

32.1583
6745

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины
Кафедра радиофизики и электроники

Богданович В.И., Мышковец В.Н.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Практическое пособие для студентов физического факультета Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины специальностей "Физика", "Физика с дополнительной специализацией "Техническое творчество", "Физическая электроника", АСОИ
(часть 1)

2.1

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Гомель 2000

№. N4

32.1.173

5785

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Практическое пособие для студентов физического факультета Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины специальностей "Физика", "Физика с дополнительной специализацией "Техническое творчество", "Физическая электроника", АСОИ (часть 1).

РЕПОЗИТОРИЙ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2014

Б/ч

установка кафедры
Гомельский государственный университет
имя Францыска Скарыны
БІБЛІЯТЭКА

В авторской редакции

Авторы – составители: Богданович В. И. , Мышковец В. Н.

Рецензенты: Ефимчик М. К., Яковцев И. Н.

Рекомендовано к изданию научно – методическим советом
Гомельского государственного университета им.
Ф.Скорины

Практическое пособие «Электротехника» часть 1 включает в себя примеры решения задач по разделам курса «Электрические цепи постоянного тока», «Электрические цепи переменного тока» и задания к двум контрольным работам по этим темам.

© Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Общие требования к контрольной работе

Целью контрольных работ является окончательная проверка усвоения студентами соответствующих разделов курса. Приступать к выполнению очередной работы следует после изучения необходимого материала и решения достаточного количества задач из рекомендуемой литературы. При оформлении каждой задачи следует проверить исходную схему с принятыми буквенными обозначениями и числами заданных значений. Графики следует чертить на миллиметровой бумаге с помощью чертежных инструментов. На осях координат должны быть указаны откладываемые значения единиц и их измерения. При оформлении контрольной работы нужно указать необходимые расчетные формулы. Конечный результат должен быть выделен из общего текста. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований. Каждый этап решения должен иметь пояснения. Результаты вычислений записывать следует с точностью до второй значащей цифры. В начале каждой задачи следует привести краткое условие, расчетную схему и исходные данные для своего варианта. В ходе решения давать краткие словесные пояснения. Обязательно приводить размерность всех найденных при расчете значений.

1. Электрические цепи постоянного тока

Приступая к расчету электрических цепей, необходимо иметь четкое представление о схемах соединения (последовательное, параллельное, смешанное) как приемников, так и источников электрической энергии. В ряде случаев приходится иметь дело и с более сложными соединениями, к которым относятся многоугольники и звезды. Наиболее часто встречаются соединения треугольником и трехлучевой звездой. При расчете электрических цепей обычно пользуются законами Ома и Кирхгофа. Электрические цепи разделяются на цепи с одним или несколькими источниками.

Анализ цепей с одним источником проводится двумя методами: методом свертывания схемы (определение входного или эквивалентного сопротивления) и методом пропорциональных величин (метод подобия).

При анализе цепей с несколькими источниками используются метод непосредственного применения законов Кирхгофа, методы контурных токов (ячеек), суперпозиции (наложения), узлового напряжения (если в схеме имеется два узла) и эквивалентного генератора (для нахождения тока в одной из ветвей схемы).

1.1. Анализ электрических цепей постоянного тока с одним источником

Рассмотрим электрическую цепь, схема которой изображена на рис. 1.1. Пусть известны значения сопротивления резисторов $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$, э.д.с. и ее внутреннее сопротивление R_0 . Требуется определить токи во всех участках цепи и напряжение, которое покажет вольтметр (сопротивление его бесконечно велико), включенный между точками a и d .

Такая задача решается методом свертывания схемы, по которому отдельные участки схемы упрощают и постепенным преобразованием приводят схему к одному эквивалентному (входному) сопротивлению относительно зажимов источников питания.

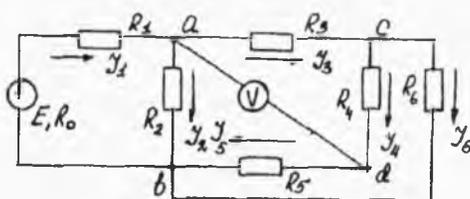


Рис. 1.1

Схема упрощается с помощью замены группы последовательно или параллельно соединенных резисторов одним эквивалентным сопротивлением. Так, резисторы R_4 и R_5 соединены последовательно, а резистор R_6 с ними параллельно, поэтому их эквивалентное сопротивление

$$R_{456} = R_{45} R_6 / (R_{45} + R_6), \text{ где } R_{45} = R_4 + R_5$$

После произведенных преобразований схема принимает вид, показанный на рис. 1.2., а эквивалентное сопротивление всей цепи найдем из уравнения:

$$R_{\text{кв}} = R_0 + R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_{456})}{R_2 + R_3 + R_{456}}$$

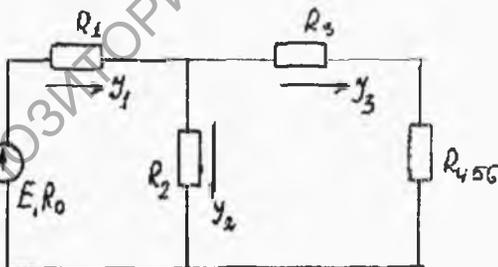


Рис. 1.2

Ток I_1 в неразветвленной части схемы определим по закону Ома. Воспользовавшись схемой (рис. 1.2) определим токи I_2 и I_3 :

$$I_2 = I_1 \frac{R_3 + R_{456}}{R_2 + R_3 + R_{456}}, I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3 + R_{456}}$$

Переходим к рис. 1.1. Определим токи I_4, I_5, I_6

$$I_4 = I_5 = I_3 \frac{R_6}{R_4 + R_5 + R_6}, I_6 = I_3 \frac{R_4 + R_5}{R_4 + R_5 + R_6}$$

Зная ток I_1 , можно найти ток I_2 по-другому. Согласно второму закону Кирхгофа,

$$U_{ab} = E - (R_0 - R_1)I_1, \text{ тогда } I_2 = U_{ab} / R_2$$

Показания вольтметра можно определить, составив уравнение по второму закону Кирхгофа, например, для контура $a c d a$:

$$R_3 I_3 + R_4 I_4 = U_{ad}$$

Для проверки решения можно воспользоваться первым законом Кирхгофа и уравнением баланса мощностей, которые для схемы, изображенной на рис. 1.1 примут вид:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_3 = I_4 + I_6$$

$$EI_1 = (R_0 + R_1)I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + (R_4 + R_5)I_4^2 + R_5 I_6^2$$

Электрические цепи с одним источником можно рассчитывать методом подобия (метод пропорциональных величин), который применим только для расчета линейных цепей, т.е. цепей с неизменными значениями сопротивлений. Метод пропорциональных величин особенно эффективен при расчете разветвленных линейных электрических цепей с одним источником. Воспользуемся свойствами линейных цепей для определения токов схемы, изображенной на рис.1.1 в такой последовательности: задаемся произвольным значением тока I_6' в резисторе R_6 наиболее удаленном от источника питания. По заданному току I_6' и со-

противлению резистора R_6 определим напряжение $U'_{cb} = R_6 I'_6$

Далее определяем

$$I'_4 = I'_5 = U'_{cb} / (R_4 + R_5), I'_3 = I'_4 + I'_6$$

$$U'_{ac} = R_3 I'_3; U'_{ab} = U'_{ac} + U'_{cb}; I_2 = U'_{ab} / R_2$$

$$I'_1 = I'_2 + I'_3$$

Находим значение э.д.с. E' :

$$E' = (R_0 + R_1)I'_1 + R_2 I'_2$$

Однако найденное значение э.д.с. E' в общем случае отличается от заданной величины E . Поэтому для определения действительных значений токов и напряжений вычисляем коэффициент подобия $K = E / E'$. Умножая на него полученные при расчете значения токов и напряжений, находим действительные значения токов цепи.

Задача. Рассмотрим электрическую цепь, схема которой изображена на рис. 1.3. К источнику тока $I=0,1\text{A}$ подключены резисторы с сопротивлением $R_1 = 12\ \text{Ом}$, $R_2 = 10\ \text{Ом}$, $R_3 = 16\ \text{Ом}$, $R_4 = 40\ \text{Ом}$, $R_5 = 60\ \text{Ом}$. Определить напряжение U_{ab} источника тока и все токи. Составить баланс мощностей. Задача решаем методом свертывания схемы.

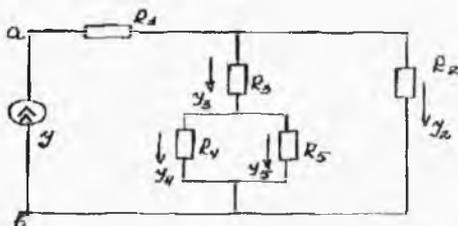


Рис. 1.3

Решение. Находим входное сопротивление R_{ab} схемы относительно зажима в источника тока:

$$R_{ab} = R_2 + \frac{R_2 \left(R_3 + \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} \right)}{R_1 + R_3 + \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5}} = 20 \text{ M}$$

Находим напряжение на зажимах источника U_{ab} :

$$U_{ab} = R_{ab} \times I = 20 \times 0,1 = 2 \text{ B}$$

По закону Ома находим ток I_2 :

$$I_2 = \frac{U_{ab} - R_1 I}{R_2} = 0,08 \text{ A}$$

Ток I_3 определяем из закона Кирхгофа:

$$I_3 = I - I_2 = 0,02 \text{ A}$$

Этот ток распределяется обратно пропорционально сопротивлениям R_4 и R_5 :

$$I_4 = I_3 \frac{R_5}{R_4 + R_5} = 0,012 \text{ A}$$

$$I_5 = I_3 \frac{R_4}{R_4 + R_5} = 0,008 \text{ A}$$

Уравнение баланса мощностей отражают равенство мощностей, отдаваемой источником и расходуемой приемниками, т.е.,

$$U_{ab} I = R_1 I^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 + R_5 I_5^2 = 0,2 \text{ Вт}$$

Следовательно,

$$P_u = P_n = 0,2 \text{ Вт}$$

1. 2. Методы общего анализа линейных электрических цепей с несколькими источниками э.д.с.

Классическим методом расчета сложных линейных цепей является непосредственное применение законов Кирхгофа.

Рассмотрим сложную электрическую цепь (рис. 1.4), которая

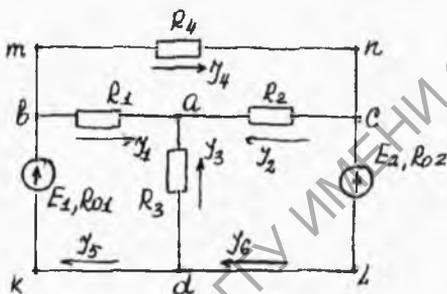


Рис. 1.4

содержит шесть ветвей. Если будут заданы значения всех э.д.с. и сопротивлений резисторов, а по условию задачи требуется определить токи в ветвях, то имеем задачу с шестью неизвестными. Такие задачи решаются с помощью законов Кирхгофа. В этом случае должно быть составлено столько уравнений, сколько неизвестных токов.

Порядок расчета следующий:

- 1) если цепь содержит последовательные и параллельные соединения, то ее упрощают, заменяя эти соединения эквивалентными;
- 2) произвольно указывают направления токов во всех ветвях. Если принятое направление тока не совпадает с действительным, то при расчете такие токи получаются со знаком минус;
- 3) составляют $(n-1)$ уравнений по первому закону Кирхгофа (n - число узлов);

4) недостающие уравнения в количестве $m-(n-1)$, где m - число ветвей, составляют по второму закону Кирхгофа, при этом обход контура можно производить как по часовой стрелке, так и против нее. За положительные э.д.с. и токи принимаются такие, направление которых совпадает с направлением обхода контура. Направление действия э.д.с. внутри источника всегда принимают от минуса к плюсу (рис. 1.4).

5) полученную систему уравнений решают относительно неизвестных токов.

Составим расчетные уравнения для электрической цепи, изображенной на рис. 1.4. для узлов а, в, с:

$$\left. \begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 &= 0 \\ I_5 - I_1 - I_4 &= 0 \\ I_4 - I_2 - I_6 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Составим уравнения по второму закону Кирхгофа:

для контура $a d k b a$: $E_1 = R_1 I_1 - R_3 I_3 + R_{01} I_5$

для контура $b a c l d k b$:

$$E_1 - E_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_{01} I_5 + R_{02} I_6$$

для контура $b m n c a b$: $0 = R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_4 I_4$.

Решая совместно уравнения, определяем токи в ветвях электрической цепи.

Расчет сложных цепей методом контурных токов ведется следующим образом:

1) вводя понятие "контурных токов", произвольно задаемся направлением этих токов в ячейках. Удобнее все токи указать в одном направлении, например по часовой стрелке.

2) составляем для каждого контура-ячейки уравнение по второму закону Кирхгофа. Обход контуров производим по часовой стрелке:

3) первый контур:

$$E_1 = (R_{01} + R_1 + R_3)I_{K1} - R_3I_{K2} - R_1I_{K3};$$

второй контур: $-E_2 = -R_3I_{K1} + (R_{02} + R_2 + R_3)I_{K3} - R_2I_{K3};$

третий контур: $0 = -R_1I_{K1} - R_2I_{K2} + (R_1 + R_2 + R_4)I_{K3};$

3) решая совместно уравнения определяем контурные токи. В том случае, когда контурный ток получается со знаком минус, это означает, что его направление противоположно выбранному по схеме;

4) токи во внутренних ветвях схемы определяются как сумма или разность соответствующих контурных токов. В том случае, когда контурные токи в ветви совпадают, берут их сумму, а когда направлены навстречу то из большого тока вычитают меньший;

5) токи во внешних ветвях схемы по значению равны соответствующим контурным токам;

ЗАДАЧА. Найти токи в цепи, схема которой изображена на рис. 1.5. Заданы значения $E_1 = 100$ В, $E_2 = 120$ В, $R_{01} = R_{02} = 0,5$

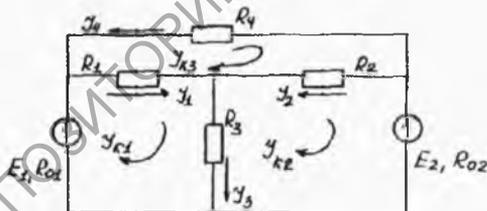


Рис. 1.5.

Ом, $R_1 = 50$ Ом, $R_2 = 100$ Ом, $R_3 = 20$ Ом, $R_4 = 10$ Ом. Определить токи в ветвях цепи.

Решение : Составим систему уравнений по методу контурных токов.

$$\left. \begin{aligned} 100 &= 7,5I_{K1} - 2I_{K2} - 5I_{K3} \\ -120 &= -2I_{K1} + 12,5I_{K2} - 10I_{K3} \\ 0 &= -5I_{K1} - 10I_{K2} + 25I_{K3} \end{aligned} \right\}$$

Выразим I_{K3} через I_{K1} и I_{K2}

$$I_{K3} = \frac{5}{25}I_{K1} + \frac{10}{25}I_{K2}$$

и производя соответствующие подстановки, получаем

$$\begin{aligned} 100 &= 6,5I_{K1} - 4I_{K2} \\ -120 &= -4I_{K1} + 8,5I_{K2} \end{aligned}$$

Совместное решение полученных уравнений дает:

$$I_{K1} = -5,2A, I_{K2} = -33,5A, I_{K3} = -14,4A$$

Определяем токи в ветвях:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{K1} - I_{K3} = 9,2A, \\ I_2 &= I_{K3} - I_{K2} = 19,1A, \\ I_3 &= I_{K1} - I_{K2} = 28,3A, \\ I_4 &= I_{K3} = -14,4A. \end{aligned}$$

Метод наложения. Этот метод применим только в линейных электрических цепях, в которых сопротивления элементов цепи не изменяются при прохождении через них тока или приложенного к ним напряжения и основан на принципе суперпозиции. Этот метод позволяет свести расчет разветвленной цепи с несколькими источниками к нескольким расчетам этой же цепи, но с одним источником. Порядок расчета:

1) поочередно рассматривают действие в цепи только одного источника, а все остальные источники исключаются (остаются только их внутренние сопротивления);

2) рассчитывают токи в ветвях от действия каждого источника;

3) алгебраическим суммированием токов, полученных от действия каждого источника в отдельности, находят токи в ветвях цепи.

Рассмотрим схему рис. 1.6. Исключим в ней источник E_2 ($E_2 = 0$). Тогда схема имеет вид рис. 1.7.

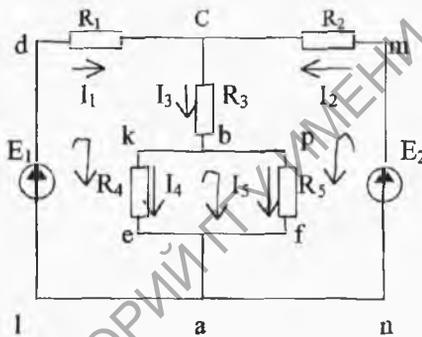


Рис. 1.6

Ток в разветвленной части цепи определим как

$$I_1' = \frac{E_1}{R_{\text{ЭЭВ}}'}$$

где

$$R_{\text{ЭЭВ}}' = R_1 + \frac{(R_3 + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5})R_2}{R_3 + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} + R_2};$$

$$I_2' = \frac{E_1 - I_1' R_1}{R_2}; \quad I_3' = I_1' - I_2'$$

$$I_4' = I_3' \frac{R_5}{R_4 + R_5}; \quad I_5' = I_3' \frac{R_4}{R_5 + R_4};$$

Исключим E_1 ($E_1 = 0$) тогда схема имеет вид рис. 1.8.

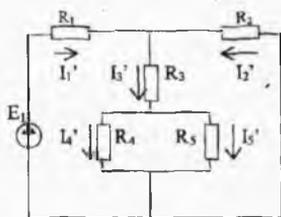


Рис.1.7.

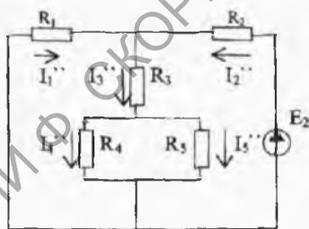


Рис.1.8.

Ток в неразветвленной части цепи определим как:

$$I_2'' = \frac{E_2}{R_{\text{ЭЭВ}}''},$$

где

$$R_{\text{ЭЭВ}}'' = R_2 + \frac{(R_3 + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}) \cdot R_1}{R_4 + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} + R_1};$$

$$I_1'' = \frac{E_2 - I_2'' R_2}{R_1}; \quad I_3'' = I_2'' - I_1''$$

$$I_4'' = I_3'' \frac{R_5}{R_4 + R_5}; \quad I_5'' = I_3'' \frac{R_4}{R_4 + R_5};$$

$$I_1'' = \frac{E_2 - I_2'' R_2}{R_1}; \quad I_3'' = I_2'' - I_1''$$

$$I_4'' = I_3'' \frac{R_5}{R_4 + R_5}; \quad I_5'' = I_3'' \frac{R_4}{R_4 + R_5};$$

Действительные токи, согласно выбранных направлений рис. 1 определим как алгебраическую сумму частичных токов.

$$I_1 = I_1' - I_1''; \quad I_2 = I_2'' - I_2'; \quad I_3 = I_3' + I_3'';$$

$$I_4 = I_4' - I_4''; \quad I_5 = I_5' - I_5''$$

В промышленной электронике, автоматике часто используют цепи, схема которых изображена на рис. 1.9. Такие схемы удобно анализировать с помощью метода узлового напряжения.

ЗАДАЧА. Найти токи и показания вольтметра в цепи, схема которой приведена на рис. 1.9, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10$ Ом, $E_1 = 20В$, $E_2 = 18В$, $E_3 = 10В$.

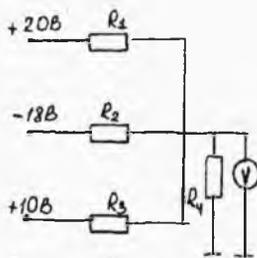


Рис. 1.9.

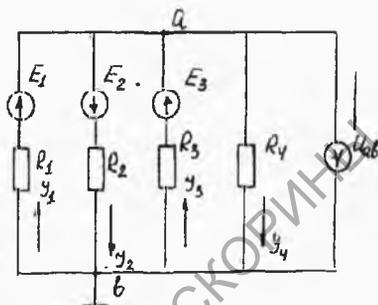


Рис. 1.10.

Решение: схеме (рис.1.9.) соответствует схема замещения (рис.1.10). Найдем узловое напряжение U_{ab} (показание вольтметра)

$$U_{ab} = \frac{G_1 E_1 - G_2 E_2 + G_3 E_3}{G_1 + G_2 + G_3} = 3B$$

Токи в ветвях определим по закону Ома:

$$I_1 = (E_1 - U_{ab}) / R_1 = 1,7A; \quad I_2 = (E_2 + U_{ab}) / R_2 = 2,1A;$$

$$I_3 = (E_3 - U_{ab}) / R_3 = 0,7A; \quad I_4 = U_{ab} / R_4 = 0,3A$$

1. 3. Частичный анализ электрических цепей.

Метод эквивалентного генератора.

Для изучения режима работы только одной из ветвей сложной электрической цепи целесообразно воспользоваться методом эквивалентного генератора. Согласно этому методу воздействие

всех источников сложной электрической цепи на исследуемую ветвь можно заменить воздействием последовательно включенного с ветвью эквивалентного источника (генератора), имеющего э.д.с. $E_{ЭК}$, равную напряжению холостого хода на зажимах разомкнутой исследуемой ветви, и внутреннее сопротивление $R_{ЭК}$, равное входному сопротивлению цепи со стороны зажимов исследуемой ветви.

Порядок расчета:

- 1) произвольно выбираем направление тока в исследуемой ветви;
- 2) отключаем исследуемую ветвь, осуществляя режим холостого хода;
- 3) определяем напряжение холостого хода $U_{ХХ}$ на зажимах разомкнутой ветви;
- 4) находим входное (эквивалентное) сопротивление со стороны зажимов разомкнутой ветви;
- 5) в общем случае находят ток в исследуемой ветви определяем как

$$I = (U_{ХХ} \pm E) / (R_{ЭК} + R),$$

где: R - сопротивление резистора ветви, в которой определяется ток; $R_{ЭК}$ - входное (эквивалентное) сопротивление цепи со стороны зажимов выделенной ветви; $E_{ЭК}$ - э.д.с., находящаяся в исследуемой ветви. Если ветвь не содержит э.д.с., то она принимается равной нулю. Знаки плюс или минус выбирают в соответствии с законом Ома для ветви с источником, т.е. если направление э.д.с. совпадает с направлением тока, то берется знак плюс в противном случае - минус.

ЗАДАЧА. Определить ток в ветви $U_{Вa}$ (рис. 1.11), если

$$E_2 = E_3 = E_4 = 20\text{В}; E_5 = 30\text{В}; E_6 = 60\text{В}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 2\text{Ом}; R_5 = 3\text{Ом}; R_6 = 6\text{Ом}$$

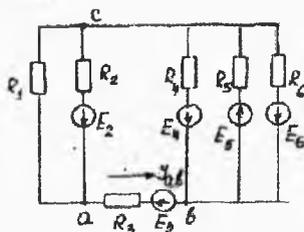


Рис. 1.11

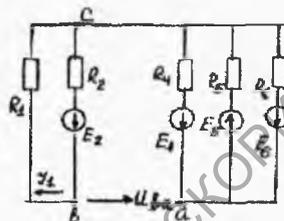


Рис. 1.12

Решение: Решение задачи состоит из двух этапов:

1) определим напряжение холостого хода U_{ab} на зажимах разомкнутой ветви ab . Схема в этом случае имеет вид, показанный на рис.1.12. Для нахождения U_{xba} следует найти ток I и напряжение U_{ac} :

$$I_1 = E_2 / (R_1 + R_2) = 20 / (2 + 2) = 5\text{А}$$

Напряжения U_{ca} находим по формуле узлового напряжения

$$U_{ca} = \frac{G_5 E_5 - G_4 E_4 - G_6 E_6}{G_4 + G_5 + G_6} = -10\text{В}$$

Напряжение U_{xba} найдем по второму закону Кирхгофа, обходя контур bca

$$U_{xba} = R_1 I_1 + U_{ca} = 2 \times 5 - 10 = 0$$

2). Определим эквивалентное сопротивление:

$$R_{Эквa} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{1}{1/R_4 + 1/R_5 + 1/R_6} = 2\text{Ом}$$

Схема в этом случае имеет вид, показанный на рис. 1.11.

Подставив найденные значения, получаем, что

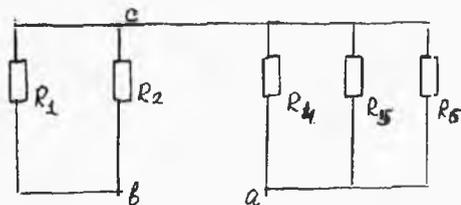


Рис.1.11

$$I_{ba} = (0 - 20)/(2 + 2) = -5 \text{ A}$$

2. Электрические цепи переменного тока.

Однофазные цепи.

Задача. Рассчитать электрическую цепь синусоидального тока со смешанным соединением приемников, схема которой изображена на рис.2.1. Дано: $U = 120\text{В}$; $R_1 = 10 \text{ Ом}$; $R_2 = 24 \text{ Ом}$; $R_3 = 15 \text{ Ом}$; $L_1 = 19,1\text{мГн}$; $C_1 = 455\text{мкФ}$; $L_3 = 63,5 \text{ мГн}$; $f = 50\text{Гц}$.

Определить токи $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3$ в ветвях цепи, напряжения на участках $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{bc}$ активную, реактивную и полную мощности и построить векторную диаграмму на комплексной мощности.

Решение: Выразим сопротивления ветвей цепи в комплексной

$$Z = R \pm jX = Ze^{\pm j\varphi};$$

форме:

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1 = (10 + j6)\text{Ом}.$$

Переходя от алгебраической формы записи комплексного

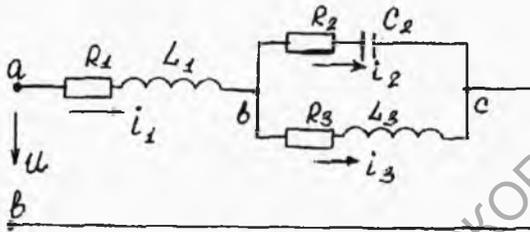


Рис.2.1

числа к показательной, получаем:

$$Z_1 = Z_1 e^{j\varphi_1} = 11,6 e^{j31^\circ} \text{ Ом},$$

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + (\omega L_1)^2}, \quad \text{tg } \varphi_1 = \frac{\omega L_1}{R_1};$$

$$Z_2 = R_2 - j \frac{1}{\omega C_2} = 24 - j7 = 25 e^{-j16^\circ 15'} \text{ Ом};$$

$$Z_3 = R_3 + j\omega L_3 = 15 + j20 = 25 e^{j53^\circ 05'} \text{ Ом}.$$

Выражаем заданное напряжение U в комплексной плоскости. Если начальная фаза напряжения не задана, то ее можно принять равной нулю и располагать вектор напряжения совпадающим с положительным направлением действительной оси. В этом случае мнимая составляющая комплексного числа отсутствует (рис.2.2).

Полное комплексное сопротивление цепи:

$$Z = Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3} = (24,4 + j1,08) \text{ Ом} = 24,7 e^{j25^\circ 55'} \text{ Ом}$$

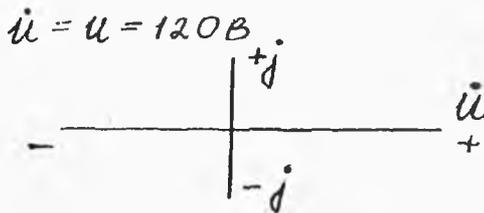


Рис. 2.2

Определяем ток в неразветвленной части цепи

$$\dot{I}_1 = \dot{U} / Z = 120 / 26,7 e^{j23,55^\circ} = 4,5 e^{-j23,55^\circ} \text{ А}$$

Токи \dot{I}_2 и \dot{I}_3 в параллельных ветвях могут быть выражены через ток в неразветвленной части цепи:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{Z}{Z_{-2} + Z_{-3}} = 2,74 e^{j10^\circ 45'} \text{ А};$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{Z_{-2}}{Z_{-2} + Z_{-3}} = 2,74 e^{-j58^\circ 38'} \text{ А}.$$

Токи \dot{I}_2 и \dot{I}_3 можно найти иначе:

$$\dot{U}_{bc} = Z_{bc} \dot{I}_1 = 68,4 e^{-j5^\circ 30'} \text{ В};$$

$$\dot{I}_2 = U_{bc} / Z_{-2} = 2,74 e^{j10^\circ 45'} \text{ А};$$

$$\dot{I}_3 = U_{bc} / Z_{-3} = 2,74 e^{-j58^\circ 38'} \text{ А}.$$

Найдем мощности всей цепи и отдельных ее ветвей:

$$\tilde{S} = \tilde{U} \dot{I}_1^* = 120 \times 4,5 e^{j23^\circ 55'} = 540 e^{+j23^\circ 55'} \text{ B} \times \text{A}$$

Для определения активной и реактивной мощности полную мощность, выраженную комплексным числом в показательной форме, переводим в алгебраическую форму. Тогда действительная часть комплекса представляет собой активную мощность, а мнимая - реактивную:

$$\tilde{S} = 540 \cos 23^\circ 55' + j 540 \sin 23^\circ 55' = 494 + j 218 \text{ B} \times \text{A}$$

Откуда

$$P_1 = R_1 I_1^2 = 202 \text{ Bm}; \quad P_2 = R_2 I_2^2 = 180 \text{ Bm};$$

$$P_3 = R_3 I_3^2 = 112 \text{ Bm}; \quad Q_1 = X_2 * I_1^2 = 122 \text{ Вар};$$

$$Q_2 = X_2 I_2^2 = -52,5 \text{ Вар}; \quad Q_3 = X_3 I_3^2 = 150 \text{ Вар}.$$

Построим векторную диаграмму. По результатам расчетов отложим векторы токов $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3$. Затем по направлению \dot{I}_1 отложим вектор $R_1 \dot{I}_1$ перпендикулярно к нему в сторону опережения - вектор $jX_1 \dot{I}_1$. Их сумма даст вектор $Z_1 \dot{I}_1$. Далее в фазе \dot{I}_2 построен вектор $R_2 \dot{I}_2$, и перпендикулярно к нему в сторону отставания вектор $jX_2 \dot{I}_2$, а их сумма дает вектор напряжения на параллельном участке \dot{U}_{bc} . Тот же вектор можно получить, если в фазе с \dot{I}_3 отложить $R_3 \dot{I}_3$ и к нему прибавить вектор $jX_3 \dot{I}_3$ опережающий \dot{I}_3 на 90° . Сумма векторов $Z_1 \dot{I}_1$ и \dot{U}_{bc} дает вектор приложенного напряжения (рис.2.3).

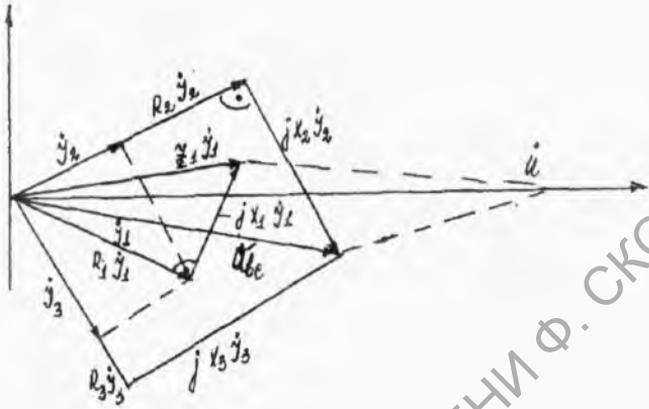


Рис.2.3

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2. Задание к контрольной работе №1

Для электрической цепи, схема которой изображена на рис. 3.1-3.75 по заданным в таблице 1 сопротивлениям и э.д.с. вычислить следующее:

- 1.1. Составить систему уравнений, необходимых для определения токов по первому и второму закону Кирхгофа;
- 1.2. Вычислить токи, пользуясь методом контурных токов;
- 1.3. Исключить источники E_2 , E_3 из рассматриваемой схемы (если заданы внутренние сопротивления, то заменить E_2 и E_3 на их значения), рассчитать токи в полученной схеме с одним источником э.д.с. E_1 применив метод свертки;
- 1.4. Исключить источник E_3 . Перерисовать схему для двух источников E_1 и E_2 и рассчитать в ней токи применив метод наложения.
- 1.5. Упростить схему, заменив треугольник сопротивлений R_4 , R_5 , R_6 эквивалентной звездой. Начертить расчетную схему с эквивалентной звездой и показать на ней токи. Рассчитать полученную схему применив метод узловых потенциалов;
- 1.6. Определить ток в резисторе R_6 методом эквивалентного генератора;
- 1.7. Определить показания вольтметра и составить баланс мощностей для заданной схемы;
- 1.8. Построить в масштабе потенциальную диаграмму для внешнего контура.

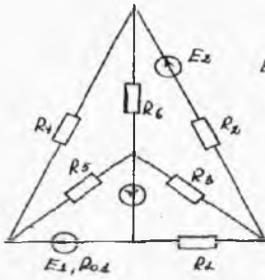


Рис. 3.1

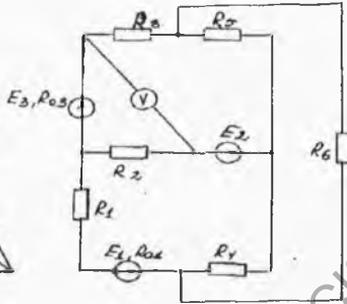


Рис. 3.2

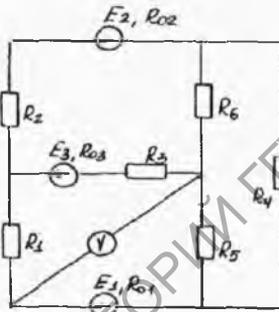


Рис. 3.3

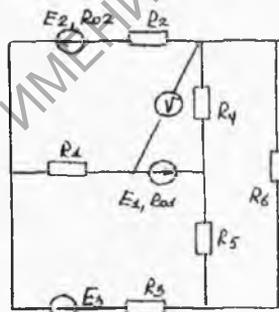


Рис. 3.4

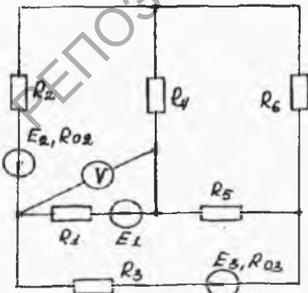


Рис. 3.5

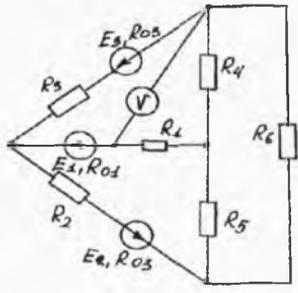


Рис. 3.6

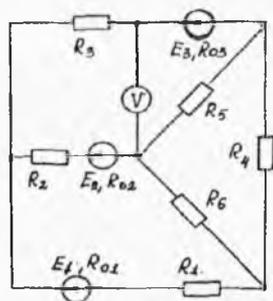


Рис. 3.7

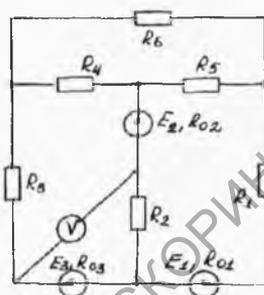


Рис. 3.8

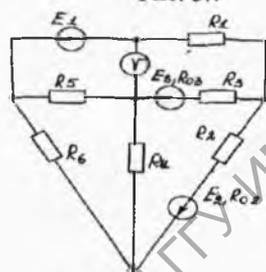


Рис. 3.9

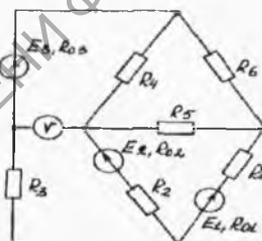


Рис. 3.10

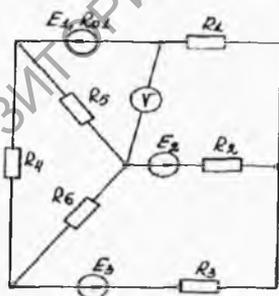


Рис. 3.11

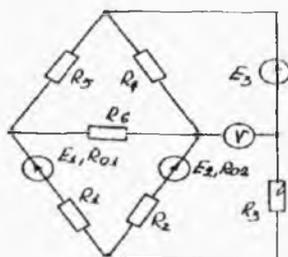


Рис. 3.12

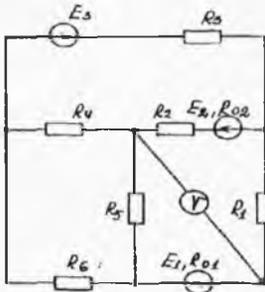


Рис. 3.13

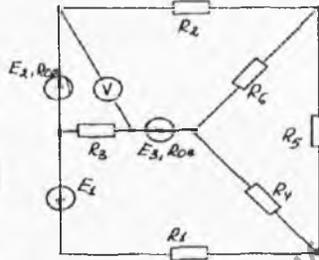


Рис. 3.14

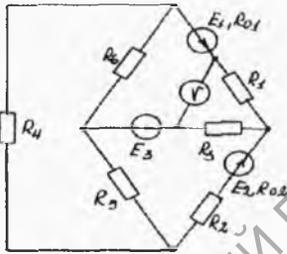


Рис. 3.15

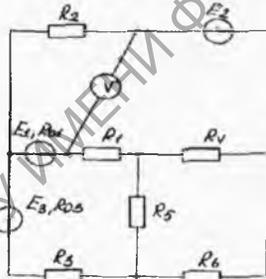


Рис. 3.16

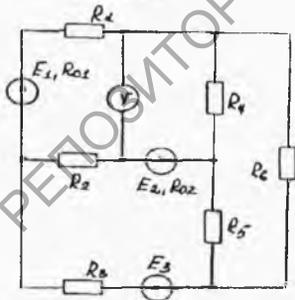


Рис. 3.17

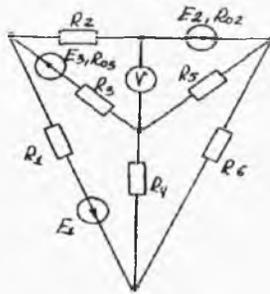


Рис. 3.18

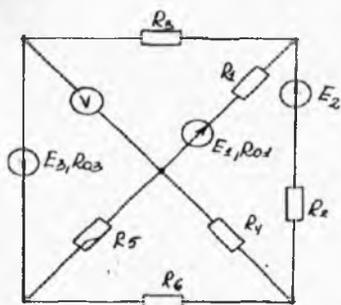


Рис. 3.19

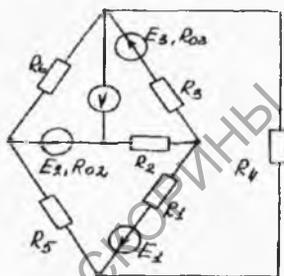


Рис. 3.20

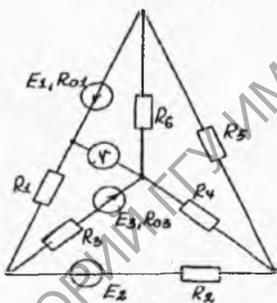


Рис. 3.21

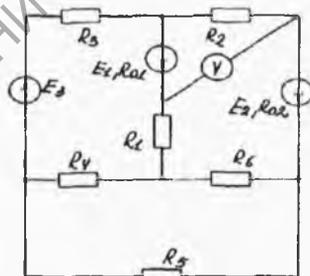


Рис. 3.22

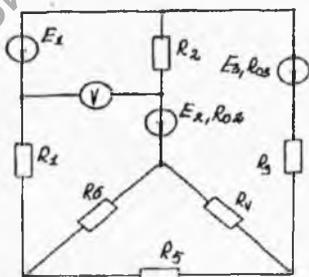


Рис. 3.23

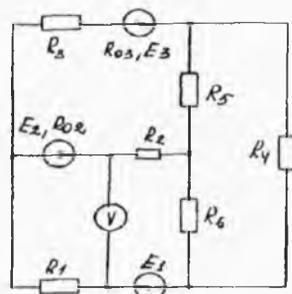


Рис. 3.24

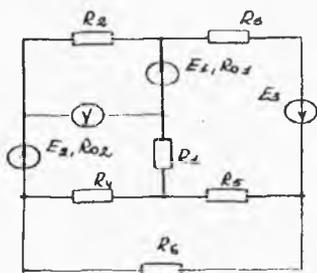


Рис. 3.25

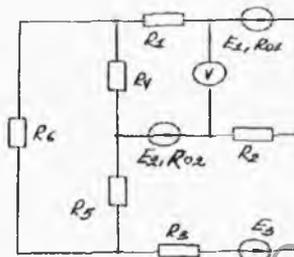


Рис. 3.26

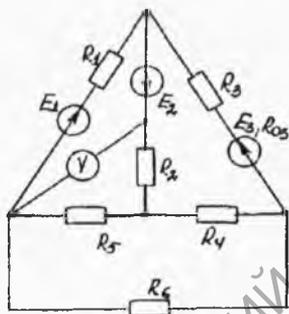


Рис. 3.27

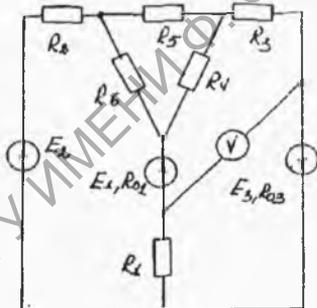


Рис. 3.28

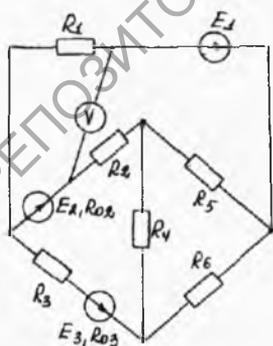


Рис. 3.29

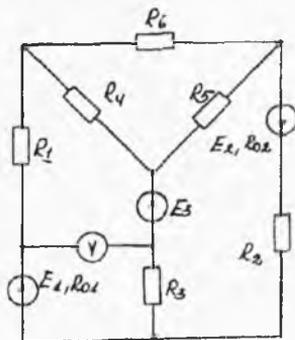


Рис. 3.30

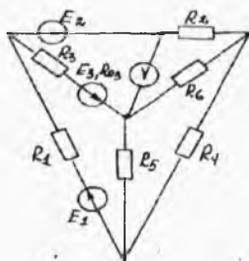


Рис. 3.31

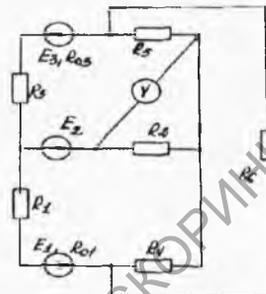


Рис. 3.32

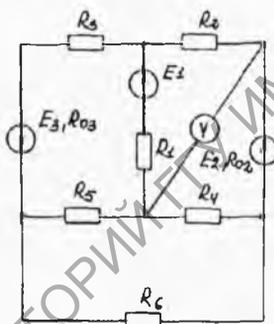


Рис. 3.33

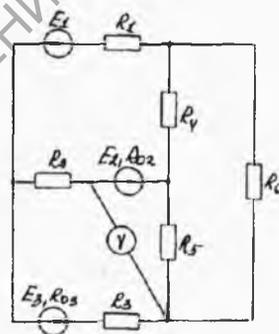


Рис. 3.34

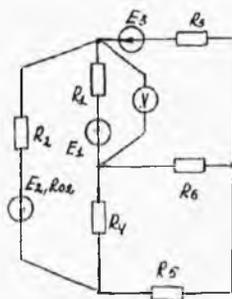


Рис. 3.35

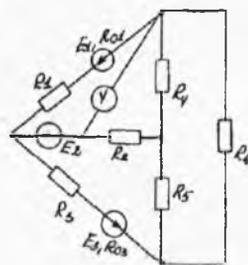


Рис. 3.36

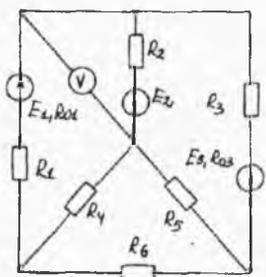


Рис. 3.37

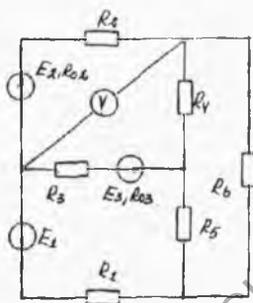


Рис. 3.38

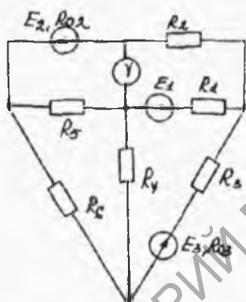


Рис. 3.39

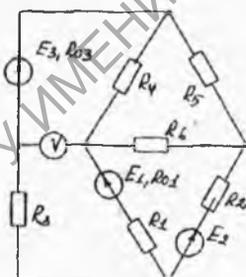


Рис. 3.40

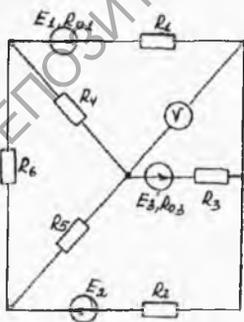


Рис. 3.41

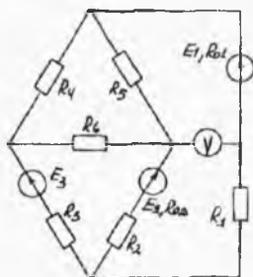


Рис. 3.42

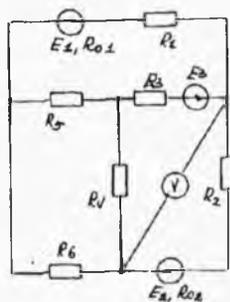


Рис. 3.43

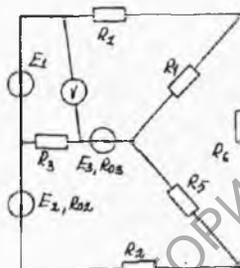


Рис. 3.44

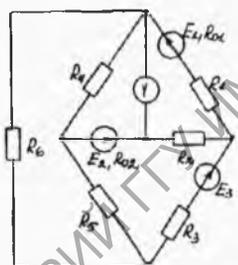


Рис. 3.45

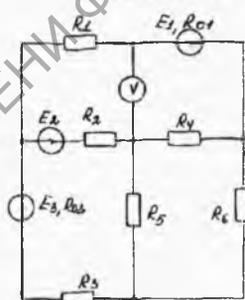


Рис. 3.46

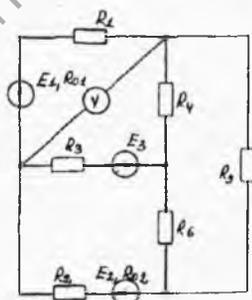


Рис. 3.47

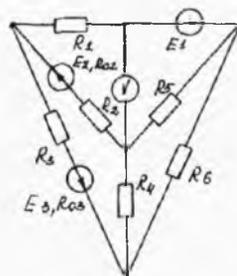


Рис. 3.48

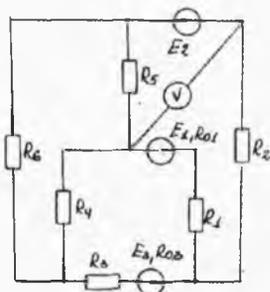


Рис. 3.49

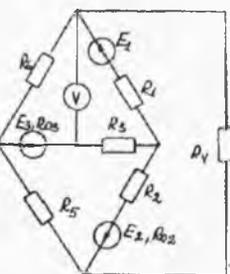


Рис. 3.50

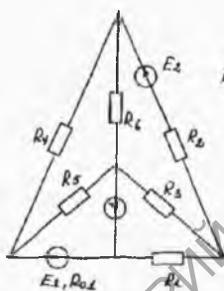


Рис. 3.51

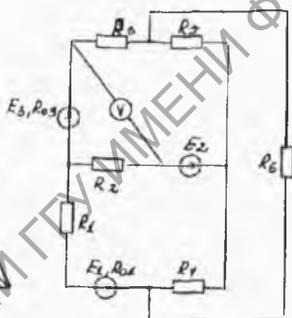


Рис. 3.52

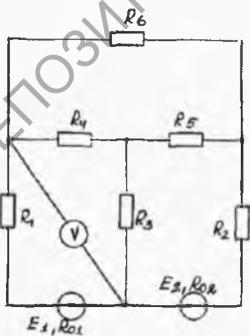


Рис. 3.53

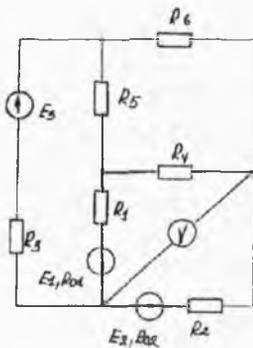


Рис. 3.54

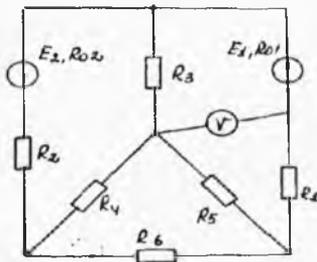


Рис. 3.55

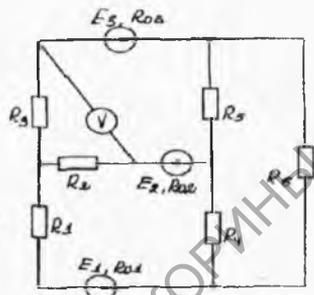


Рис. 3.56

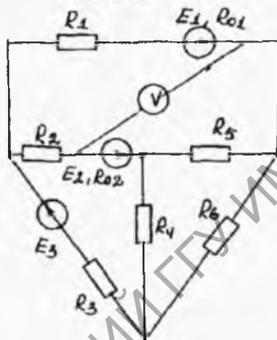


Рис. 3.57

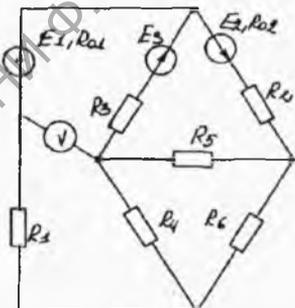


Рис. 3.58

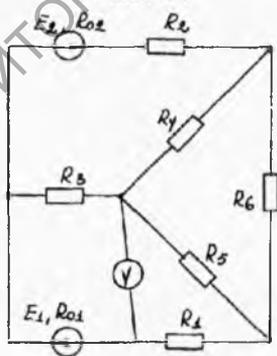


Рис. 3.59

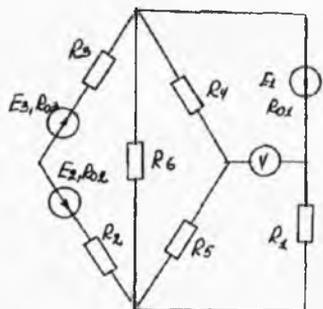


Рис. 3.60

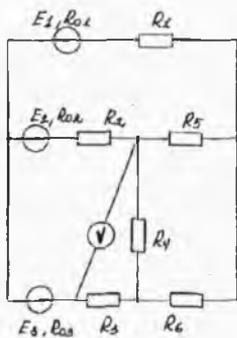


Рис. 3.61

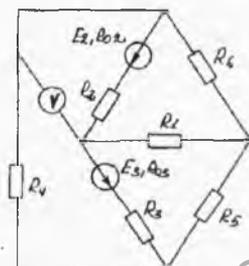


Рис. 3.62

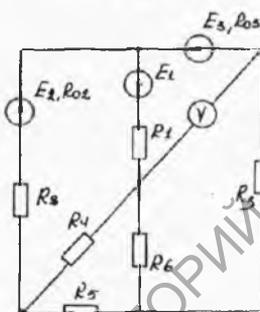


Рис. 3.63

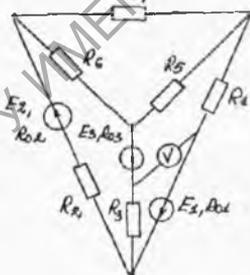


Рис. 3.64

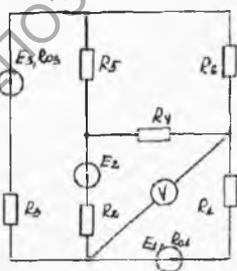


Рис. 3.65

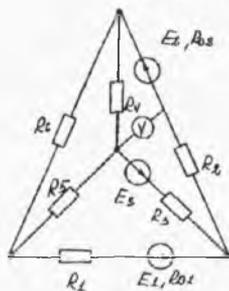


Рис. 3.66

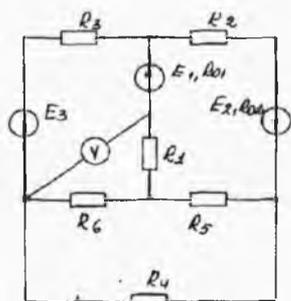


Рис. 3.67

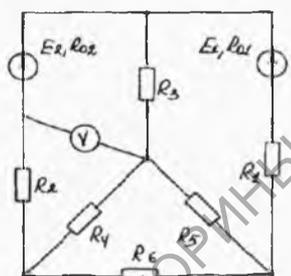


Рис. 3.68

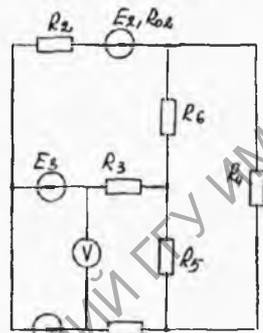


Рис. 3.69

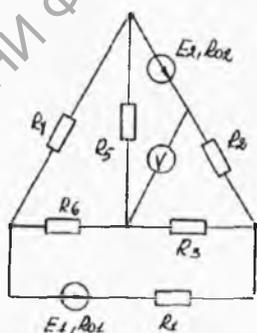


Рис. 3.70

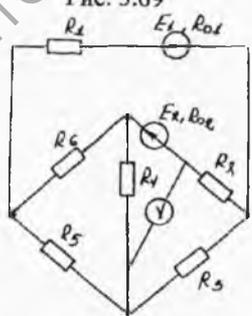


Рис. 3.71

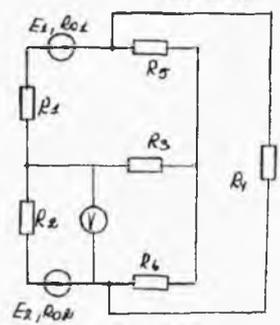


Рис. 3.72

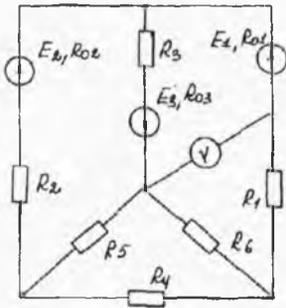


Рис. 3.73

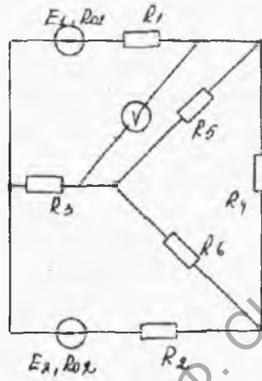


Рис. 3.74

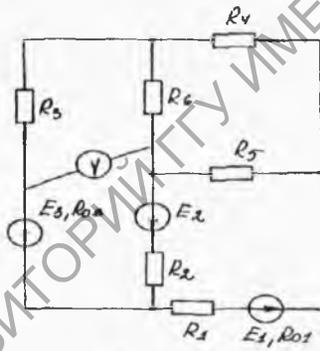


Рис. 3.75

Таблица 3.1.

№ вариант	№ рисунок	E ₁ В	E ₂ В	E ₃ В	R ₀₁ Ом	R ₀₂ Ом	R ₀₃ Ом	R ₁ Ом	R ₂ Ом	R ₃ Ом	R ₄ Ом	R ₅ Ом	R ₆ Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.1	3.1	24	10	-	0.2	-	-	4	10	6	2	6	3
1.2	3.2	55	18	4	0.6	-	0,3	2	4	4	8	12	8
1.3	3.3	36	10	25	0.4	0.8	0.3	1	2	7	2	4	5
1.4	3.4	16	5	36	0.8	0.4	-	4	10	5	6	8	6
1.5	3.5	14	25	28	-	0.2	0.5	2	2	6	4	9	12
1.6	3.6	20	22	0.	0.6	0.4	6	3	8	4	10	6	8
1.7	3.7	10	6	24	0,8	0.3	0.5	3.	5	6	6	3	1
1.8	3.8	6	20	4	0.6	0.8	1.2	4	6	4	4	3	3
1.9	3.9	21	4	10	-	0,2	0.6	5	7	2	8	1	1
1.10	3.10	4	9	18	0.8	0.2	0.7	7	10	4	8	10	2
1.11	3.11	4	24	6	0.9	-	-	9	8	6	6	10	4
1.12	3.12	16	8	9	0.2	0.6	-	5	6	6	5	10	5
1.13	3.13	48	12	6	0.8	1.4	-	2	4	2	12	6	2
1.14	3.14	12	36	12	-	0,4	1.2	5	5	1	5	6	9
1.15	3.15	12	6	40	1.2	0.6	-	2	3	8	5	7	8
1.16	3.16	8	6	36	1.3	-	1.2	3	2	1	6	8	6
1.17	3.17	72	12	4	0.7	1.5	-	6	1	10	4	12	4
1.18	3.18	12	48	6	-	0.4	0.4	2	1	4	15	2	2
1.19	3.19	12	30	9	0.5	-	0.5	3	2	3	3	1	3
1.20	3.20	9	6	27	-	1.0	0.8	4	2	8	13	4	3
1.21	3.21	15	63	6	1	-	1.2	5	3	1	2	12	3
1.22	3.22	54	27	3	1.2	0.9	-	8	3	1	4	2	2
1.23	3.23	36	9	24	-	0.8	0.8	3	4	2	1	5	1
1.24	3.24	3	66	9	-	0.7	1.2	1	4	2	2	7	3
1.25	3.25	12	30	25	1	0.4	-	1	5	1	1	6	4
1.26	3.26	30	16	10	0.6	0.8	-	2	5	3	1	8	5
1.27	3.27	10	32	10	-	-	1.0	1	6	1	7	1	5
1.28	3.28	5	10	36	0.3	-	0.8	1	6	3	2	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.29	3.29	40	25	8	-	0.2	0.2	3	3	2	4	3	2
1.30	3.30	8	40	10	0.8	1.0	-	5	3	3	3	2	1
1.31	3.31	22	24	10	-	-	1.2	2	1	8	4	10	6
1.32	3.32	55	18	4	0.8	-	0.8	8	4	3	2	4	4
1.33	3.33	36	10	25	-	0,4	0.5	4	8	3	1	2	7
1.34	3.34	16	5	32	-	0,7	0.8	9	3	2	4	1	5
1.35	3.35	14	25	28	-	1.2	-	5	2	8	2	2	6
1.36	3.36	5	16	30	0.4	-	0.7	6	4	3	2	5	3
1.37	3.37	10	6	24	0.8	-	0,3	5	5	6	6	3	1
1.38	3.38	6	20	4	-	0.8	1.2	4	6	4	4	3	3
1.39	3.39	21	4	10	-	0.2	0.6	5	7	2	8	1	1
1.40	3.40	4	9	18	0.8	-	0.7	7	10	4	8	10	2
1.41	3.41	4	4	6	0.9	-	0.9	8	1	6	10	4	5
1.42	3.42	16	8	9	0.2	0.6	-	2	6	6	5	10	5
1.43	3.43	48	12	6	0.8	0,2	-	4	4	2	12	6	2
1.44	3.44	12	36	12	-	0.4	1.2	5	5	1	5	6	9
1.45	3.45	12	6	40	1.2	0.6	-	2	3	8	5	7	8
1.46	3.46	8	6	36	1.3	-	1.2	3	2	1	6	8	6
1.47	3.47	72	12	4	0.7	1.5	-	6	1	10	4	12	4
1.48	3.48	12	48	6	0.4	0.4	0.4	2	1	4	15	2	2
1.49	3.49	12	30	9	0.5	-	0.5	3	2	3	3	1	3
1.50	3.50	9	6	27	-	1.0	0.8	4	2	8	13	4	3
1.51	3.51	4	10	-	0.2	-	-	2	2	1	8	4	6
1.52	3.52	36	10	12	0.5	-	1	5	4	8	3	1	2
1.53	3.53	55	10	-	0.2	0.5	-	8	9	10	4	11	12
1.54	3.54	10	2	12	0,2	0,4	-	4	6	5	8	7	3
1.55	3.55	14	25	-	0.9	0.2	-	5	2	6	2	2	6
1.56	3.56	20	22	9	0.1	0.2	0.3	1	2	6	3	8	4
1.57	3.57	10	6	24	0.8	0.3	-	3	5	6	6	3	6
1.58	3.58	16	5	32	0.4	0.5	-	4	8	3	1	2	4
1.59	3.59	6	20	22	0.8	1.2	-	5	7	2	8	1	1
1.60	3.60	4	9	18	0.2	0.8	1.2	5	6	6	5	10	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.61	3.61	16	8	9	0.8	0.6	0.2	4	4	2	12	6	2
1.62	3.62	-	48	12	-	0.4	0.5	5	2	4	6	3	1
1.63	3.63	8	6	36	-	1.2	0.6	2	3	8	5	7	8
1.64	3.64	12	6	40	1.3	0.7	1.5	2	3	8	5	7	8
1.65	3.65	6	8	36	0.6	-	1	2	1	6	8	6	3
1.66	3.66	72	12	4	1.3	0.7	-	3	5	2	12	7	9
1.67	3.67	12	48	6	0.5	0.3	-	2	1	4	15	2	2
1.68	3.68	30	9	-	0.4	0.6	-	2	1	6	10	4	12
1.69	3.69	54	27	3	1.0	1.2	-	8	3	2	4	9	10
1.70	3.70	12	48	-	0.4	0.4	-	6	1	10	4	12	4
1.71	3.71	63	9	-	1.2	0.9	-	3	4	2	1	5	1
1.72	3.72	3	66	-	0.7	1.2	-	4	4	2	2	7	3
1.73	3.73	72	24	36	0.4	0.6	0.2	2	3	10	2	4	6
1.74	3.74	24	10	-	0.2	0.4	-	9	15	14	12	10	3
1.75	2.75	6	18	24	0.8	-	1.2	12	10	7	3	8	5

4. Задание к контрольной работе №2

Для электрической цепи, схема которой изображена на рис. 4.1 - 4.75, по заданным в таблице 4.1 параметрам сопротивлений, индуктивностей, емкостей и э.д.с. источника определить токи во всех ветвях цепи и напряжения на отдельных участках. Составить баланс активной и реактивной мощностей. Построить в масштабе на комплексной плоскости векторную диаграмму токов и потенциальную диаграмму напряжений по внешнему контуру.

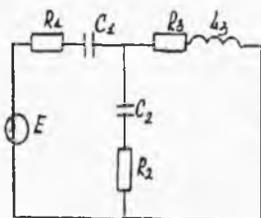


Рис. 4.1

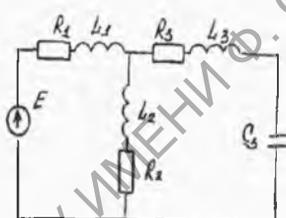


Рис. 4.2

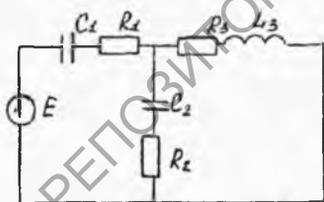


Рис. 4.3

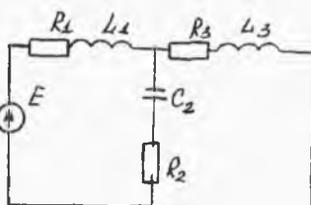


Рис. 4.4

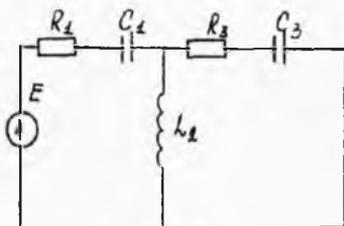


Рис. 4.5

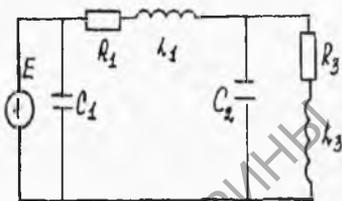


Рис. 4.6

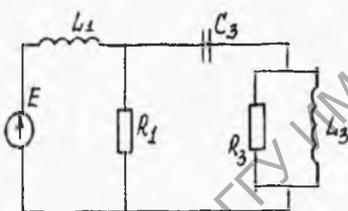


Рис. 4.7

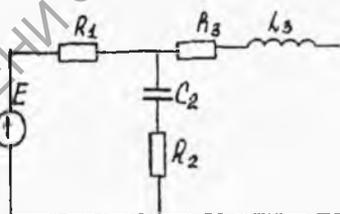


Рис. 4.8

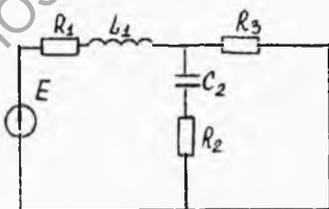


Рис. 4.9

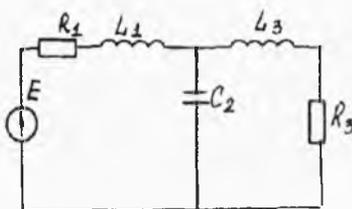


Рис. 4.10

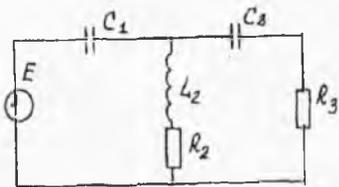


Рис. 4.11

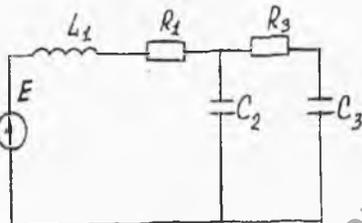


Рис. 4.12

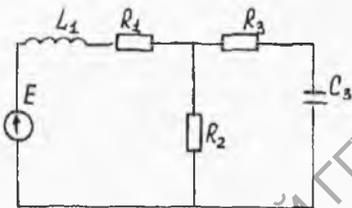


Рис. 4.13

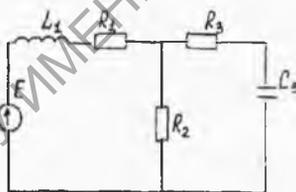


Рис. 4.14

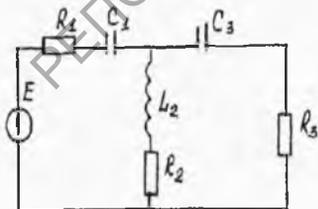


Рис. 4.15

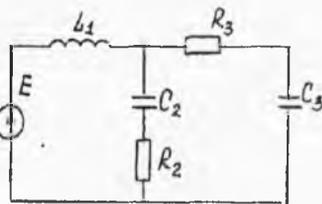


Рис. 4.16

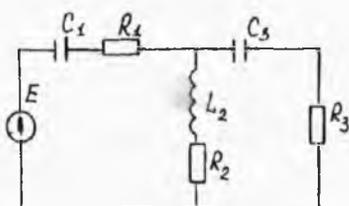


Рис. 4.17

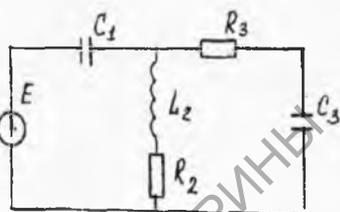


Рис. 4.18

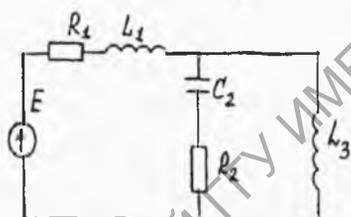


Рис. 4.19

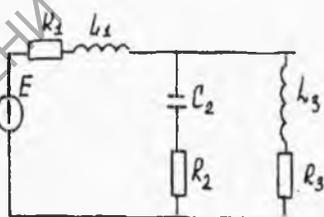


Рис. 4.20

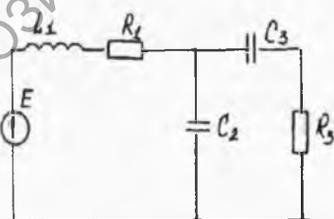


Рис. 4.21

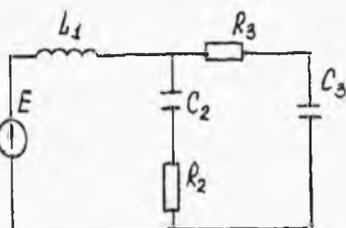


Рис. 4.22

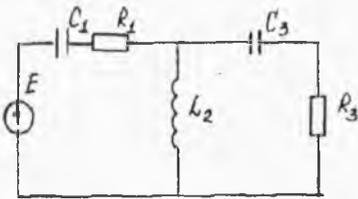


Рис. 4.23

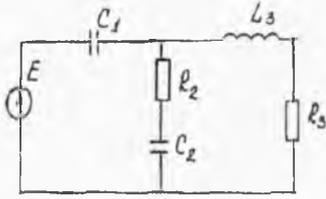


Рис. 4.24

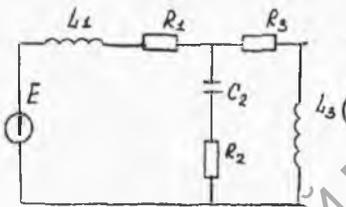


Рис. 4.25

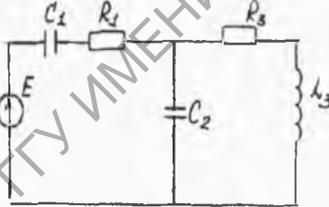


Рис. 4.26

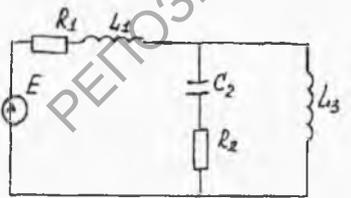


Рис. 4.27

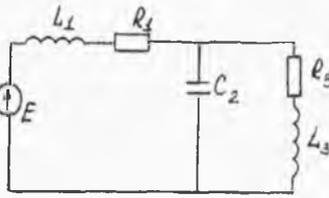


Рис. 4.28

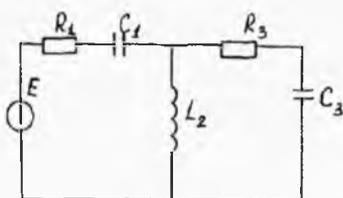


Рис. 4.29

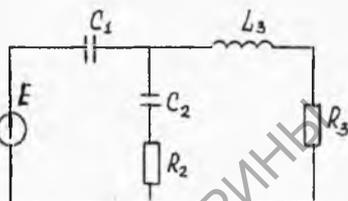


Рис. 4.30

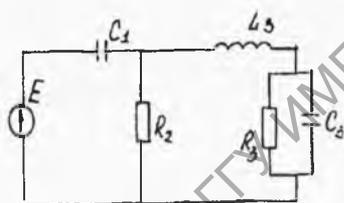


Рис. 4.31

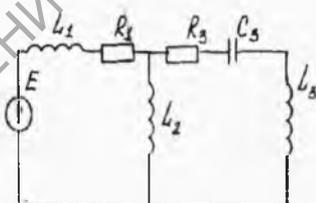


Рис. 4.32

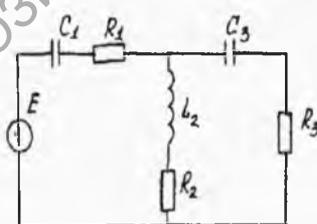


Рис. 4.33

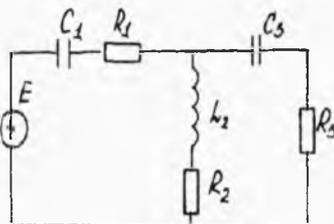


Рис. 4.34

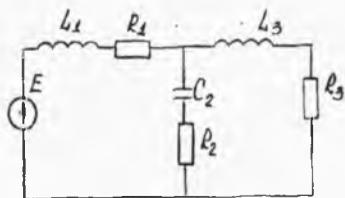


Рис. 4.35

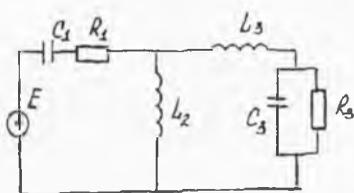


Рис. 4.36

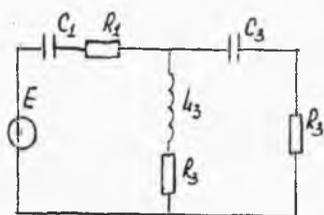


Рис. 4.37

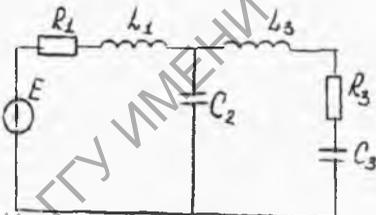


Рис. 4.38

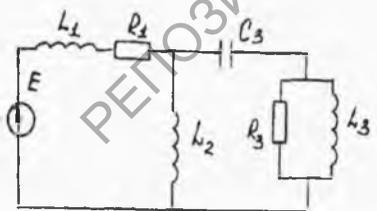


Рис. 4.39

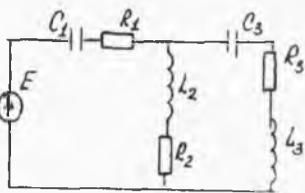


Рис. 4.40

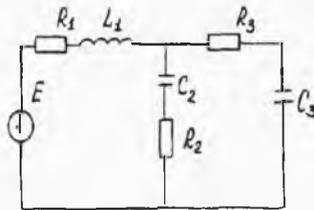


Рис. 4.41

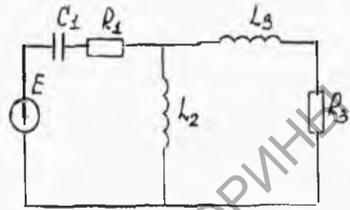


Рис. 4.42

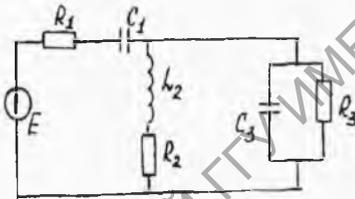


Рис. 4.43

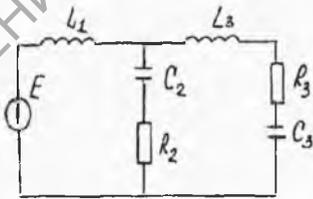


Рис. 4.44

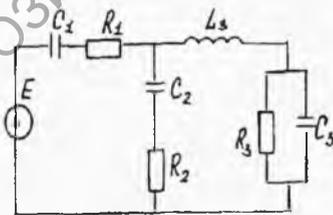


Рис. 4.45

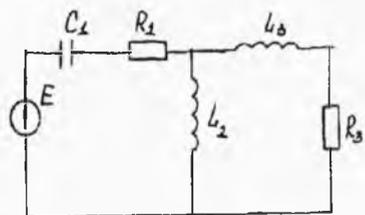


Рис. 4.46

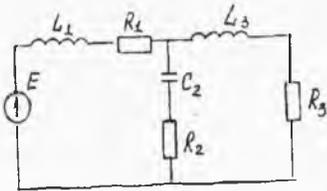


Рис. 4.47

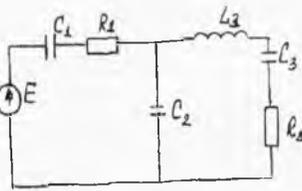


Рис. 4.48

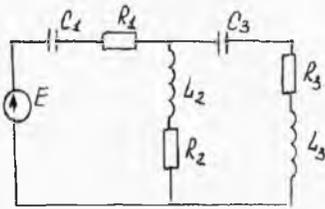


Рис. 4.49

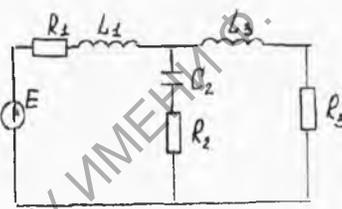


Рис. 4.50

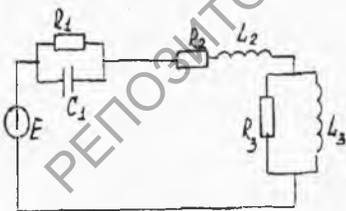


Рис. 4.51

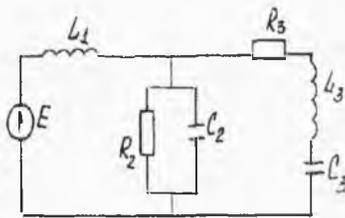


Рис. 4.52

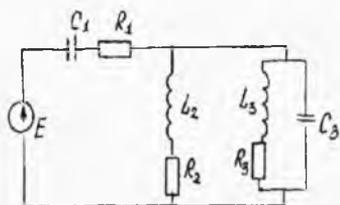


Рис. 4.53

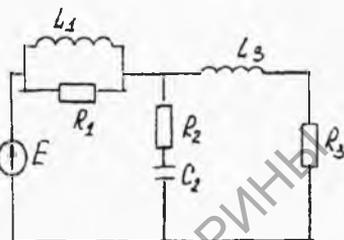


Рис. 4.54

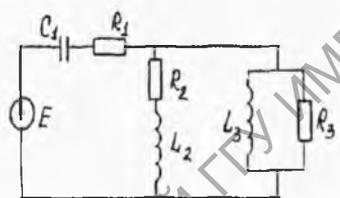


Рис. 4.55

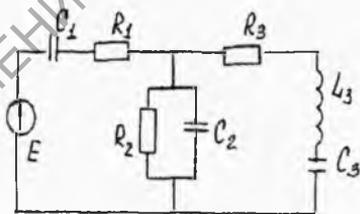


Рис. 4.56

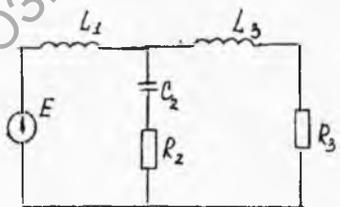


Рис. 4.57

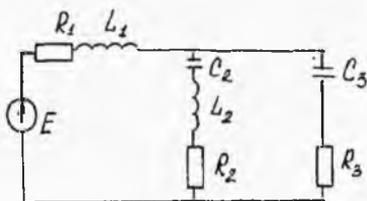


Рис. 4.58

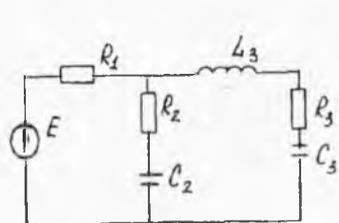


Рис. 4.59

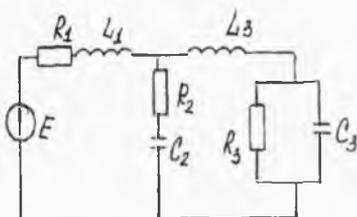


Рис. 4.60

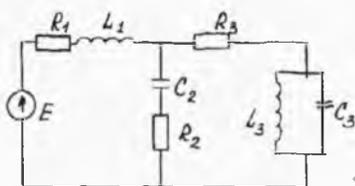


Рис. 4.61

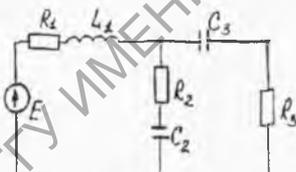


Рис. 4.62

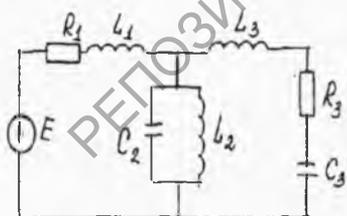


Рис. 4.63

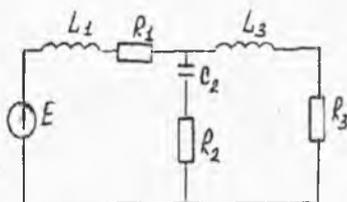


Рис. 4.64

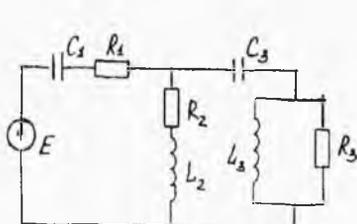


Рис. 4.65

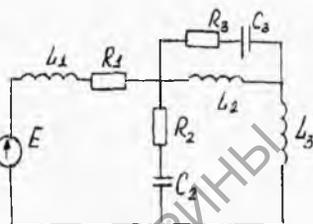


Рис. 4.66

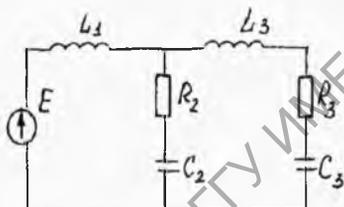


Рис. 4.67

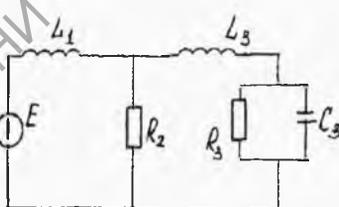


Рис. 4.68

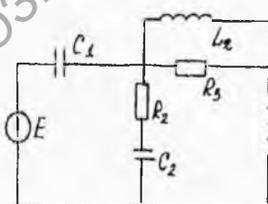


Рис. 4.69

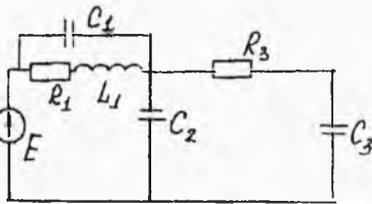


Рис. 4.70

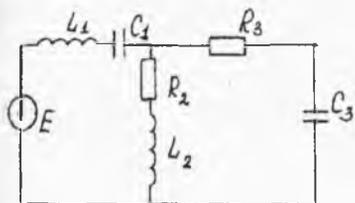


Рис. 4.71

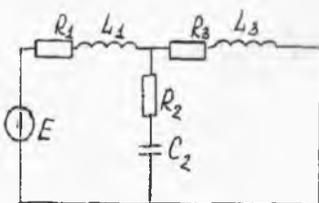


Рис. 4.72

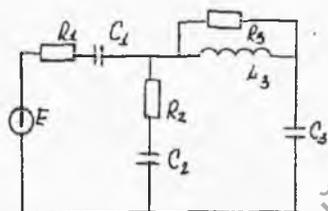


Рис. 4.73

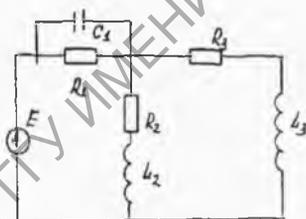


Рис. 4.74

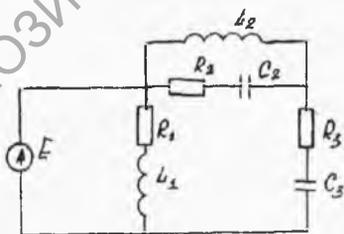


Рис. 4.75

Таблица 4.1.

Номера вариантов,		Е,	f,	C1,	C2,	C3,	L1,	L2,	L3,	R1	R2	R3
рисунков		В	Гц	мкФ	мкФ	мкФ	мГн	мГн	мГц	Ом	Ом	Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.1	4.1	100	50	637	300	-	-	-	15,9	10	4	6
1.2	4.2	100	50	-	-	100	15,9	9	15,9	8	3	4
1.3	4.3	200	50	637	300	-	-	-	15,9	8	3	4
1.4	4.4	120	50	-	300	-	15,9	-	15,9	8	3	4
1.5	4.5	220	50	637	-	100	-	47,7	-	8	-	4
1.6	4.6	50	50	100	159	-	15,9	-	115	10	-	10
1.7	4.7	100	50	-	-	300	15,9	-	115	10	-	10
1.8	4.8	120	50	-	100	-	-	-	115	10	4	10
1.9	4.9	200	50	-	159	-	31,8	-	-	10	4	10
1.10	4.10	220	50	-	318	-	15,9	-	115	10	4	10
1.11	4.11	50	50	637	-	300	-	15,9	-	-	5	8
1.12	4.12	100	50	-	637	100	15,7	-	-	10	-	8
1.13	4.13	200	50	-	-	100	31,8	-	-	5	10	8
1.14	4.14	220	50	-	-	200	15,9	-	-	5	10	8
1.15	4.15	150	50	100	-	200	-	15,9	-	10	2	10
1.16	4.16	100	50	-	160	200	31,8	-	-	-	8	10
1.17	4.17	120	50	100	-	200	-	15,9	-	10	8	10
1.18	4.18	200	50	637	-	200	-	31,8	-	-	8	10
1.19	4.19	220	50	-	160	-	31,8	-	95	10	8	-
1.20	4.20	50	50	-	159	-	31,8	-	95	15	10	10
1.21	4.21	100	50	-	159	200	15,9	-	-	15	-	10
1.22	4.22	120	50	-	159	200	15,9	-	-	-	10	20
1.23	4.23	200	50	637	-	200	-	31,8	-	15	-	20
1.24	4.24	220	50	637	159	-	-	-	95	-	10	20
1.25	4.25	150	50	-	159	-	25	-	95	6	10	20

1.26	4.26	100	50	637	159	-	-	-	95	6	-	20
1.27	4.27	100	50	-	159	-	25	-	95	6	4	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.28	4.28	200	50	-	159	-	25	-	95	6	-	2
1.29	4.29	220	50	637	-	637	-	9	-	6	-	2
1.30	4.30	500	50	318	637	-	-	-	31,8	-	10	4
1.31	4.31	100	50	318	-	300	-	-	31,8	-	10	10
1.32	4.32	120	50	-	-	300	19,2	15,9	31,8	4	-	10
1.33	4.33	200	50	318	-	300	-	31,8	-	10	10	4
1.34	4.34	220	50	318	-	300	-	15,9	-	4	10	10
1.35	4.35	50	50	-	318	-	19,5	-	31,8	8	10	4
1.36	4.36	100	50	637	-	200	-	31,8	95	8	-	4
1.37	4.37	150	50	637	-	200	-	31,8	-	8	10	4
1.38	4.38	200	50	-	318	200	15,9	-	95	8	-	4
1.39	4.39	220	50	-	-	200	15,9	31,8	95	8	-	4
1.40	4.40	50	50	637	-	200	-	95	4	4	10	4
1.41	4.41	100	50	-	318	200	19,5	-	-	4	10	4
1.42	4.42	120	50	500	-	-	-	15,9	95	4	-	4
1.43	4.43	200	50	500	-	159	-	15,9	-	4	10	4
1.44	4.44	220	50	-	318	159	19,5	-	95	-	10	4
1.45	4.45	50	50	500	159	159	-	-	31,8	5	2	4
1.46	4.46	100	50	500	-	-	-	15,9	31,8	5	-	4
1.47	4.47	120	50	-	159	-	15,9	-	31,8	5	2	8
1.48	4.48	200	50	318	159	159	-	-	31,8	5	2	8
1.49	4.49	220	50	318	-	159	-	31,8	31,8	5	2	8
1.50	4.50	50	50	-	318	-	15,9	-	31,8	5	10	8
1.51	4.51	150	50	637	-	-	-	15,9	95	2	3	4
1.52	4.52	100	50	-	100	300	47,7	-	15,9	-	3	4
1.53	4.53	200	50	637	-	159	-	15,9	31,8	10	4	8
1.54	4.54	100	50	-	160	-	31,8	-	47,7	5	10	8
1.55	4.55	150	50	637	-	-	-	31,8	15,9	10	2	10
1.56	4.56	220	50	318	637	300	-	-	25	4	10	10
1.57	4.57	200	50	-	318	-	19,1	-	31,8	-	6	2

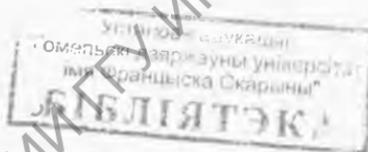
1.58	4.58	50	50	-	159	160	16,9	19,1	-	8	10	4
1.59	4.59	150	50	-	318	100	-	-	31,8	4	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.60	4.60	200	50	-	300	150	25	-	31,8	10	10	10
1.61	4.61	220	50	-	160	637	31,8	-	25	5	8	10
1.62	4.62	100	50	-	159	637	25	-	-	2	3	4
1.63	4.63	120	50	-	100	300	9	15,9	115	6	10	20
1.64	4.64	50	50	-	637	-	15,9	-	115	4	10	10
1.65	4.65	120	50	637	-	300	-	15,9	19,5	3	4	6
1.66	4.67	220	50	-	300	100	15,9	-	19,5	-	2	4
1.67	4.68	120	50	-	637	300	19,7	-	115	-	2	3
1.68	4.69	200	50	-	-	160	19,7	-	115	-	3	4
1.69	4.70	100	50	160	159	-	-	-	31,8	2	2	10
1.70	4.7	120	50	160	159	200	19,7	-	-	2	-	5
1.71	4.72	200	50	637	-	159	19,7	115	-	-	3	2
1.72	4.73	220	50	-	100	-	19,7	-	115	5	10	8
1.73	4.74	100	50	160	100	200	-	16	31,8	15	10	20
1.74	4.75	220	50	160	-	-	-	19	31,7	10	15	20
1.75	2.75	220	50	-	637	159	31,8	19	-	5	10	8

Литература

1. Бокалов В.П. и др. Основы теории электрических цепей и электроники. М. Радио и связь, 1989г.
2. Электротехника под ред. В.Г. Герасимова. М. Высшая школа, 1985г.
3. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М. "Энергоатомиздат", 1983г.
4. Л.А. Бессонов. Теоретические основы электроники. Часть 1, М. Радио.
5. А.И.Иванов - Цыганов Электротехнические устройства радиосистем. М. "Высшая школа", 1979г.
6. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. Под ред. В.Г. Герасимова. М. Высшая школа, 1987г.
7. О.Н.Веселовский, Л.М.Браславский. Основы электротехники и электротехнические устройства радиоэлектронной аппаратуры. М., "Высшая школа", 1977г.
8. Шебес М.Р. Задачник по теории линейных электрических цепей. М. Высшая школа.
9. Сборник задач по общей электротехнике под ред. В.С.Пантюшина. Изд-во "Высшая школа", 1973г.
10. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Под ред. Л.А.Бессонова, М., "Высшая школа", 1980г.

Содержание

Общие требования к контрольным работам.....	3
1. Электрические цепи постоянного тока.....	4
1.1. Анализ электрических цепей постоянного тока с одним источником	4
1.2. Методы общего анализа электрических цепей с несколькими источниками э.д.с.....	9
1.3. Частичный анализ электрических цепей. Метод эквивалентного генератора.....	16
2. Электрические цепи переменного тока. Однофазные цепи.....	19
3. Задание к контрольной работе №1.....	24
4. Задание к контрольной работе №2.....	41
Литература.....	57



ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Практическое пособие для студентов физического факультета Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины специальностей «Физика», «Физика с дополнительной специализацией «Техническое творчество», «Физическая электроника», АСОИ (часть 1).

Авторы – составители :

Богданович Валентина Иосифовна, старший преподаватель кафедры радиофизики и электроники Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины;

Мышковец Виктор Николаевич, к. ф.-м. н., старший преподаватель кафедры радиофизики и электроники Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины.

Рецензенты:

Ефимчик Михаил Константинович, к. ф.-м. н., доцент кафедры АСОИ Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины;

Яковцев Игорь Николаевич, старший преподаватель кафедры общей физики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины.

Подписано к печати 26. 04. 2000 г. Формат 60x 84 1/16. Бумага писчая № 1. Печать офсетная. Усл. п. л. 3,7. Уч. - изд. л. 2,5. Тираж 50 экз. Заказ 147. Отпечатано на ротапринте Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины. 246099, г. Гомель, ул. Советская, 104.