



издательство

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ

С.Р. КЛИМОВА
И.А. ХАРЧЕНКО

СБОРНИК ЗАДАЧ
ПО ПЕРЕХОДНЫМ
ПРОЦЕССАМ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ЦЕПЯХ

Москва • 2021

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

С.Р. Климова, И.А. Харченко

СБОРНИК ЗАДАЧ
ПО ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Учебное пособие

Утверждено
на заседании редсовета
11 февраля 2021 г.

Москва
Издательство МАИ
2021

УДК 621.3.06

Климова С.Р., Харченко И.А. Сборник задач по переходным процессам в электрических цепях: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2021. – 40 с.: ил.

Учебное пособие содержит теорию и задачи по расчету электрических цепей для самостоятельного решения студентами в процессе подготовки к рубежному и текущему контролю по разделу «Переходные процессы в электрических цепях». Приведены необходимые решения и ответы по каждой задаче.

Учебное пособие предназначено для студентов, изучающих курсы «Электротехника», «Электротехника и электрооборудование», «Электротехника и электроника».

Рецензенты:

научно-технический совет ООО «Наука-Энерготех», главный конструктор ООО «Наука-Энерготех» *А.В. Демьянов*;
профессор, д-р техн. наук *Л.В. Равичев*

ISBN 978-5-4316-0883-4

© Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет), 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель настоящего учебного пособия – помочь студентам в их самостоятельной работе и позволить преподавателю быстро и в то же время достаточно глубоко осуществить контроль знаний по разделу «Переходные процессы в электрических цепях».

Своеобразие данного учебного пособия заключается в том, что все, включенные в него, задачи просты по своим вычислениям. Приведенные методические указания к решению задач облегчают студенту самостоятельную работу.

В разд. 1 «Основные понятия и определения» приведены основные величины, применяемые в курсе электротехники (табл. 1.1), и таблица приставок для дольных и кратных единиц (табл. 1.2).

В разделах 2–6 представлены задания, рисунки, методические указания к решению задач и ответы.

В конце пособия приведен перечень использованной литературы. Разделы 1–3 написаны С.Р. Климовой, разделы 4–6 – И.А. Харченко.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Условия возникновения переходного процесса в электрической цепи: скачкообразное изменение параметра или структуры цепи.

Эти процессы на основании законов Кирхгофа описываются неоднородными дифференциальными уравнениями, решение которых представляет:

- частное решение (свободная составляющая);
- общее решение (принужденная составляющая).

Полное решение соответствует сумме этих составляющих:

$$\begin{aligned}i_L(t) &= i_{\text{св}}(t) + i_{\text{пр}}(t); \\ u_C(t) &= u_{\text{св}}(t) + u_{\text{пр}}(t).\end{aligned}$$

1.2. Постоянная времени характеризует скорость изменения свободной составляющей электрической величины и в цепях первого порядка (с одним реактивным элементом) соответствует экспоненте кривой электрической величины: $\tau_L = \frac{L}{R_{\text{общ}}}$, $\tau_C = R_{\text{общ}} \cdot C$, где $R_{\text{общ}}$ – входное сопротивление пассивной цепи относительно зажимов, где был подключен реактивный элемент.

1.3. Законы коммутации следуют из невозможности скачкообразного изменения энергии, запасенной в магнитном или электрическом поле, то есть ток в индуктивности $i_L(-0)$ и напряжение на емкости $u_C(-0)$ в момент коммутации не может изменяться скачком. Отсюда следуют:

- 1) *первый закон коммутации* $i_L(0) = i_L(-0)$;
- 2) *второй закон коммутации* $u_C(0) = u_C(-0)$.

Они определяются из докоммутационной схемы.

1.4. Характеристическое уравнение. При составлении характеристического уравнения в соответствующей однородной системе уравнений для послекоммутационной схемы символы дифференцирования

заменяют сомножителями p , а символы интегрирования – сомножителями $\frac{1}{p}$ и приравнивают нулю соответствующий (характеристический) определитель системы. Наиболее удобно составить входное характеристическое сопротивление схемы, при этом индуктивностям L присваивают сопротивление pL , емкостным сопротивлениям C – сопротивление $\frac{1}{pC}$, а входное сопротивление приравняется нулю.

1.5. Начальные условия – значения токов, напряжений и их производные в начальный момент переходного процесса.

Начальные условия подразделяются на зависимые (ЗНУ) и независимые (ННУ).

Независимые начальные условия – значения напряжения на емкости $u_C(0)$ и тока в индуктивности $i_L(0)$ в момент коммутации.

Вычисление независимых начальных значений основаны на законах коммутации: $i_L(0) = i_L(-0)$, $u_C(0) = u_C(-0)$.

Нулевые начальные значения имеют место при равенстве нулю независимых начальных условий: $i_L(0) = 0$, $u_C(0) = 0$.

Зависимыми начальными условиями являются напряжение на индуктивности $u_L(0+) \neq u_L(-0)$, ток в емкости $i_C(0+) \neq i_C(-0)$ и определяются из послекоммутационной схемы на основе законов Кирхгофа.

Значения начальных условий необходимы для решения однородного дифференциального уравнения при определении свободной составляющей.

1.6. Основные величины, применяемые в курсе электротехники.

Таблица 1.1

Величина	Единица измерения	Обозначение	Пояснение
Напряжение, потенциал, ЭДС	Вольт	В (в)	В
Количество электричества, заряд	Кулон	Кл (к)	А·с

Величина	Единица измерения	Обозначение	Пояснение
Энергия	Джоуль	Дж (дж)	В·А·с
Мощность активная, реактивная, полная	Ватт вар Вольт-Ампер	Вт (вт) вар В·А (в·а)	В·А В·А В·А
Сопротивление	Ом	Ом	В/А
Проводимость	Сименс	См (сим)	А/В
Емкость	Фарада	Ф (ф)	А·с/В
Индуктивность	Генри	Г (гн)	В·с/А
Частота	Герц	Гц (гц)	с ⁻¹

1.7. Приставки дольных и кратных единиц.

Таблица 1.2

Множитель	Название	Обозначение
10 ¹²	Тера	Т
10 ⁹	Гига	Г
10 ⁶	Мега	М
10 ³	Кило	К
10 ²	Гекто	г
10	Дека	да
10 ⁻¹	Деци	д
10 ⁻²	Санتي	с
10 ⁻³	Милли	м
10 ⁻⁶	Микро	мк
10 ⁻⁹	Нано	н
10 ⁻¹²	пико	п

1.8. Операторный метод расчета. В его основу положена замена вещественной переменной $f(t)$, являющейся функцией временной переменной и называемой *оригиналом*, на функцию комплексной переменной $F(p)$, называемой *изображением*. Эти функции связаны преобразованием Лапласа:

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-pt} dt.$$

Операторные сопротивления цепей записываются так же, как сопротивления для этих цепей в комплексной форме при замене $j\omega$ на p .

При ненулевых начальных значениях:

1) ветвь с индуктивностью, обозначаемая pL , дополняется источником $E_L(p) = L \cdot i(0)$, совпадающим по направлению с током в этой ветви;

2) ветвь с емкостью, обозначаемая $\frac{1}{pC}$, дополняется источником $E_C(p) = \frac{U_C(0)}{p}$, направленным против тока в этой ветви.

Источник постоянного напряжения в операторной схеме замещения рассматриваемой цепи представляется в виде его изображения $E(p) = \frac{U}{p}$.

Расчет операторной схемы замещения проводится по известным методам расчета линейных электрических цепей.

Нахождение оригинала (функции времени) для найденного изображения производится с помощью теоремы разложения или по таблицам соответствия $F(p) \leftrightarrow f(t)$ [5, 6].

2. ЗАДАНИЯ К ЗАДАЧАМ

2.1. Конденсатор, емкость которого $C = 5$ мкФ, заряжается после коммутации через сопротивление $R = 5$ кОм от источника постоянного напряжения $U = 200$ В (рис. 1). Определить постоянную времени цепи τ и установившееся значение напряжения на конденсаторе $u_{C\text{пр}}$.

2.2. Определить постоянную времени τ цепи $C = 10$ мкФ, $R_1 = R_2 = 1$ кОм (рис. 2) и установившееся напряжение на емкости $u_{C\text{пр}}$ при $U = 100$ В.

2.3. Определить постоянную времени τ цепи $R_1 = 200$ Ом, $R_2 = 300$ Ом, $C = 100$ мкФ (рис. 3) и принужденную составляющую напряжения на конденсаторе $u_{C\text{пр}}$ при $U = 100$ В.

2.4. Определить постоянную времени τ цепи $R_1 = R_2 = 1$ Ом, $R_3 = 0,5$ Ом $C = 100$ мкФ (рис. 4) и установившееся значение напряжения на емкости после коммутации ключа К при $U = 100$ В.

2.5. Определить постоянную времени τ цепи $L = 0,01$ Гн, $R_1 = R_2 = 100$ Ом (рис. 5) и установившееся значение тока индуктивности $i_{L\text{пр}}$ после коммутации ключа К при $U = 100$ В.

2.6. Определить постоянную времени τ цепи $L = 100$ мГн, $R_1 = R_2 = 100$ Ом (рис. 6) и установившееся значение тока индуктивности $i_{L\text{пр}}$ при $U = 100$ В.

2.7. Определить постоянную времени τ цепи (рис. 7) $L = 10$ мГн, $U = 100$ В, $R_1 = R_2 = 100$ Ом. Определить начальное значение тока индуктивности $i_L(0)$ после размыкания ключа К и установившееся значение тока в общей цепи $i_{I\text{пр}}$.

2.8. В цепи после коммутации (рис. 8) действует начальное значение напряжения на индуктивности $u_L(0_+) = 4$ В. Параметры цепи: $L = 0,5$ Гн, $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 3$ Ом. Определить постоянную времени цепи τ и начальное значение тока индуктивности $i_L(0_+)$.

2.9. В цепи действует постоянное напряжение $U = 100$ В (рис. 9). Параметры цепи: $L = 10$ мГн, $R_1 = R_2 = 10$ Ом. Определить постоянную времени цепи τ , начальное значение тока индуктивности $i_L(0)$ и установившееся значение тока в цепи $i_{L_{\text{пр}}}$ после размыкания ключа К.

2.10. Определить постоянную времени цепи τ и принужденный ток в индуктивности $i_{L_{\text{пр}}}$ (рис. 10) при параметрах: $L = 1$ Гн, $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ Ом, $U = 150$ В.

2.11. Определить постоянную времени τ и принужденный ток индуктивности при замыкании ключа К. Параметры цепи: $L = 1$ Гн, $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ Ом, $U = 150$ В (рис. 11).

2.12. Определить постоянную времени τ и принужденный ток индуктивности при размыкании ключа К. Параметры цепи: $L = 1$ Гн, $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ Ом, $U = 150$ В (рис. 11).

2.13. Электрическая цепь (рис. 12) имеет следующие параметры: $R_1 = 50$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, $R_3 = 20$ Ом, $C = 1$ мкФ, $U = 80$ В. Определить значения начальных условий, постоянную времени τ , характер изменения во времени токов и напряжения на C после размыкания ключа К.

2.14. Электрическая цепь (рис. 13) имеет следующие параметры: $R_1 = 50$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 5$ Ом, $R_4 = 15$ Ом, $C = 3$ мкФ, $U = 15$ В. Определить значения начальных условий, постоянную времени τ , характер изменения во времени токов и напряжения на C после замыкания ключа К.

2.15. По какому закону будет изменяться напряжение u_C в цепи (рис. 1) после коммутации ключа К, если до коммутации емкость была заряжена до напряжения $2U$. Какая из кривых изменения напряжения u_C , приведенных на рис. 23, будет соответствовать принятому закону?

2.16. По какому закону будут изменяться токи в цепи (рис. 6) после коммутации. Параметры цепи: $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, $L = 0,3$ Гн, $U = 120$ В. Кривые изменения токов приведены на рис. 24.

2.17. По какому закону будут изменяться токи в цепи (см. рис. 10) после коммутации ключа К. Параметры цепи: $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}$, $L = 0,1 \text{ Гн}$, $U = 15 \text{ В}$. Кривые изменения токов приведены на рис. 24.

2.18. По какому закону будет изменяться напряжение на емкости в цепи (рис. 1) после коммутации ключа К, если до коммутации емкость была заряжена до напряжения . Какая из кривых изменения напряжения u_C , приведенных на рис. 23, будет соответствовать принятому закону?

2.19. По какому закону будет изменяться напряжение на емкости (рис. 18), если $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $C = 50 \text{ мкФ}$, $U = 100 \text{ В}$. Какая из кривых изменения напряжения u_C , приведенных на рис. 23, будет соответствовать принятому закону?

2.20. По какому закону будет изменяться напряжение на емкости в цепи (рис. 1) после коммутации ключа К, если до коммутации конденсатор был заряжен до напряжения $-U$, т. е. знак заряда противоположен заряду при установившемся режиме. Какая из кривых изменения напряжения u_C , приведенных на рис. 23, будет соответствовать принятому закону?

2.21. Определить начальное значение и закон изменения напряжения в цепи (рис. 15), если $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$.

2.22. Определить начальное значение и закон изменения напряжения на емкости (рис. 14) при $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$.

2.23. Определить начальное значение в цепи и закон изменения напряжения на емкости (рис. 16), если $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$.

2.24. Определить начальное значение свободной составляющей в цепи (рис. 17) и закон изменения напряжения u_C , если $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$.

2.25. Составить характеристическое уравнение для цепи (рис. 6) с параметрами: $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $L = 100 \text{ мГн}$, $U = 100 \text{ В}$. Определить постоянную времени τ по корню характеристического уравнения, найти ток в ветви R_2 .

2.26. Составить характеристическое уравнение для цепи (рис. 5).

2.27. Составить характеристическое уравнение для цепи (рис. 13). Определить постоянную времени τ цепи.

2.28. Составить характеристическое уравнение для цепи второго порядка (рис. 19). Определить корни характеристического уравнения.

2.29. Составить характеристическое уравнение для цепи второго порядка (рис. 20). Определить корни характеристического уравнения и закон изменения электрических величин.

2.30. Составить характеристическое уравнение для цепи (рис. 16).

2.31. Составить характеристическое уравнение для цепи второго порядка (рис. 18) и определить его корни.

2.32. Составить характеристическое уравнение для цепи второго порядка (рис. 22) и определить корни при апериодическом и колебательном процессах.

2.33. Составить характеристическое уравнение для цепи второго порядка (рис. 25) и определить его корни.

2.34. Составить операторную схему замещения для цепи (рис. 18).

2.35. Составить операторную схему замещения для цепи (рис. 20).

2.36. Составить операторную схему замещения для цепи (рис. 22).

2.37. Составить операторную схему замещения для цепи (рис. 25).

2.38. Составить операторную схему замещения для цепи (рис. 26).

2.39. Составить операторную схему замещения для цепи (рис. 27).

2.40. Составить операторную схему замещения для цепи (рис. 21).

3. РИСУНКИ К ЗАДАЧАМ И МЕТОДИЧЕСКИМ УКАЗАНИЯМ

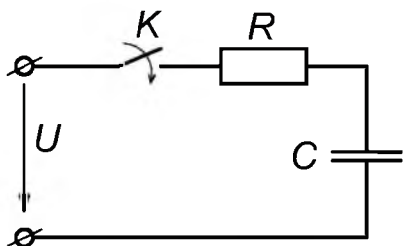


Рис. 1

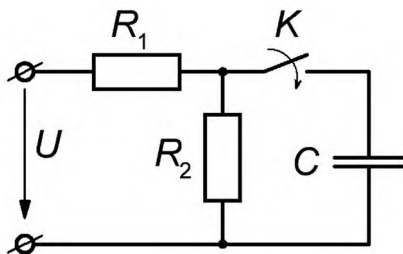


Рис. 2

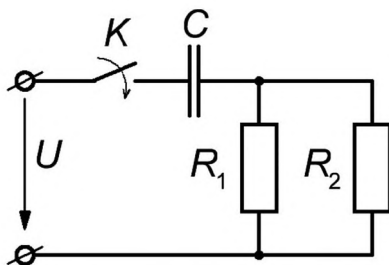


Рис. 3

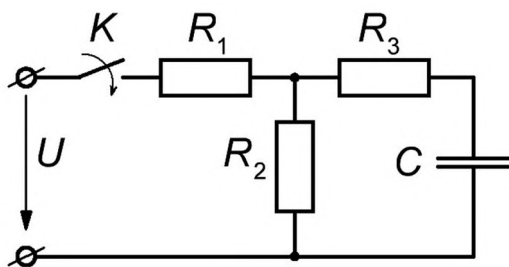


Рис. 4

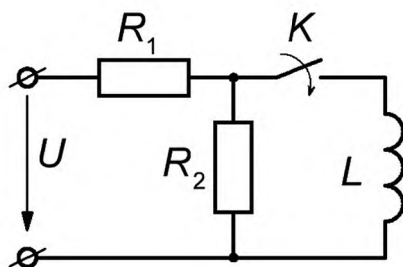


Рис. 5

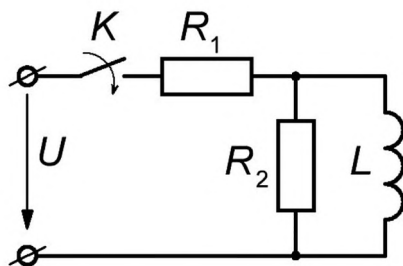


Рис. 6

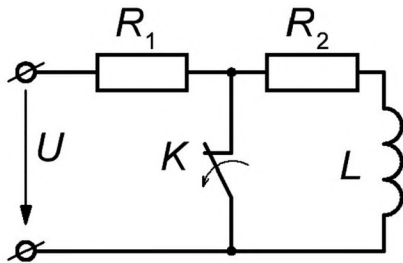


Рис. 7

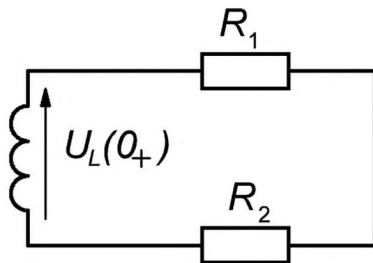


Рис. 8

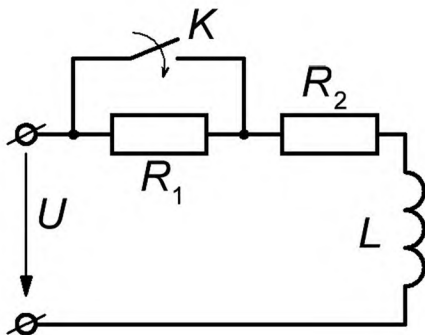


Рис. 9

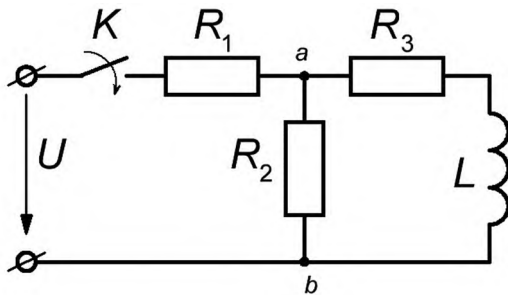


Рис. 10

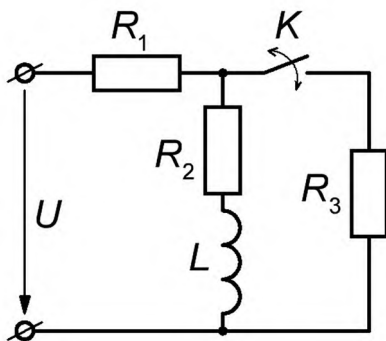


Рис. 11

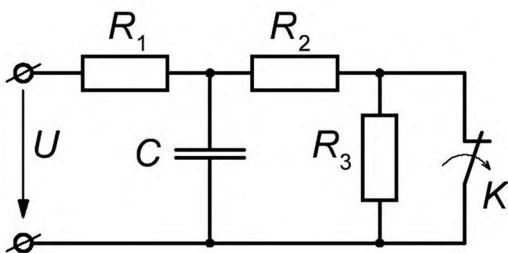


Рис. 12

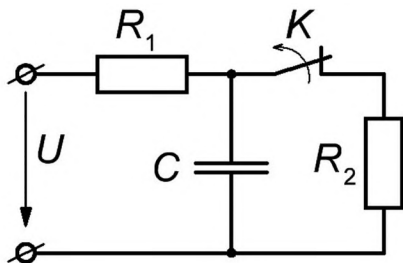


Рис. 13

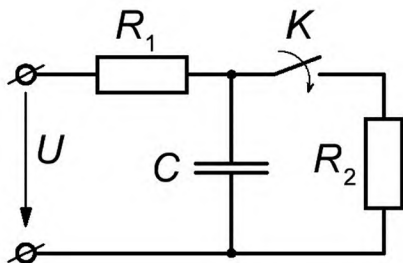


Рис. 14

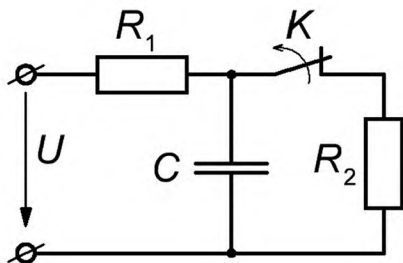


Рис. 15

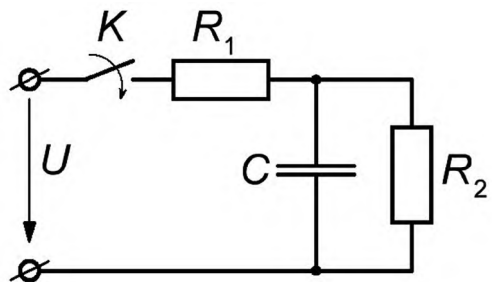


Рис. 16

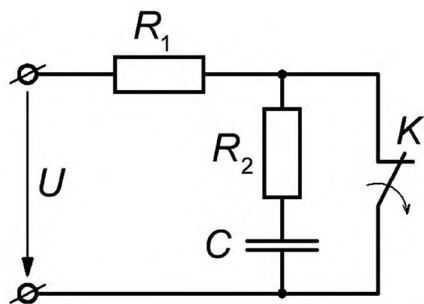


Рис. 17

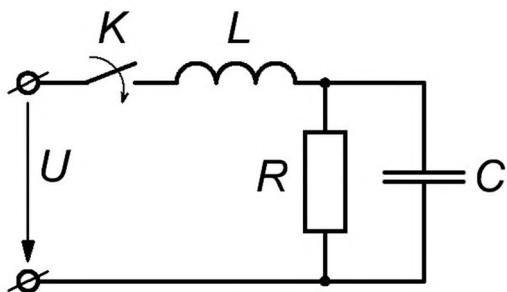


Рис. 18

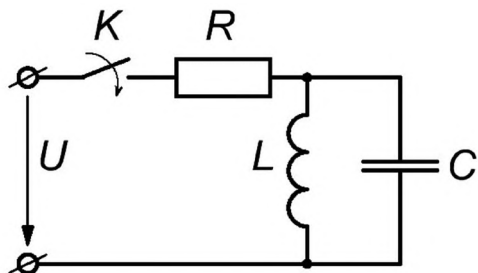


Рис. 19

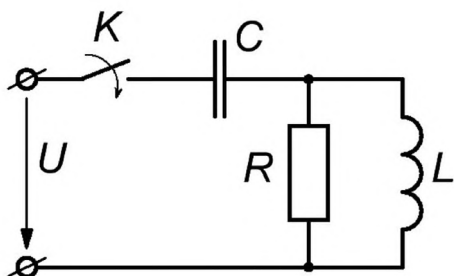


Рис. 20

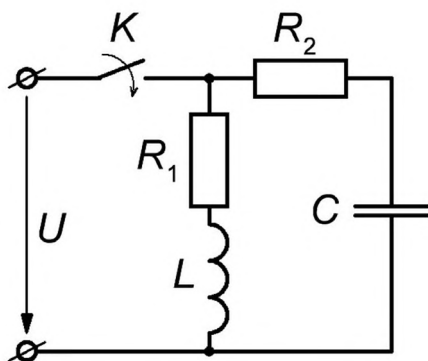


Рис. 21

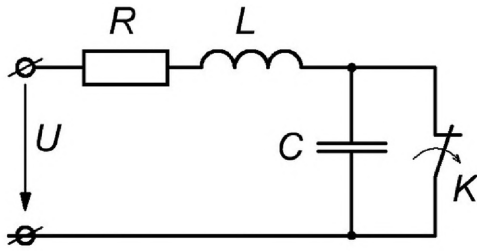


Рис. 22

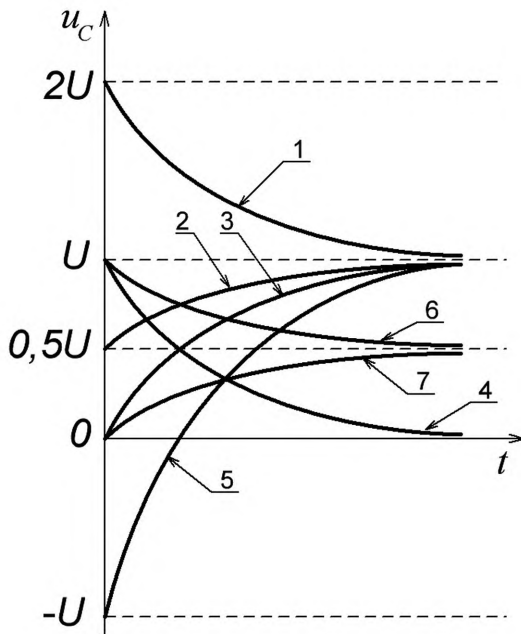


Рис. 23

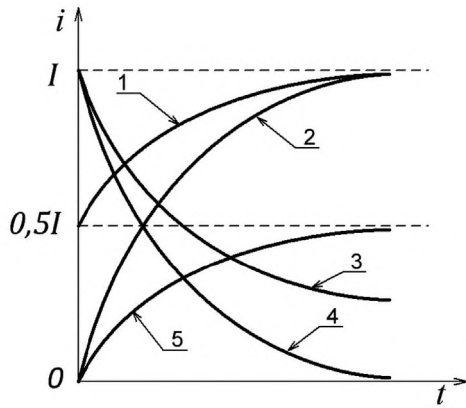


Рис. 24

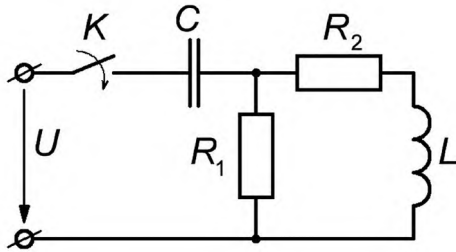


Рис. 25

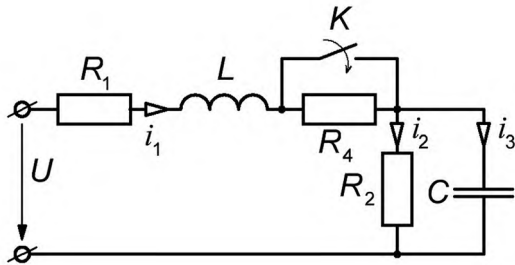


Рис. 26

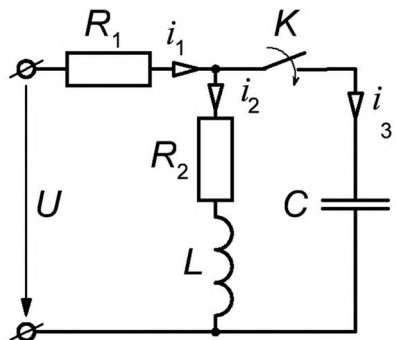


Рис. 27

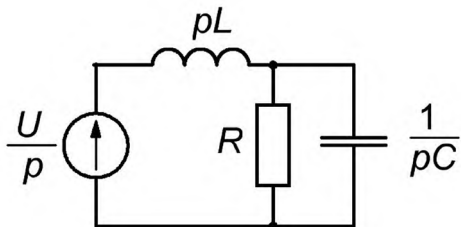


Рис. 28

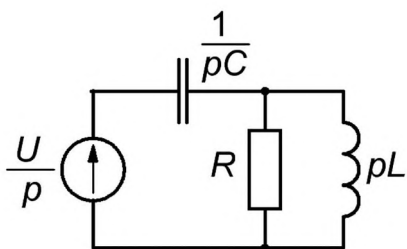


Рис. 29

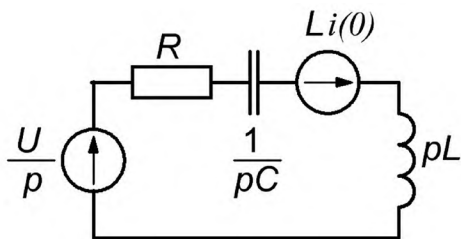


Рис. 30

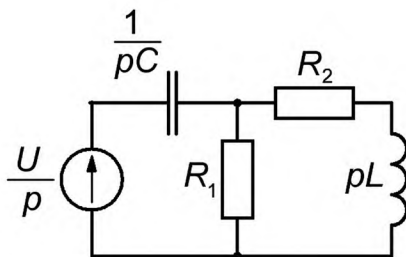


Рис. 31

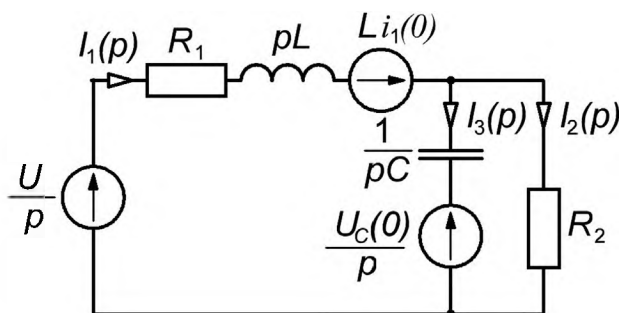


Рис. 32

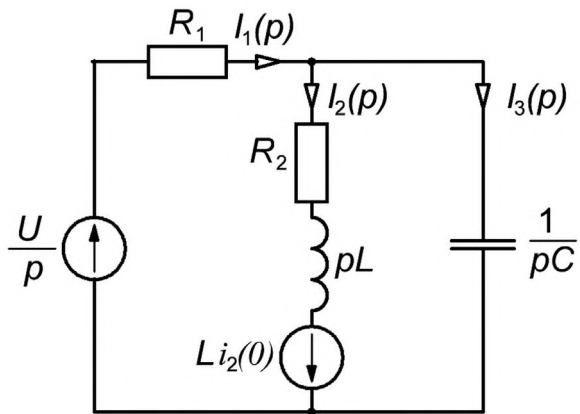


Рис. 33

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

4.1. $[RC] = \text{Ом} \cdot \Phi = \text{Ом} \cdot \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{В}} = \text{с}, \tau = RC = 5000 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ с},$

используя табл. 1.2, выразить постоянную времени τ в мс. Начальное значение напряжения на C $u_C(0) = 0$. Кривая переходного процесса изображена на рис. 23 (кривая 1) и соответствует выражению $u_C(0) = U(1 - e^{-t/\tau})$, где $u_{C \text{ пр}} = U = 200 \text{ В}$.

4.2. $\tau = R_{\text{экв}} C, R_{\text{экв}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 5 \cdot 10^2 \text{ Ом},$ используя табл. 1.2, выразить в данной формуле значение C емкости в $[\Phi]$. Начальное значение напряжения в цепи $u_C(0) = 0$. Принужденная составляющая напряжения

на C $u_{C \text{ пр}} = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{U}{2} = 50 \text{ В}$. Кривая переходного процесса изображена на рис. 23 (кривая 5).

4.3. $\tau = C \cdot R_{\text{экв}} = C \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$. Используя табл. 1.2, выразить здесь значение емкости C в $[\Phi]$. Начальное значение напряжения в цепи $u_C(0) = 0$. Принужденное значение напряжения емкости

$u_{C \text{ пр}} = U = 100 \text{ В}$.

4.4. $R_{\text{экв}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 1 \text{ Ом}, \tau = R_{\text{экв}} C = 1 \text{ Ом} \cdot 10^4 \Phi = 10^4 \text{ с}.$

Начальное значение напряжения на конденсаторе $u_C(0) = 0$. Принуж-

денное значение напряжения $u_{C \text{ пр}} = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = 50 \text{ В}$.

4.5. $R_{\text{экв}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 50 \text{ Ом}, \tau = \frac{L}{R_{\text{экв}}} = \frac{0,01}{50} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}.$ Начальное

значение тока индуктивности $i_L(0) = 0$. Кривая переходного процесса

приведена на рис. 24 (кривая 2) и соответствует выражению $i = \frac{U}{R_1} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$. Установившийся ток индуктивности $i_{Lnp} = \frac{L}{R_1} = \frac{100}{100} = 1 \text{ А}$.

4.6. $R_{\text{экв}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 50 \text{ Ом}$, $\tau = \frac{L}{R_{\text{экв}}} = \frac{0,1}{50} = 0,002 \text{ с}$. Начальное значение тока индуктивности $i_L(0) = 0$. Установившееся значение тока индуктивности $i_{Lnp} = \frac{L}{R_1} = \frac{100}{100} = 1 \text{ А}$.

4.7. Начальное значение тока в индуктивности $i_L(0) = 0$, так как ключ замкнут. $\tau = \frac{L}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{10 + 10} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ с}$. Установившееся значение тока индуктивности $i_{Lnp} = \frac{L}{R_1 + R_2} = 5 \text{ А}$.

4.8. Начальное значение тока $i_L(0_+) = \frac{U_L(0_+)}{R_1 + R_2} = \frac{4}{1 + 3} = 1 \text{ А}$.
 $\tau = \frac{L}{R_1 + R_2} = \frac{0,5}{4} = 0,125 \text{ с}$.

4.9. Начальное значение тока индуктивности $i_{Lnp} = \frac{U}{R_2} = \frac{100}{10} = 10 \text{ А}$.
 $\tau = \frac{L}{R_2} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{10} = 10^{-3} \text{ с}$. Установившийся ток в индуктивности $i_{Lnp} = \frac{U}{R_2} = \frac{100}{10} = 10 \text{ А}$.

4.10. $R_{\text{экв}} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 1 + \frac{1}{2} = 1,5 \text{ Ом}$, ток в общей цепи $i_{1np} = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{150}{1,5} = 100 \text{ А}$, напряжение участка ab $U_{ab} = U - R \cdot i_{1np} = 150 - 100 = 50 \text{ В}$,

$\tau = \frac{L}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{1,5} = 0,002 \text{ с}$, $i_{2np} = i_{3np} = \frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{U_{ab}}{R_3} = 50 \text{ А}$.

4.11. Начальное значение тока индуктивности $i_L(0) = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ A}$, $R_{\text{экв}} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 1,5 \text{ Ом}$, $\tau = \frac{L}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3} \text{ с}$. Входной

ток цепи после коммутации $i_{\text{лпр}} = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{150}{1,5} = 100 \text{ A}$. Установившийся

ток индуктивности $i_{L\text{пр}} = i_{\text{лпр}} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ A}$.

4.12. $R_{\text{вх}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{3}{2} \text{ Ом}$, входной ток до коммутации $i_{\text{вх}}(0_+) = \frac{U}{R_{\text{вх}}} = \frac{150}{1,5} = 100 \text{ A}$, $\tau = \frac{L}{R_1 + R_2} = 0,5 \text{ с}$, $i_{L\text{пр}} = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ A}$.

4.13. Из докоммутационной схемы находим:

$$i_1(0_-) = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{80}{50 + 30} = 1 \text{ A}, \quad U_C(0) = U - R_1 \cdot i_1(0_+) = 80 - 50 = 30 \text{ В},$$

$$i_2(0_-) = \frac{U_C(0)}{R_2} = \frac{30}{30} = 1 \text{ A}. \text{ Для послекоммутационной схемы имеем сле-}$$

дующие начальные условия:

$$i_1(0_+) = \frac{U - U_C(0)}{R_1} = 1 \text{ A},$$

$$i_2(0_+) = \frac{U_C(0)}{R_2 + R_3} = 0,6 \text{ A},$$

$$i_3(0_+) = i_C(0_+) = i_1(0_+) - i_2(0_+) = 0,4 \text{ A}.$$

Принужденные составляющие токов и напряжения:

$$i_{1\text{пр}} = i_{2\text{пр}} = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} = 0,8 \text{ A},$$

$$i_{3\text{пр}} = i_{C\text{пр}} = 0, \quad U_{C\text{пр}} = U - R_1 \cdot i_{1\text{пр}} = 80 - 50 \cdot 0,8 = 40 \text{ В}.$$

Определение начальных условий – свободных составляющих:

$$i_{1\text{св}}(0) = i_1(0) - i_{1\text{пр}} = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ A},$$

$$i_{2\text{св}}(0) = i_2(0) - i_{2\text{пр}} = 0,6 - 0,8 = -0,2 \text{ A},$$

$$i_{3\text{св}}(0) = i_3(0) - i_{3\text{пр}} = 0,4 \text{ A},$$

$$U_{C\text{св}}(0) = U_C(0) - U_{C\text{пр}}(0) = 30 - 40 = -10 \text{ В}.$$

Постоянная времени:

$$\tau = R_{\text{экв}} \cdot C = \frac{R_1 \cdot (R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot C = 25 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 0,025 \text{ мс}.$$

Законы изменения токов и напряжения на C:

$$i_1(t) = 0,8 + 0,2 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_2(t) = 0,8 - 0,2 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_3(t) = 0,4 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$u_C(t) = 40 - 10 \cdot e^{-t/\tau}.$$

4.14. Из докоммутиационной схемы находим:

$$i_1(0_-) = i_2(0_-) = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_4} = \frac{15}{30} = 0,5 \text{ A},$$

$$U_C(0) = (R_2 + R_4) \cdot i_2(0_-) = 25 \cdot 0,5 = 12,5 \text{ В}.$$

Из послекоммутиационной схемы определяем принужденные составляющие:

$$i_{1\text{пр}} = i_{2\text{пр}} = \frac{U}{R_1 + R_2} = 1 \text{ A},$$

$$i_{3\text{пр}} = 0,$$

$$U_{C\text{пр}} = R_2 i_{2\text{пр}} = 10 \text{ В}.$$

Для определения начальных значений токов составим систему уравнений на основе законов Кирхгофа:

$$i_1(0) = i_2(0) + i_3,$$

$$U = R_1 i_1(0) + R_3 i_3(0) + U_C(0), \quad (1)$$

$$R_2 i_2(0) - R_3 i_3(0) = U_C(0).$$

Подставив численные значения при $t = 0$ в систему (1), получим $i_1(0_+) = 0,8 \text{ A}$, $i_2(0_+) = 1,1 \text{ A}$, $i_3(0_+) = -0,3 \text{ A}$.

Находим начальные значения свободных составляющих:

$$i_{1\text{св}}(0) = i_1(0) - i_{1\text{пр}} = 0,8 - 1 = -0,2 \text{ A},$$

$$i_{2\text{св}}(0) = i_2(0) - i_{2\text{пр}} = 1,1 - 1,0 = 0,1 \text{ А},$$

$$i_{3\text{св}}(0) = i_3(0) - i_{3\text{пр}} = -0,3 \text{ А},$$

$$U_{C\text{св}}(0) = U_C(0) - U_{C\text{пр}}(0) = 12,5 - 10 = 2,5 \text{ В}.$$

Постоянная времени: $\tau = R_{\text{экв}} \cdot C, R_{\text{экв}} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} =$
 $= \frac{25}{3} \text{ Ом}, \tau = 25 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 0,25 \text{ мс}.$

Законы изменения токов и напряжения на C:

$$i_1(t) = 1 - 0,2 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_2(t) = 1 - 0,1 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_3(t) = -0,3 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$u_C(t) = 10 + 2,5 \cdot e^{-t/\tau}.$$

4.15. Начальные условия: $U_C(0) = 2U, i_C(0) = \frac{U - U_C(0)}{R} = -\frac{U}{R}.$

Принужденные составляющие: $U_{C\text{пр}} = U, i_{C\text{пр}} = 0.$

Постоянная времени: $\tau = R \cdot C.$

Закон изменения напряжения: $u_C(t) = U \cdot (1 + e^{-t/\tau})$ соответствует кривой *l* на рис. 23.

4.16. Начальные условия из послекоммутационной схемы:

$$i_1(0) = i_2(0) = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{120}{50} = 2,4 \text{ А}, i_3(0) = i_L(0) = 0.$$

Принужденные составляющие: $i_{1\text{пр}} = i_{3\text{пр}} = \frac{U}{R_1} = 6 \text{ А}, i_{2\text{пр}} = 0.$ Постоянная

время: $\tau = \frac{L}{R_3} = \frac{0,3}{12} = 0,025 \text{ с}, R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{50} = 12 \text{ Ом}.$

Начальные значения свободных составляющих:

$$i_{1\text{св}}(0) = i_1(0) - i_{1\text{пр}}(0) = 2,4 - 6 = -3,6 \text{ А},$$

$$i_{2\text{св}}(0) = i_2(0) = 2,4 \text{ А},$$

$$i_{3\text{св}}(0) = i_3(0) - i_{3\text{пр}}(0) = -6 \text{ А}.$$

Законы изменения токов:

$$i_1(t) = 6 - 3,6 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_2(t) = 2,4 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_3(t) = 6 \cdot (1 - e^{-t/\tau}).$$

4.17. Начальные условия из послекоммутационной схемы:

$$i_1(0) = i_2(0) = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{15}{20} = 0,75 \text{ А}, \quad i_3(0) = i_L(0) = 0.$$

Принужденные составляющие:

$$i_{1\text{пр}} = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{15}{15} = 1 \text{ А}, \quad i_{2\text{пр}} = \frac{1}{2} i_{3\text{пр}} = i_{1\text{пр}} = 0,5 \text{ А}.$$

Постоянная времени: $\tau = \frac{L}{R_3} = \frac{0,1}{15} = \frac{1}{150} \text{ с}, \quad R_3 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 15 \text{ Ом}.$

Начальные значения свободных составляющих:

$$i_{1\text{св}}(0) = i_1(0) - i_{1\text{пр}}(0) = 0,75 - 1 = -0,25 \text{ А},$$

$$i_{2\text{св}}(0) = i_2(0) - i_{2\text{пр}}(0) = 0,75 - 0,5 = 0,25 \text{ А},$$

$$i_{3\text{св}}(0) = i_3(0) - i_{3\text{пр}}(0) = -0,5 \text{ А}.$$

Законы изменения токов:

$$i_1(t) = 1 - 0,25 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_2(t) = 0,5 + 0,25 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i_3(t) = 0,5 \cdot (1 - e^{-t/\tau}).$$

Закон изменения тока $i_3(t)$ соответствует кривой 5 на рис. 23.

4.18. Начальные условия тока и напряжения:

$$U_C(0) = \frac{U}{2}, \quad i_C(0_+) = \frac{U}{2 \cdot R}.$$

Принужденные составляющие: $U_{C\text{пр}} = U, \quad i_{C\text{пр}} = 0.$ Законы изменения напряжения: $u_C(t) = U \cdot (1 - 0,5 \cdot e^{-t/\tau})$ соответствует кривой 2 на рис. 23.

4.19. Начальное значение напряжения на емкости:

$$U_C(0) = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{100}{50} \cdot 20 = 40 \text{ В}.$$

Постоянная времени: $\tau = R_1 \cdot C = 30 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 1,5 \text{ мс}.$

Принужденные составляющие из послекоммутационной схемы:

$$U_{C_{\text{пр}}} = U = 100 \text{ В}, i_{C_{\text{пр}}} = 0.$$

Начальные значения свободных составляющих:

$$U_{C_{\text{св}}}(0) = -\frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_1 = -60 \text{ В}, i_{C_{\text{св}}}(0) = \frac{U}{R_1 + R_2} = 2 \text{ А}.$$

Законы изменения электрических величин:

$$u_C(t) = u_{C_{\text{пр}}} + u_{C_{\text{св}}}(0) \cdot e^{-t/\tau} = 100 - 60 \cdot e^{-t/\tau},$$

$$i(t) = i_{C_{\text{св}}}(0) \cdot e^{-t/\tau} = 2 \cdot e^{-t/\tau}.$$

4.20. Начальное значение напряжения на емкости: $U_C(0) = -U$.

Принужденная составляющая: $U_{C_{\text{пр}}} = U$.

Постоянная времени: $\tau = R_1 \cdot C = 30 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 1,5 \text{ мс}$.

Закон изменения напряжения: $u_C(t) = U \cdot (1 - 2 \cdot e^{-t/\tau})$ соответствует кривой 5 рис. 23.

4.21. Начальное значение напряжения на емкости:

$$U_C(0) = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{U}{2}.$$

Постоянная времени: $\tau = R_1 \cdot C$.

Принужденная составляющая напряжения: $U_{C_{\text{пр}}} = U$.

Начальное значение свободной составляющей напряжения: $u_{C_{\text{св}}}(0) = u_C(0) - u_{C_{\text{пр}}} = -0,5U$.

Закон изменения напряжения: $u_C(t) = U(1 - 0,5 \cdot e^{-t/\tau})$ соответствует кривой 2 рис. 23.

4.22. Начальное значение напряжения из докоммутационной схемы:

$$U_C(0) = U.$$

Постоянная времени: $\tau = R_3 \cdot C = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot C = 0,5C$.

Принужденная составляющая напряжения из послекоммутационной схемы: $u_{C_{\text{пр}}} = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = 0,5U$.

Начальное значение свободной составляющей: $u_{C_{\text{св}}}(0) = U - 0,5U = -0,5U$.

Закон изменения напряжения в цепи: $u_C(t) = u_{C_{\text{пр}}}(0) + u_{C_{\text{св}}}(0) =$

$= 0,5U \cdot (1 + e^{-t/\tau})$ соответствует кривой 6 на рис. 23.

4.23. Начальное значение напряжения из докоммутиционной схемы:

$U_C(0) = U$. Постоянная времени: $\tau = R_3 \cdot C = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot C = 0,5C$. Принуж-

денная составляющая напряжения: $u_{C_{\text{пр}}} = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = 0,5U$. Начальное

значение свободной составляющей: $u_{\text{св}}(0) = u_C(0) - u_{C_{\text{пр}}}(0) = -0,5U$.

Закон изменения напряжения в цепи: $u_C(t) = u_{C_{\text{пр}}}(0) + u_{\text{св}}(0) = 0,5U + 0,5U \cdot e^{-t/\tau} = 0,5U \cdot (1 + e^{-t/\tau})$ соответствует кривой 7 на рис. 23.

4.24. Начальное значение напряжения $U_C(0) = 0$, так как ветвь

с емкостью закорочена до коммутации. Постоянная времени:

$\tau = (R_1 + R_2) \cdot C = 2C$. Принужденная составляющая напряжения: $U_{C_{\text{пр}}} = U$.

Начальное значение свободной составляющей: $u_{\text{св}}(0) = u_C(0) - u_{C_{\text{пр}}}(0) = -U$.

Закон изменения напряжения в цепи: $u_C(t) = u_{C_{\text{пр}}}(0) + u_{\text{св}}(0) = U - U \cdot e^{-t/\tau} = U \cdot (1 - e^{-t/\tau})$ соответствует кривой 3 на рис. 23.

4.25. Характеристическое уравнение составляем по методике п. 1.4 раздела 1:

$$Z_{\text{вх}}(p) = R_1 + \frac{R_2 \cdot pL}{R_2 + pL} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot pL + R_2 \cdot pL}{R_2 + pL} = 0,$$

$$(R_1 + R_2) \cdot pL + R_1 \cdot R_2 = 0.$$

$$\text{Корень характеристического уравнения: } p = -\frac{R_1 \cdot R_2}{L \cdot (R_1 + R_2)} = -120 \frac{1}{\text{с}}$$

$$\text{Постоянная времени: } \tau = -\frac{1}{p_1} = \frac{1}{120} \text{ с.}$$

$$\text{Ток в ветви } R_2: i_2(t) = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot e^{p_1 t} = 2 \cdot e^{-120t}.$$

4.26. Характеристическое уравнение составляем по методике п. 1.4 раздела 1:

$$Z_{\text{вх}}(p) = R_1 + \frac{R_2 \cdot pL}{R_2 + pL} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot pL + R_2 \cdot pL}{R_2 + pL} = 0,$$

$$(R_1 + R_2) \cdot pL + R_1 \cdot R_2 = 0.$$

4.27. Использовать методику по п. 1.4 раздела 1:

$$Z_{\text{вх}}(p) = R_1 + \frac{R_2 \cdot \left(R_3 + \frac{1}{pC} \right)}{R_2 + R_3 + \frac{1}{pC}} = \frac{pC \cdot (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3) + R_1 + R_2}{pC \cdot (R_2 + R_3) + 1}.$$

Характеристическое уравнение:

$$pC \cdot (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3) + R_1 + R_2 = 0.$$

Корень характеристического уравнения:

$$p = -\frac{R_1 + R_2}{C \cdot (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3)} = -12 \cdot 10^4 \frac{1}{\text{с}}.$$

$$\text{Постоянная времени: } \tau = -\frac{1}{p} = \frac{1}{1,2} \text{ мс}.$$

4.28. Использовать методику по п. 1.4 раздела 1, входное сопротивление цепи:

$$Z_{\text{вх}}(p) = R + \frac{pL \cdot \frac{1}{pC}}{pL + \frac{1}{pC}} = \frac{R \cdot pL + \frac{R}{pC} + \frac{pL}{pC}}{pL + \frac{1}{pC}}.$$

Характеристическое уравнение цепи второго порядка:

$$RLCp^2 + Lp + R = 0.$$

Корни характеристического уравнения:

$$p_{1,2} = -\frac{1}{2RC} \pm \sqrt{\frac{1}{4R^2C^2} - \frac{1}{LC}}.$$

4.29. См. методику по разделу 1 п. 1.4. Входное сопротивление цепи

$$\text{второго порядка: } Z_{\text{вх}}(p) = \frac{1}{pC} + \frac{R \cdot pL}{R + pL} = \frac{RLCp^2 + Lp + R}{Cp(R + Lp)}.$$

Характеристическое уравнение цепи второго порядка:

$$RLCp^2 + Lp + R = 0.$$

Корни характеристического уравнения:

$$p_{1,2} = \frac{-L \pm \sqrt{L^2 - 4R^2LC}}{2RC} = -\delta \pm j\omega_0,$$

где $\delta = \frac{1}{2RC}$ коэффициент затухания;

$$\omega_0 = \frac{\sqrt{4R^2LC - L^2}}{2RLC} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \delta^2} - \text{собственная частота колебаний.}$$

4.30. См. методику по разделу 1 п. 1.4. Входное сопротивление цепи:

$$Z_{\text{вх}}(p) = pL + \frac{R \cdot \frac{1}{pC}}{R + \frac{1}{pC}} = \frac{\frac{L}{C} + R \cdot pL + R \cdot \frac{1}{pC}}{R + \frac{1}{pC}}.$$

Характеристическое уравнение цепи второго порядка:

$$R_1R_2Cp + R_1 + R_2 = 0.$$

Корень характеристического уравнения: $p = -\frac{R_1 + R_2}{C \cdot R_1 \cdot R_2}$.

4.31. См. методику по разделу 1 п. 1.4. Входное сопротивление цепи

второго порядка: $Z_{\text{вх}}(p) = pL + \frac{R \cdot \frac{1}{pC}}{R + \frac{1}{pC}} = \frac{\frac{L}{C} + R \cdot pL + R \cdot \frac{1}{pC}}{R + \frac{1}{pC}}.$

Характеристическое уравнение цепи второго порядка:

$$RLCp^2 + Lp + R = 0.$$

Корни характеристического уравнения: $p_{1,2} = -\frac{1}{2RC} \pm \sqrt{\frac{1}{4R^2C^2} - \frac{1}{LC}}$.

4.32. См. методику по разделу 1 п. 1.4. Входное операторное сопро-

тивление: $Z_{\text{вх}}(p) = R + pL + \frac{1}{pC}$. Характеристическое уравнение цепи

второго порядка: $RLCp^2 + RCp + 1 = 0$. Корни характеристического

уравнения: $p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}$. Условие апериио-

дического процесса: $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ или $\delta > \omega_0$ имеем два действительных отрицательных корня. Условие колебательного процесса: $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ или $\delta \leq \omega_0$ имеем комплексно сопряженные корни.

4.33. См. методику по разделу 1 п. 1.4.

Входное операторное сопротивление:

$$Z_{\text{вх}}(p) = \frac{1}{pC} + \frac{R_1 \cdot (R_2 + pL)}{R_1 + R_2 + pL} = \frac{R_1 + R_2 + pL + R_1 R_2 Cp + R_1 LCp^2}{Cp(R_1 + R_2 + pL)} =$$

$$= \frac{R_1 LCp^2 + (R_1 R_2 C + L) \cdot p + R_1 + R_2}{Cp(R_1 + R_2 + pL)}.$$

Характеристическое уравнение:

$$R_1 LCp^2 + (R_1 R_2 C + L) \cdot p + (R_1 + R_2) = 0.$$

Корни характеристического уравнения:

$$p_{1,2} = -\frac{R_1 R_2 C + L}{2R_2 LC} \pm \sqrt{\left(\frac{R_1 R_2 C + L}{2R_2 LC}\right)^2 - \frac{R_1 + R_2}{R_2 LC}} = -\delta \pm j\omega_{\text{сн}}.$$

4.34 – 4.39. См. методические указания в разделе 1 п. 1.8 и рис. 28–33.

5. ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ

2.1. $\tau = 25 \text{ мс}$, $u_{C_{\text{np}}} = 200 \text{ В}$.

2.2. $\tau = 5 \text{ мс}$, $u_{C_{\text{np}}} = 50 \text{ В}$.

2.3. $\tau = 0,012 \text{ с}$, $u_{C_{\text{np}}} = 100 \text{ В}$.

2.4. $\tau = 0,1 \text{ мс}$, $u_{C_{\text{np}}} = 50 \text{ В}$.

2.5. $\tau = 0,2 \text{ мс}$, $i_{L_{\text{np}}} = 1 \text{ А}$.

2.6. $\tau = 2 \text{ мс}$, $i_{L_{\text{np}}} = 1 \text{ А}$.

2.7. $\tau = 0,5 \text{ мс}$, $i_{L_{\text{np}}} = 5 \text{ А}$.

2.8. $\tau = 0,125 \text{ с}$, $i_L(0) = 1 \text{ А}$.

2.9. $\tau = 1,0 \text{ мс}$, $i_{L_{\text{np}}} = 10 \text{ А}$.

2.10. $\tau = \frac{2}{3} \text{ с}$, $i_{L_{\text{np}}} = 50 \text{ А}$.

2.11. $\tau = \frac{2}{3} \text{ с}$, $i_{L_{\text{np}}} = 50 \text{ А}$.

2.12. $\tau = 0,5 \text{ с}$, $i_{L_{\text{np}}} = 75 \text{ А}$.

2.13. $\tau = 0,25 \text{ мс}$, $i_1(0) = 1 \text{ А}$, $i_2(0) = 0,6 \text{ А}$, $i_3(0) = 0,4 \cdot \text{А}$, $u_C(t) = 40 - 10 \cdot e^{-t/\tau}$, $u_{C_{\text{св}}}(0) = -10 \text{ В}$.

2.14. $\tau = 0,025 \text{ мс}$, $i_{1_{\text{np}}} = i_{2_{\text{np}}} = 1 \text{ А}$, $i_{3_{\text{np}}} = 0 \cdot \text{А}$, $u_C(0) = 12,5 \text{ В}$, $u_{C_{\text{np}}} = 10 \text{ В}$, $u_{C_{\text{св}}}(0) = 2,5 \text{ В}$, $u_C(t) = 10 + 2,5 \cdot e^{-t/\tau}$.

2.15. $u_C(t) = U \cdot (1 + e^{-t/\tau})$, кривая 3 на рис. 23.

2.16. $i_1(t) = 6 - 3,6 \cdot e^{-t/\tau}$, $i_2(t) = 2,4 \cdot e^{-t/\tau}$, $i_3(t) = 6 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$, кривые 1, 4, 2 на рис. 24.

2.17. $i_1(t) = 1 - 0,5 \cdot e^{-t/\tau}$, $i_2(t) = 0,5 + 0,25 \cdot e^{-t/\tau}$, $i_3(t) = 0,5 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$, кривые 1, 5 на рис. 24.

2.18. $u_C(t) = U \cdot (1 - 0,5 \cdot e^{-t/\tau})$, кривая 2 на рис. 23.

2.19. $u_C(t) = 100 - 60 \cdot e^{-t/\tau}$.

2.20. $u_C(t) = U \cdot (1 - 2 \cdot e^{-t/\tau})$, кривая 5 на рис. 23.

2.21. $u_C(t) = U \cdot (1 - 0,5 \cdot e^{-t/\tau})$, кривая 2 на рис. 23.

2.22. $u_C(t) = 0,5U \cdot (1 + e^{-t/\tau})$, кривая 6 на рис. 23.

2.23. $u_C(t) = 0,5U \cdot (1 - e^{-t/\tau})$, кривая 7 на рис. 23.

2.24. $u_C(t) = U \cdot (1 - e^{-t/\tau})$, кривая 3 на рис. 23.

2.25. $(R_1 + R_2) \cdot Lp + R_1 \cdot R_2 = 0$, $i_2(t) = 2 \cdot e^{-120t}$.

2.26. $(R_1 + R_2) \cdot Lp + R_1 \cdot R_2 = 0$.

2.27. $(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3) \cdot Cp + R_1 + R_2 = 0$.

2.28. $RLCp^2 + Lp + R = 0$, $p_{1,2} = -\frac{1}{2RC} \pm \sqrt{\frac{1}{4R^2C^2} - \frac{1}{LC}}$.

2.29. $RLCp^2 + Lp + R = 0$, $p_{1,2} = \frac{-L \pm \sqrt{L^2 - 4R^2LC}}{2RLC}$.

2.30. $R_1 R_2 \cdot Cp + R_1 + R_2 = 0$.

2.31. $RLCp^2 + Lp + R = 0$, $p_{1,2} = -\frac{1}{2RC} \pm \sqrt{\frac{1}{4R^2C^2} - \frac{1}{LC}}$.

2.32. $RLCp^2 + RCp + 1 = 0$, $p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$.

2.33. $R_1 L C p^2 + (R_1 R_2 C + L) \cdot p + (R_1 + R_2) = 0$.

2.34. Рис. 28.

2.35. Рис. 29.

2.36. Рис. 30.

2.37. Рис. 31.

2.38. Рис. 32.

2.39. Рис. 33.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сборник тестовых задач для экзаменов, рубежного и текущего контроля по теоретическим основам электротехники: Учебное пособие по курсу «Электротехника» / Авторы-составители Ю.А. Сидоров, В.В. Савостьянов. – М.: МАИ, 1982. – 45 с.
2. *Шебес М.Р.* Теория линейных электрических цепей в упражнениях и задачах : Учебное пособие для электротехнич. и радиотехнич. специальностей вузов. – М. : Высш. шк., 1973. – 656 с.
3. Сборник задач по расчету электрических цепей [Для электротехн. специальностей вузов] / Под ред. д-ра техн. наук проф. С.И. Куренева и канд. техн. наук доц. М. И. Пинеса. – Изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1967. – 384 с.
4. *Гинзбург С.Г.* Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях. – М. : Высш. шк., 1967. – 404 с.
5. *Поливанов К.М.* Теоретические основы электротехники. В 3-х томах. Том 1. Линейные электрические цепи / Под общ. ред. К.М. Поливанова. – М. : Энергия, 1972. – 240 с.
6. *Атабеков Г.И.* Основы теории цепей : Учебник для вузов. – М. : Энергия, 1969. – 424 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Основные понятия и определения	4
2. Задания к задачам	8
3. Рисунки к задачам и методическим указаниям	12
4. Методические указания к решению задач	24
5. Ответы к задачам	35
Библиографический список	37

Тем. план 2021, ч. 2, поз. 10

**Климова Светлана Ростиславовна
Харченко Игорь Александрович**

**СБОРНИК ЗАДАЧ
ПО ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ**

Редактор *Л.А. Митина*
Компьютерная верстка *Т.И. Пономаренко*

Сдано в набор 15.12.2021. Подписано в печать 14.02.2022.
Бумага писчая. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,50. Тираж 300 экз. Заказ 142/953.

Издательство МАИ
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4
Москва, А-80, ГСП-3 125993

Типография Издательства МАИ
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4
Москва, А-80, ГСП-3 125993

