реактивных (В·Ар):

$$Q_1 = (X_1 - X_4) \cdot I_1^2, \qquad Q_2 = (X_2 - X_5) \cdot I_2^2, \qquad Q_3 = (X_3 - X_6) \cdot I_3^2.$$

Находим суммарные активную и реактивную мощности:

$$P_\Sigma = P_1 + P_2 + P_3, \qquad Q_\Sigma = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Полученные результаты сравниваем с действительной и мнимой частями комплексной мощности источников. Решение следует считать правильным, если расхождение значений P и P_Σ, Q и Q_Σ не превышает 1…5%.

3.5. Построение векторных диаграмм

Исходными для построения векторной диаграммы являются комплексные изображения действующих значений токов в ветвях схемы и падений напряжений на её элементах. Для построения векторной диаграммы выбирают масштабы токов и напряжений и в комплексной плоскости по рассчитанным действующим значениям I_1, I_2, I_3, U_{ab}, E и аргументам ψ_1, ψ_2, ψ_3, ψ_{ab}, φ_e строят векторы токов, напряжений и ЭДС (рис. 3, где принято φ_e=0). Затем для проверки определяют напряжение на первом участке:

$$\underline{U}_1 = \underline{I}_1 \cdot \underline{Z}_1 = U_1 \cdot e^{j\psi_{U1}}$$

и проверяют в векторной форме выполнение первого:

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 + \underline{I}_3$$

и второго

$$\underline{E} = \underline{U}_{ab} + \underline{U}_1$$

законов Кирхгофа. Решение правильное, если законы Кирхгофа в векторной форме выполняются, т.е. если треугольник (или многоугольник) напряжений получился замкнутым, а ток $\underline{I}_1$ равен диагонали параллелограмма, построенного на векторах токов $\underline{I}_2$ и $\underline{I}_3$.

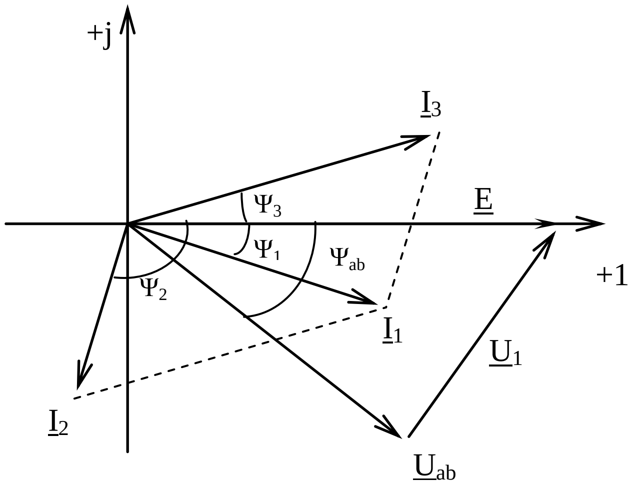

Рис. 3

Векторную диаграмму можно построить и другим путем, без изображения координат комплексной плоскости. Примем за исходный вектор напряжения $\underline{U}_{ab}$ на разветвленном участке и отложим его в масштабе горизонтально (рис. 4). Пусть сопротивление ветви 2 (рис. 2, а):

$$Z_2 = R_2 + j(X_2 - X_5)$$

носит активно-индуктивный характер (т. е. $X_2 > X_5$). Тогда, вектор тока $\underline{I}_2$ отстает по фазе от вектора напряжения $\underline{U}_{ab}$ на угол φ_2, равный аргументу сопротивления $\underline{Z}_2$. Пусть сопротивление ветви 3 с сопротивлениями $\underline{R}_3$, $\underline{X}_3$ и X_6 носит активно-емкостный характер. Тогда вектор тока $\underline{I}_3$ опережает напряжение $\underline{U}_{ab}$ по фазе на угол φ_3, равный аргументу сопротивления $\underline{Z}_3$. Под углами φ_2 и φ_3 к напряжению $\underline{U}_{ab}$ откладываем в масштабе векторы токов $\underline{I}_2$ и $\underline{I}_3$ и на основании первого закона Кирхгофа строим вектор тока $\underline{I}_1$ как векторную сумму токов $\underline{I}_2$ и $\underline{I}_3$.

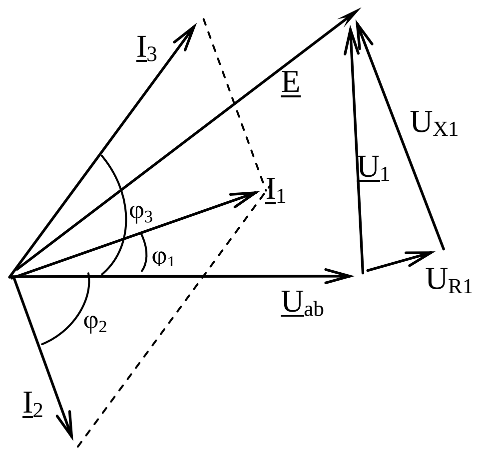

Рис. 4

Векторные диаграммы на рис. 3 и 4 аналогичны и полностью совпадут при повороте векторной диаграммы (рис. 3) относительно начала координат на угол ψ_{ab}. При этом наглядно видно, что угол φ_2 (рис. 4) между током $\underline{I}_2$ и напряжением $\underline{U}_{ab}$ будет равен $\varphi_2 = \psi_{ab} - \psi_2$ (рис. 3). Аналогично $\varphi_3 = \psi_{ab} - \psi_3$.

Затем определяют напряжения на отдельных сопротивлениях R_1 и X_1 первой ветви:

$$\underline{U}_{R1} = \underline{I}_1 \cdot R_1,$$

$$\underline{U}_{X1} = \underline{I}_1 \cdot X_1.$$

По второму закону Кирхгофа:

$$\underline{E} = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{X1} + \underline{U}_{ab}$$

векторная сумма напряжений $\underline{U}_{ab}$ и $\underline{U}_{1R}$, $\underline{U}_{1X}$ должна равняться приложенной к схеме ЭДС. Для проверки этого из конца вектора $\underline{U}_{ab}$ строим вектор напряжения $\underline{U}_{R1}$, который совпадает по направлению с вектором тока $\underline{I}_1$, протекающим через это сопротивление. Затем из конца вектора $\underline{U}_{R1}$ строим вектор напряжения $\underline{U}_{X1}$. Так как в чисто индуктивном сопротивлении ток отстает от напряжения на 90 градусов, то вектор $\underline{U}_{X1}$ откладываем перпендикулярно вектору тока $\underline{I}_1$. Расчеты выполнены правильно, если многоугольник напряжений, построенный по второму закону Кирхгофа, получается замкнутым.

3.6. Исследование влияния реактивной составляющей входного сопротивления на ток и мощности, потребляемые от источника

Рассмотрим влияние реактивной составляющей полного сопротивления цепи на примере схемы рис. 5, а.

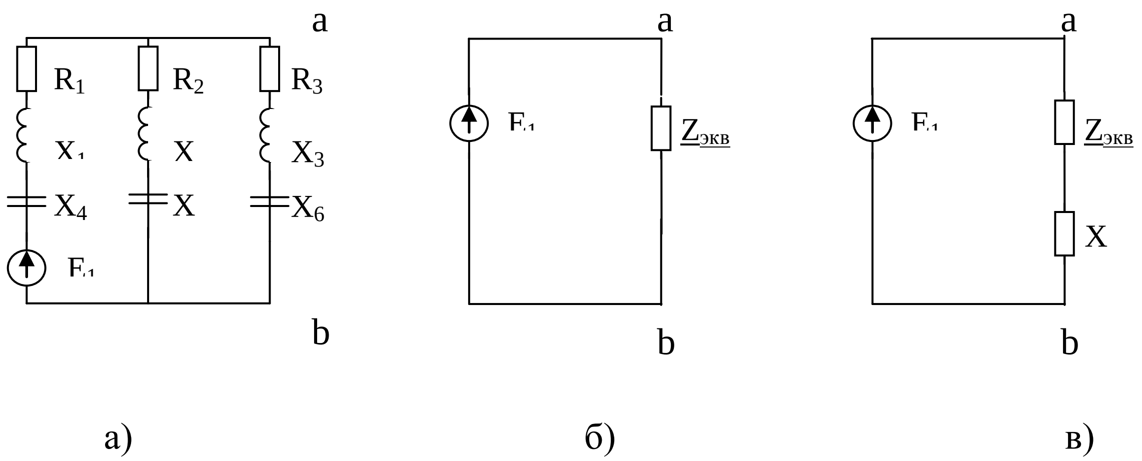

Рис. 5

Преобразуем схему к виду рис. 5, б. Ток в схеме рис. 5, б, протекающий через источник ЭДС $\underline{E}_1$, определяется выражением:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{E}_1}{\underline{Z}_{экв}} = \frac{E_1 \cdot e^{j\phi_e}}{Z_{экв} \cdot e^{j\phi_{экв}}} = I_1 \cdot e^{j\psi_1},$$

где

$$\underline{Z}_{экв} = R_{экв} + jX_{экв} = Z_{экв} \cdot e^{j\phi_{экв}}$$

– входное (эквивалентное) сопротивление цепи. Аргумент сопротивления $\underline{Z}_{экв}$ находится по формуле:

$$\varphi_{экв} = arctg\,\frac{X_{экв}}{R_{экв}}.$$

Ток $\underline{I}_1$ будет чисто активным, если его аргумент:

$$\psi_1 = \varphi_e - \varphi_{экв} = 0.$$

Условие будет выполняться в случае равенства аргументов эквивалентного сопротивления $\underline{Z}_{экв}$ и ЭДС $\underline{E}_1$:

$$\varphi_{экв} = \varphi_e.$$

Включив реактивное сопротивление X последовательно с источником ЭДС $\underline{E}_1$ (рис. 5, в), получаем уравнение:

$$arctg\,\frac{X_{экв}+X}{R_{экв}}=\varphi_e.$$

Решая уравнение относительно *X*, получаем:

$$X=R_{экв}\cdot tg\varphi_e-X_{экв}.$$

Отрицательное значение сопротивления *X* соответствует ёмкостному, а положительное – индуктивному характеру этого сопротивления.

Ток, протекающий через источник $\underline{E}_1$ в схеме рис. 5, в, находится аналогично току схеме рис. 5, б.

Коэффициент мощности цепи переменного тока отражает соотношение активной и полной мощностей:

$$\cos\varphi=\frac{P}{S},$$

где *P* – активная мощность, потребляемая от источника;
S – полная мощность цепи.

4. Контрольные вопросы

1. Что такое мгновенное значение, начальная фаза и сдвиг фаз?

2. В каких единицах измеряется частота переменного тока? Что такое угловая частота переменного тока и как она связана с периодом?

3. Почему действующее значение переменного тока является одной из его основных характеристик?

4. Что представляет собой индуктивное (ёмкостное) сопротивление и в каких единицах оно измеряется? Как зависит от частоты?

5. Чему равен угол сдвига фаз между напряжением и током для идеального индуктивного (ёмкостного) сопротивления и чем обусловлен этот сдвиг?

6. Что такое активная и реактивная составляющие переменного тока?

7. Какие соотношения справедливы для треугольника сопротивлений и треугольника мощностей?

8. Что понимают под активной и реактивной мощностями в цепи переменного тока? Какие формулы известны для определения этих величин?

9. Что характеризует коэффициент мощности? Почему на практике стараются увеличить коэффициент мощности?

10. В каких цепях возникает резонанс напряжения (тока) и почему он так называется? Каково значение коэффициента мощности цепи при резонансе и почему?

11. В чем сущность символического метода расчета цепей переменного тока?

12. Можно ли на векторной диаграмме изобразить токи, ЭДС и напряжения, изменяющиеся с разными частотами?

13. Что такое комплексное изображение полной мощности?

14. Почему при постоянном токе включение в цепь конденсатора равносильно разрыву цепи, а при переменном токе через емкость проходит ток?

15. Начертить векторную диаграмму напряжений и токов для цепи, состоящей из последовательно соединенных индуктивности, емкости и активного сопротивления.

16. Начертить векторную диаграмму напряжений и токов для цепи, состоящей из параллельно соединенных индуктивности, емкости и активного сопротивления.

17. Сформулируйте и запишите законы Ома и Кирхгофа для цепей переменного тока.

18. Напряжения изменяются по синусоидальному закону $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$. Как записать комплекс напряжения в показательной, алгебраической и тригонометрической формах?

19. Найдите эквивалентное сопротивление последовательно (параллельно) соединенных активного, реактивного и емкостного сопротивлений.

ВАРИАНТЫ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

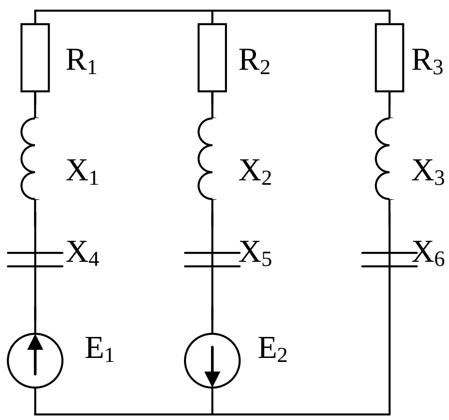

Рис. 1

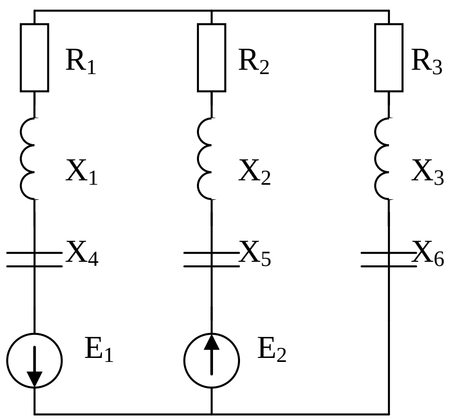

Рис. 2

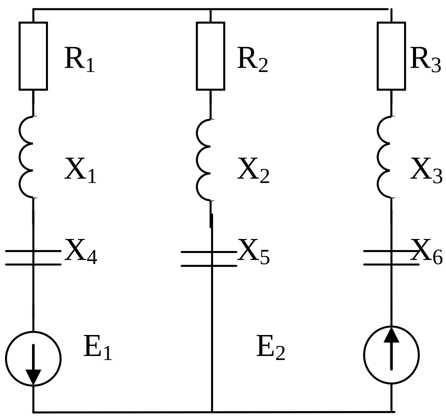

Рис. 3

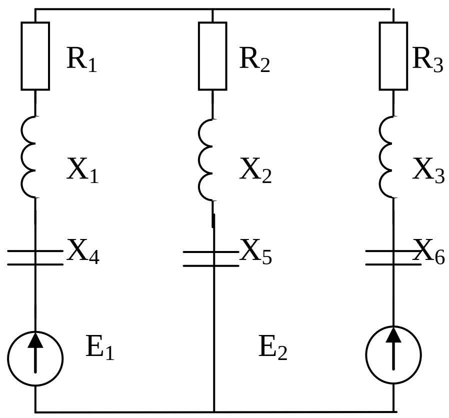

Рис. 4

Значения ЭДС и активных сопротивлений

Номер схемы	E_1, В	E_2, В	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом
1	100	$140 \cdot \sin(\omega t - 30°)$	10	34	23
2	127	$140 \cdot \sin(\omega t + 60°)$	20	24	2
3	220	$140 \cdot \sin(\omega t + 30°)$	30	14	3
4	380	$140 \cdot \sin(\omega t - 60°)$	40	4	32

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИСХОДНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Номер варианта	Номер схемы	X_1, Ом	X_2, Ом	X_3, Ом	X_4, Ом	X_5, Ом	X_6, Ом
1	1	-	1	50	45	-	5
2	2	3	-	48	10	40	-
3	3	5	46	-	35	-	15
4	4	-	7	44	-	20	30
5	1	9	-	42	25	-	25
6	2	11	40	-	22	28	-
7	3	-	13	38	19	-	31
8	4	15	-	36	-	34	16
9	1	17	34	-	13	-	37
10	2	-	19	32	40	10	-
11	3	21	-	30	12	-	38
12	4	23	28	-	-	36	14
13	1	-	25	26	16	-	34
14	2	27	-	24	32	18	-
15	3	29	22	-	20	-	30
16	4	-	31	20	-	22	28
17	1	33	-	18	26	24	-
18	2	35	16	-	24	-	26
19	3	-	37	14	-	2	50
20	4	39	-	12	47	-	5
21	1	41	10	-	8	44	-
22	2	-	43	8	41	-	11
23	3	45	-	6	-	14	38
24	4	47	4	-	35	-	17
25	1	-	49	2	20	32	-
26	2	51	-	1	29	-	23
27	3	25	25	-	-	26	26
28	4	-	26	24	37	-	37
29	1	27	-	23	35	33	-
30	2	28	22	-	-	33	31

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

5

УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра электротехники и электрооборудования
предприятий

Расчетно-графическая работа №2

20

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

5

Вариант №

Выполнил ст. гр. ГГ-07-01 Иванов И.И.

Проверил Шарипова С.Ф.

Уфа 2009

5