

Министерство науки и высшего образования РФ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Кафедра ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Лабораторная работа № 12А по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

«Переходные процессы в линейных цепях с одним накопителем»

| | |
|------------------------|--|
| Студент: | |
| Группа: | |
| Бригада: | |
| Подпись студента: | |
| Дата выполнения: | |
| Дата защиты: | |
| Оценка: | |
| Преподаватель: | |
| Подпись преподавателя: | |

Москва 2025

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование переходных процессов в линейных электрических цепях с одним накопителем и оценка влияния параметров элементов электрических цепей на характер переходного процесса.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Переходные процессы возникают в электрических цепях при коммутациях (включение источника, изменение входного воздействия, отключение источника, изменение параметров элементов цепи). Длительность переходных процессов теоретически бесконечна, практически составляет порядка от 3τ до 5τ (τ – постоянная времени переходного процесса).

Для исследования переходных процессов используют **ОСЦИЛЛОГРАФ**.

В реальном масштабе переходные процессы заканчиваются практически мгновенно, так как постоянная времени τ обычно составляет порядка 1-10 миллисекунд. Наблюдение на экране **ОСЦИЛЛОГРАФА** однократного переходного процесса невозможно. Если изменять входное воздействие периодически, то на экране **ОСЦИЛЛОГРАФА** можно наблюдать многократно повторяющиеся и чередующиеся два переходных процесса.

В лаборатории для физического моделирования подобных переходных процессов используется источник, формирующий последовательность прямоугольных импульсов напряжения (меандр). Источником напряжения в форме знакопеременных импульсов (рис. 1) является модуль **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР**. Изменение входного воздействия происходит через интервалы времени, равные $T/2$. Переходной процесс, возникающий в результате изменения входного воздействия, практически заканчивается за время $T/2$. При частоте $f=50$ Гц интервал $T/2=10$ мс.

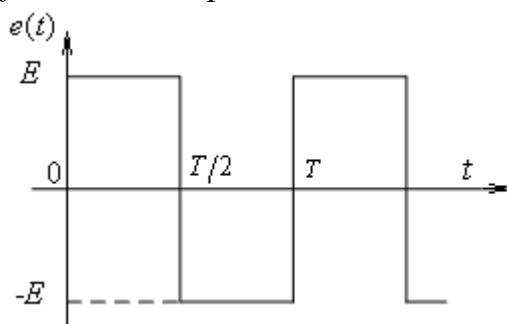


Рис. 1

На схеме рис. 2 изменение входного воздействия показано переключением ключа из положения 1 в положение 2 и наоборот (две периодически повторяющиеся коммутации).

Пассивные элементы электрической схемы выбирают из блоков **МОДУЛЬ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**, **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ** и **МОДУЛЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ**. Значения параметров элементов исследуемой RC -цепи даны в табл. 1. Элементами RL -цепи являются катушка, индуктивность L_a которой определяется по экспериментальным кривым переходных напряжений (теоретическое значение $L_a \approx 130$ мГн), и резистор сопротивлением $R=100$ Ом (для N_0 – четных) и $R=150$ Ом (для N_0 – нечетных).

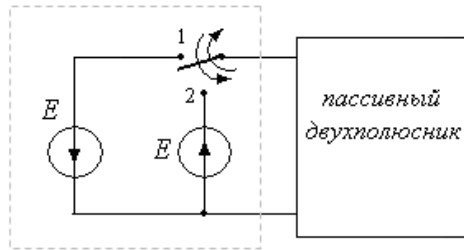


Рис. 2

Таблица 1

| № бригады | 1,12 | 2,11 | 3,10 | 4,9 | 5,8 | 6,7 |
|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|
| C , мкФ | 33 | 22 | 10 | 6,8 | 4,7 | 3,3 |
| R , Ом | 47 | 47 | 100 | 150 | 220 | 330 |

3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

1. Рассчитать переходной процесс, возникающий в RC -цепи (рис. 1.1П) и RL -цепи (рис. 2.1П) после переключения ключа (рис. 2):

- а) из положения 1 в положение 2 (переключение в момент $t=0$);
- б) из положения 2 в положение 1 (переключение в момент $t=T/2=10$ мс).

Напряжение источника $E=5$ В. Исходные данные для расчета RC -цепи приведены в табл. 1. При расчете RL -цепи принять значение индуктивности катушки $L_a \approx 130$ мГн, сопротивление резистора задается по вариантам ($R=100$ Ом – для четных бригад, $R=150$ Ом – для нечетных бригад). Ответ представить в аналитическом и численном видах. Рассчитать значения τ для обеих цепей.

2. По результатам расчетов в п. 1 построить кривые переходных токов и напряжений на реактивных элементах для интервала $0 \leq t \leq T$. На каждом графике выделить установившуюся и переходящую составляющие решения переходного процесса, определить и отметить на всех графиках τ .

3. Показать, как изменятся кривые переходных токов и напряжений для цепи на рис. 1.2П и рис. 1.3П по сравнению с соответствующими кривыми для цепи на рис. 1.1П. Показать, как в каждом случае изменится значение τ .

4. Показать, как изменятся кривые переходных токов и напряжений для цепи на рис. 2.2П и рис. 2.3П по сравнению с соответствующими кривыми для цепи на рис. 2.1П. Показать, как в каждом случае изменится значение τ .

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ДОПУСКА СТУДЕНТОВ К РАБОТЕ

1. Как экспериментально определить постоянную времени? Как определить время переходного процесса, используя постоянную времени?

2. Как влияют значения сопротивления резистора и емкости конденсатора на переходный процесс в схеме 1.1П?

3. Как влияют значения сопротивления резистора и индуктивности катушки на переходный процесс в схеме 2.1П?

4. Как определить постоянную интегрирования для тока $i(t)$ в схеме 1.1П?

5. Как определяется постоянная интегрирования для напряжения на катушке $u_L(t)$ в схеме 2.1П?

6. Рассказать преподавателю о порядке выполнения лабораторной работы (см. Рабочее задание).

5. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

Опыт 1. Исследование переходных процессов в RC-цепи

- Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 1.1П протокола измерений. Конденсатор емкостью C использовать из блоков **МОДУЛЬ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**, резистор сопротивлением R из блока **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ**.

- Проверить собранную электрическую цепь в присутствии преподавателя.

- Включить автоматический выключатель **QF** блока **МОДУЛЬ ПИТАНИЯ** и тумблер **Сеть** модуля **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР**. Переключатель **Форма** включить в положение \square . Регулятором **Частота** установить на выходе модуля **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР** частоту $f=50$ Гц. Регулятором **Амплитуда** установить $U_m=5$ В. Значения f и U_m записать в протокол измерений.

- Включить **ОСЦИЛЛОГРАФ**. Настроить нулевое значение сигнала, повернуть ручку регулятора вертикальной развертки до упора по ходу часовой стрелки.

- Подключить **Вход 1** осциллографа к источнику. Настроить ручки горизонтальной развертки осциллографа таким образом, чтобы на экране полностью укладывался один период колебаний (настройка масштаба m_t). Настроить переключатель усиления по напряжению так, чтобы максимально использовалась площадь экрана. Используя масштаб m_U на переключателе усиления по напряжению, убедиться, что амплитуда входного напряжения $U_m=5$ В. *В остальных опытах использовать указанный порядок настройки осциллографа.*

- Подключить **Вход 1** осциллографа к резистору R . Срисовать на кальку или сфотографировать с экрана **ОСЦИЛЛОГРАФА** кривую зависимости $u_R(t)$. Зафиксировать масштабы m_U (по напряжению) и m_t (по времени).

- Подключить **Вход 1** осциллографа к конденсатору емкостью C . Срисовать на кальку или сфотографировать с экрана **ОСЦИЛЛОГРАФА** кривую зависимости $u_C(t)$. Зафиксировать масштабы m_U и m_t .

- Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 1.2П протокола измерений. Повторить исследование.

- Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 1.3П протокола измерений. Повторить исследование.

- Выполнить указанные в протоколе измерений расчеты (табл. 1П).

- Прикрепить полученные осциллограммы к протоколу измерений.

Опыт 2. Исследование переходных процессов в RL-цепи

- Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 2.1П протокола измерений. Элементами цепи являются катушка с индуктивностью L_a из блока **МОДУЛЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ** и резистор сопротивлением R из блока **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ**.

- Проверить собранную электрическую цепь в присутствии преподавателя.

- Включить автоматический выключатель **QF** блока **МОДУЛЬ ПИТАНИЯ** и тумблер **Сеть** модуля **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР**. Переключатель **Форма** включить в положение \square . Регулятором **Частота** установить на выходе модуля **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР** частоту $f=50$ Гц. Регулятором **Амплитуда** установить $U_m=5$ В. Значения f и U_m записать в протокол измерений.

- Включить **ОСЦИЛЛОГРАФ**. Настроить нулевое значение сигнала, повернуть ручку регулятора вертикальной развертки до упора по ходу часовой стрелки.

- Подключить **Вход 1** осциллографа к источнику. Настроить ручки горизонтальной развертки осциллографа таким образом, чтобы на экране полностью укладывался один период колебаний (настройка масштаба m_t). Настроить переключатель усиления по напряжению так, чтобы максимально использовалась площадь экрана. Используя масштаб m_U на переключателе усиления по напряжению, убедиться, что амплитуда входного напряжения $U_m=5$ В. *В остальных опытах использовать указанный порядок настройки осциллографа.*

- Подключить **Вход 1** осциллографа к резистору с сопротивлением R . Срисовать на кальку (или сфотографировать) с экрана **ОСЦИЛЛОГРАФА** кривую зависимости $u_R(t)$. Зафиксировать масштабы m_U (по напряжению) и m_t (по времени).

- Подключить **Вход 1** осциллографа к катушке с индуктивностью L_a . Срисовать на кальку (или сфотографировать) с экрана **ОСЦИЛЛОГРАФА** кривую зависимости $u_L(t)$. Зафиксировать масштабы m_U и m_t .

- Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 2.2П протокола измерений. Повторить исследование.

- Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 2.3П протокола измерений. Повторить исследование.

- Выполнить указанные в протоколе измерений расчеты (табл. 2П).

- Прикрепить полученные осциллограммы к протоколу измерений.

- Протокол измерений утвердить и подписать у преподавателя.

- Выключить автоматический выключатель **QF** блока **МОДУЛЬ ПИТАНИЯ**, тумблер **Сеть** модуля **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР** и **ОСЦИЛЛОГРАФ**.

6. ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 12А

Опыт 1. Исследование переходных процессов в RC-цепи

Схемы исследуемых цепей представлены на рис. 1.1П, 1.2П, 1.3П.

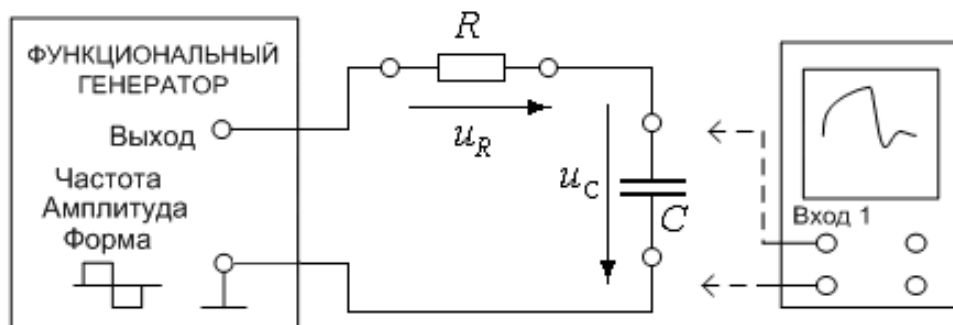


Рис. 1.1П

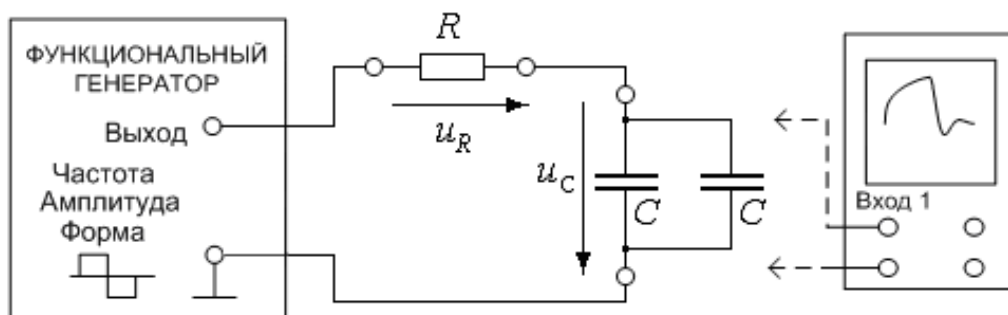


Рис. 1.2П

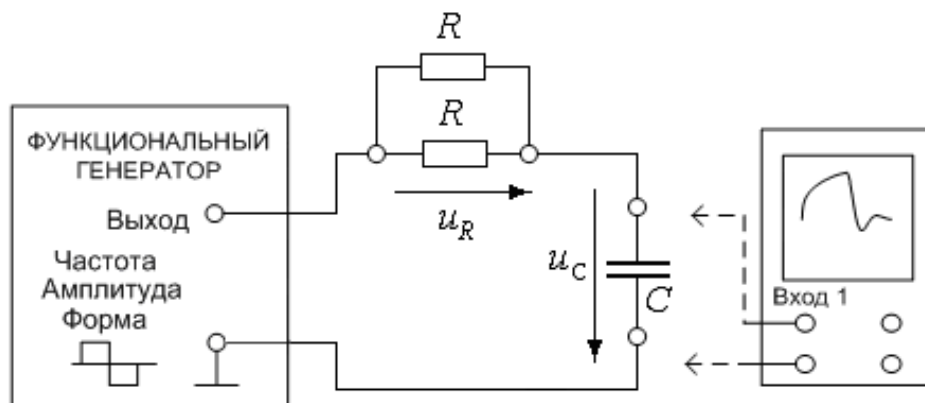


Рис. 1.3П

Таблица 1П

| п/п | 1.1 | | 1.2 | | 1.3 | |
|-------------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | эсп. | теор. | эсп. | теор. | эсп. | теор. |
| τ , мс | | | | | | |

Опыт 2. Исследование переходных процессов в RL -цепи

Схемы исследуемых цепей представлены на рис. 2.1П, 2.2П, 2.3П.

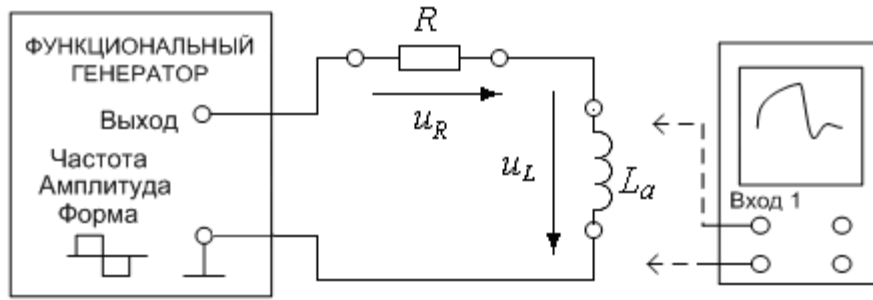


Рис. 2.1П

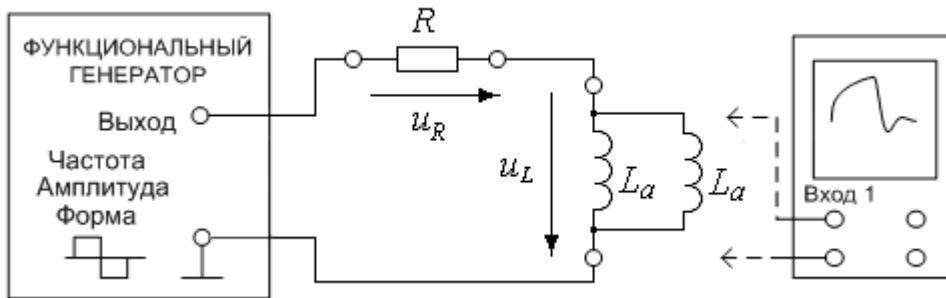


Рис. 2.2П

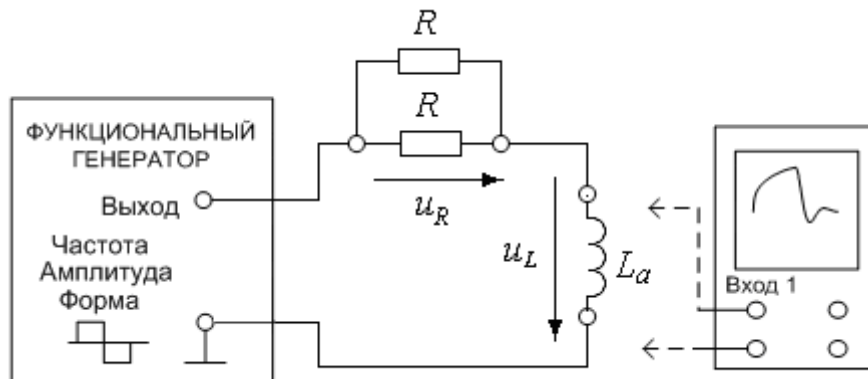


Рис. 2.3П

Таблица 2П

| п/п | 2.1 | 2.2 | 2.3 |
|-------------|-----|-----|-----|
| τ , мс | | | |
| L_a , мГн | | | |

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Корректно оформленная подготовка к работе.
2. Корректно оформленные экспериментальные осциллограммы.

Опыт 1

3. По экспериментальным осциллограммам для схем на рис. 1.1П, 1.2П, 1.3П определить τ (см. Методические указания).

4. Сравнить экспериментальные осциллограммы с теоретическими кривыми переходных токов и напряжений. Результаты занести в табл. 1П.

5. Изобразить (пунктиром) на осциллограммах установившуюся и переходящую составляющие переходных токов и напряжений. Объяснить различия в осциллограммах.

Опыт 2

6. По экспериментальным осциллограммам для схем на рис. 2.1П, 2.2П, 2.3П определить τ (см. Методические указания). Рассчитать параметр L_a индуктивной катушки на основе полученных опытных данных. Результаты занести в табл. 2П.

7. Сравнить экспериментальные осциллограммы с теоретическими кривыми переходных токов и напряжений.

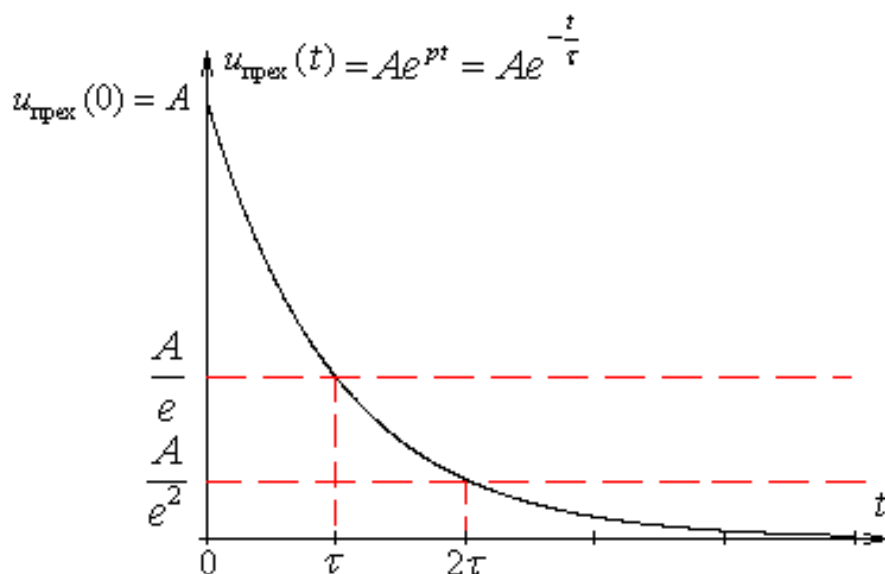
Общий вывод по работе

8. Для обоих опытов изобразить на осциллограммах установившуюся и переходящую составляющие переходных токов и напряжений. Объяснить влияние параметров пассивных элементов на характер осциллограмм.

9. Сделать письменный вывод о проделанной работе.

Методические указания

Постоянная времени τ является важной характеристикой любого переходного процесса и определяет скорость его протекания. По осциллограмме свободного процесса (или выделенной переходящей составляющей) можно определить τ из условия, что за время $t=\tau$ значение переходящей составляющей уменьшается в $e \approx 2,72$ раз.



8. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

Все ответы на вопросы должны сопровождаться необходимыми схемами, формулами, численными результатами расчётов, графическими иллюстрациями (графиками, диаграммами и т.д.) и содержать однозначный ответ на поставленные вопросы.

1. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_C(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1П, если амплитудное значение напряжения U_m источника увеличится в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

2. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_C(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1П, если амплитудное значение напряжения U_m источника уменьшится в 2 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

3. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_C(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1П, если емкость конденсатора C увеличить в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

4. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_C(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1П, если емкость конденсатора C уменьшить в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

5. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_C(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1П, если сопротивление резистора R уменьшить в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

6. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_C(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1П, если сопротивление резистора R увеличить в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

7. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_C(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1П, если источник будет иметь форму однополярных импульсов. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

8. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_L(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.1П, если амплитудное значение напряжения U_m источника увеличится в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

9. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_L(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.1П, если амплитудное значение напряжения U_m источника уменьшится в 2 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

10. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_L(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.1П, индуктивность катушки L_a увеличится в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

11. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_L(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.1П, индуктивность катушки L_a уменьшится в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

12. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_L(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.1П, если сопротивление резистора R уменьшить в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

13. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_L(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.1П, если сопротивление резистора R увеличить в 3 раза. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.

14. Получить решение и нарисовать в масштабе графики $i(t)$ и $u_L(t)$ для схемы электрической цепи, приведенной на рис. 2.1П, если источник будет иметь форму однополярных импульсов. Сравнить полученное решение с исходным, объяснить изменения.