

# Министерство науки и высшего образования РФ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Кафедра ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

**Лабораторная работа № 12Б**  
по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

«Переходные процессы в линейных цепях с двумя накопителями»

<b>Студент:</b>	
<b>Группа:</b>	
<b>Бригада:</b>	
<b>Подпись студента:</b>	
<b>Дата выполнения:</b>	
<b>Дата защиты:</b>	
<b>Оценка:</b>	
<b>Преподаватель:</b>	
<b>Подпись преподавателя:</b>	

Москва 2025

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является экспериментальное исследование переходных процессов в линейной электрической цепи с двумя накопителями.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Процесс зарядки и разряда конденсатора на  $RL$ -цепь в лабораторной работе исследуют в цепи по схеме, приведенной на рис. 1П. В лабораторной работе используют модули **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР**, **НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**. Для наблюдения зависимостей от времени используют **ОСЦИЛЛОГРАФ**. Пассивные элементы электрической схемы выбирают из блоков **МОДУЛЬ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ** и **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ**. Активное сопротивление  $R_k$  катушки измеряют мультиметром или электронным вольтметром В7-38 в режиме измерения сопротивления.

В рассматриваемой цепи выходное напряжение источника (функционального генератора – рис. 1П) имеет форму прямоугольных импульсов (меандра) с периодом  $T$ . Применение диода **VD1** позволяет получить напряжение  $u(t)$ , подаваемое на вход цепи, без отрицательных импульсов (рис. 1). Переходный процесс в цепи (рис. 1П) может рассматриваться как заряд конденсатора и его разряд в  $RLC$ -контуре. В результате в рассматриваемой цепи имеет место два переходных процесса: заряд и разряд конденсатора.

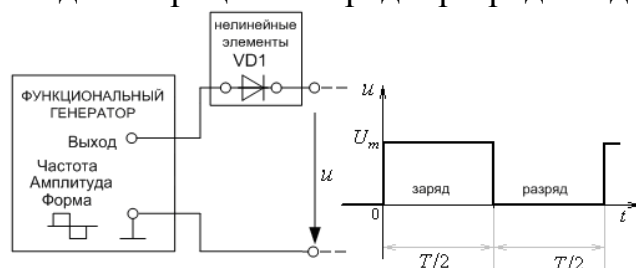


Рис. 1

Изменения кривых напряжения на конденсаторе  $u_C(t)$  показаны на рис. 2 (апериодический процесс) и рис. 3 (колебательный процесс).

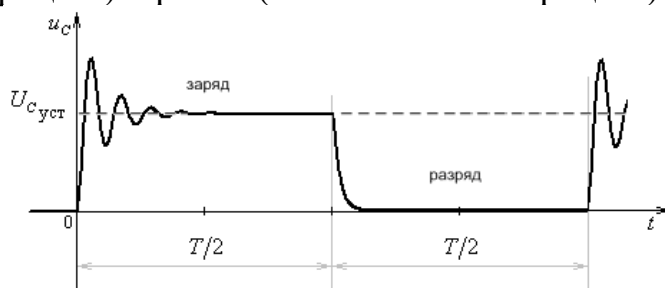


Рис. 2

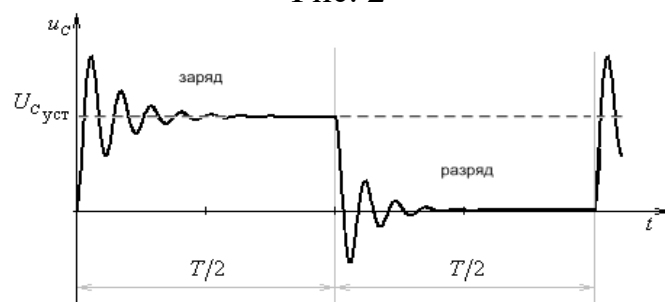


Рис. 3

Следует отметить, что конфигурация схемы цепи для разных полупериодов существенно меняется. Это позволяет исследовать отдельно переходный процесс разряда конденсатора в более простой электрической цепи, исключив из рассмотрения ветвь с источником.

### 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

1. Рассчитать аналитически при  $U_m=7$  В и заданных параметрах элементов (табл. 1) напряжения  $u_C(t)$  и  $u_R(t)$  при зарядке ( $0 \leq t \leq T/2$ ) и разряде ( $T/2 \leq t \leq T$ ) конденсатора при следующих значениях сопротивления резистора:

- а)  $R=100$  Ом (периодическая зарядка, аperiodический разряд),
- б)  $R=10$  Ом (периодическая зарядка, периодический разряд).

Построить графики  $u_C(t)$  и  $u_R(t)$  для интервала  $0 \leq t \leq T$ .

2. Рассчитать значение  $R_{кр}$  для зарядки и разряда конденсатора. Объяснить, почему зарядка конденсатора сопровождается возникновением свободных колебаний, а разряд конденсатора при  $R=100$  Ом не сопровождается возникновением свободных колебаний.

3. Показать, как по графикам  $u_C(t)$  и  $u_R(t)$  определить частоту свободных колебаний  $\omega_{св}$  и коэффициент затухания  $\alpha$ .

Таблица 1

№ бригады	$L$ , мГн	$R_k$ , Ом	$C$ , мкФ
1, 13	10	10	4,7
2, 14	10	10	6,8
3, 15	20	20	6,8
4, 16	20	20	10
5, 17	30	30	10
6, 18	30	30	22
7, 19	40	40	10
8, 20	40	40	22
9, 21	50	50	10
10, 22	50	50	22
11, 23	60	60	10
12, 24	60	60	22

### 4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ДОПУСКА СТУДЕНТОВ К РАБОТЕ

1. Как влияют на характер переходного процесса параметры пассивных элементов схемы на рис. 1П?

2. При каких условиях возникает колебательный и аperiodический переходные процессы в цепи на рис. 1П?

3. Написать условия возникновения предельно-аperiodического процесса в цепи на рис. 1П.

4. Как определить постоянные интегрирования при расчете переходного тока  $i(t)$ ?

5. Почему процесс заряда в исследуемой цепи на рис. 1П всегда колебательный?

6. Из каких условий целесообразно выбирать период источника?

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

## 5. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

- Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 1П протокола измерений. Конденсатор емкостью  $C$  и катушку индуктивностью  $L$  использовать из блоков **МОДУЛЬ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**, резисторы сопротивлениями  $R$ ,  $R_1$  – из блока **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ**, диод **VD1** – из блока **НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**.

- Проверить собранную электрическую цепь в присутствии преподавателя.

- Установить в модуле **РЕАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ** заданные параметры. Измерить мультиметром резистивное сопротивление  $R_k$  катушки. Записать значения в протокол измерений.

- 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 значение напряжения  $U_m=7$  В. Значение  $f$  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 для входного напряжения  $U_m=7$  В. *В остальных опытах использовать указанный порядок настройки осциллографа.*

### Периодическая зарядка и аperiodический разряд конденсатора на $RL$ -цепь

- Установить величину сопротивления  $R=100$  Ом в блоке **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ**. Измерить активное сопротивление  $R_k$  катушки мультиметром. Убедиться, что  $R+R_k > R_{кр}$ , рассчитанного в Подготовке к работе.

- 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  $m_U$  (по напряжению) и  $m_t$  (по времени).

## Периодическая зарядка и периодический разряд конденсатора на $RL$ -цепь

- Установить величину сопротивления резистора  $R=10$  Ом в блоке **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ**. Убедиться, что  $R+R_k < R_{кр}$ .
- 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  $m_U$  (по напряжению) и  $m_t$  (по времени).
- Выполнить указанные в протоколе измерений расчеты.
- 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 № 12Б** Разряд конденсатора $C$ на $RL$ -цепь

Схема исследуемой цепи представлена на рис. 1П.

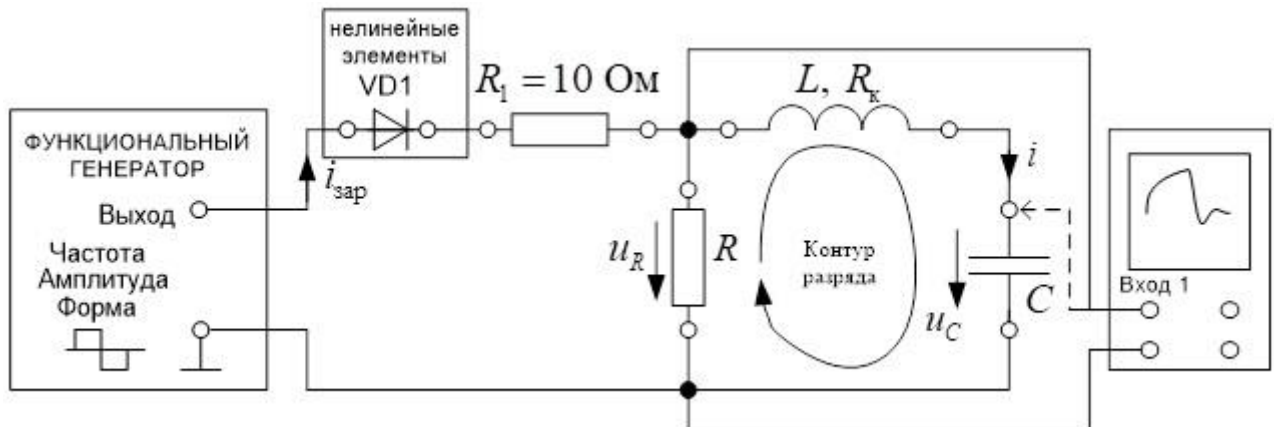


Рис. 1П

Входное напряжение:  $U_m =$  \_\_\_\_\_ В,  $f = 50$  Гц.

Параметры элементов:  $C =$  \_\_\_\_\_ мкФ;  $L =$  \_\_\_\_\_ мГн;  $R_k =$  \_\_\_\_\_ Ом.

Критическое сопротивление  $R_{кр} = 2\sqrt{L/C} =$  \_\_\_\_\_ Ом.

Апериодический разряд при  $R + R_k =$  \_\_\_\_\_ Ом.

Колебательный разряд при  $R + R_k =$  \_\_\_\_\_ Ом.

## 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Корректно оформленная подготовка к работе.
2. Сравнить теоретические графики  $u_C(t)$  и  $u_R(t)$  с экспериментальными осциллограммами (апериодический и колебательный процессы). Показать выполнение законов коммутации.
3. По экспериментальным осциллограммам колебательного процесса определить период свободных колебаний  $T_{св}$ . Сравнить полученные экспериментальные результаты с теоретическими расчетами из Подготовки к работе. Результаты сравнения представить в табличной форме.
4. Построить графики напряжения  $u_L(t)$ , токов  $i_L(t)$  и  $i_R(t)$  для апериодического и колебательного процессов. Показать выполнение законов коммутации.
5. Сделать письменный вывод о проделанной работе.

## 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. Определить  $u_C(t)$  при  $R+R_k=R_{кр}$ . Построить график.
2. Определить  $i_L(t)$  при  $R+R_k=R_{кр}$ . Построить график.
3. Определить  $u_R(t)$  при  $R+R_k=R_{кр}$ . Построить график.
4. Качественно построить  $u_L(t)$  по осциллограмме  $u_R(t)$ .
5. Качественно построить  $u_C(t)$  по осциллограмме  $u_R(t)$ .
6. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если емкость конденсатора  $C$  увеличить в 4 раза при неизменной индуктивности катушки  $L$  и  $R=100$  Ом?
7. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если емкость конденсатора  $C$  уменьшить в 4 раза при неизменной индуктивности катушки  $L$  и  $R=10$  Ом?
8. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если емкость конденсатора  $C$  уменьшить в 2 раза при неизменной индуктивности катушки  $L$  и  $R=100$  Ом?
9. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если емкость конденсатора  $C$  увеличить в 2 раза при неизменной индуктивности катушки  $L$  и  $R=10$  Ом?
10. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если индуктивность катушки  $L$  увеличить в 4 раза при неизменной емкости конденсатора  $C$  и  $R=100$  Ом?
11. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если индуктивность катушки  $L$  уменьшить в 4 раза при неизменной емкости конденсатора  $C$  и  $R=100$  Ом?
12. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если индуктивность катушки  $L$  увеличить в 4 раза при неизменной емкости конденсатора  $C$  и  $R=10$  Ом?
13. Как изменится решение для  $u_C(t)$  при разряде конденсатора, если индуктивность катушки  $L$  уменьшить в 4 раза при неизменной емкости конденсатора  $C$  и  $R=10$  Ом?