

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Оглавление:

РАБОТА 9. РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ.....	2
РАБОТА 10. РЕЗОНАНС ТОКОВ	4
РАБОТА 12. ТРЕХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ	6
РАБОТА 13. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПАССИВНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА	9
РАБОТА 14. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В R,L - ЦЕПЯХ.....	12
РАБОТА 15. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В R,C ЦЕПЯХ	15
РАБОТА 16. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕПЯХ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ И СМЕШАННОМ СОЕДИНЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ R,L,C	17
РАБОТА 17. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕЛЯХ ВТОРОГО ПОРЯДКА.....	19
РАБОТА 19. НЕЛИНЕЙНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	20
РАБОТА 20. РАЗВЕТВЛЕННЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЛИНЕЙНЫМИ ДВУХПОЛЮСНИКАМИ	23

Работа 9. РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ

Цель работы: исследование явления резонанса напряжений в цепи при последовательном соединении элементов R, L, C ; построение векторной диаграммы.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Блоки: переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом, переменной индуктивности $L_4=0,1-99,9$ мГн, переменной емкости $C_4=0,01-9,99$ мкФ; генератор сигналов низкочастотный (ГСН); двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1. Для исследования резонанса напряжений собрать цепь по схеме рис.30,а.

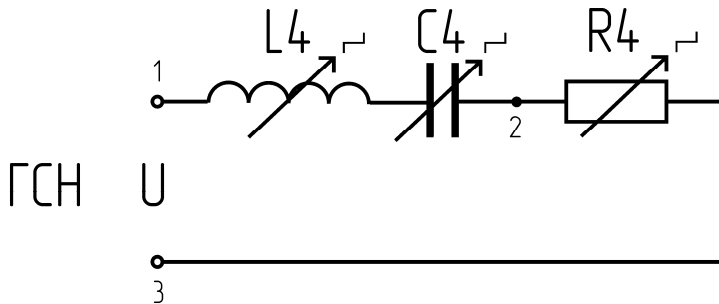


Рис.30,а

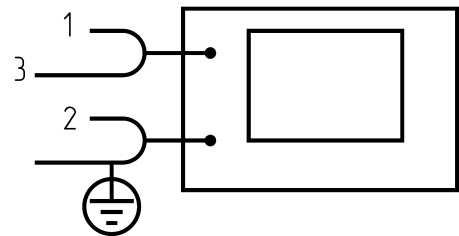


Рис.30,б

2. Установить значения: сопротивления блока переменного сопротивления $R_4=100$ Ом; индуктивности блока переменной индуктивности $L_4=99,9$ мГн; емкости блока переменной емкости $C_4=0,1$ мкФ; частоты генератора $f=500$ Гц. Подключить к гнездам 1 и 3 вольтметр. Вращением ручки генератора "регулировка вых." установить напряжение на входе цепи рис.30,а $U=5$ В.

3. Снять частотные зависимости напряжений $U_R(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$ на элементах R, L, C и угла сдвига фаз $\varphi(f)$ между напряжением и током на входе цепи от частоты. Определить частоты f_0, f_L, f_C , соответствующие максимумам зависимостей $U_R(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$, и граничные частоты f_1 и f_2 полосы пропускания характеристики $U_R(f)$.

Для этого:

3.1 плавно изменяя частоту генератора в пределах 500-2500 Гц и измеряя вольтметром или осциллографом (рис.30,б) напряжением U_R определить частоту f_0 , при которой напряжение U_R максимально;

3.2 определить частоты $f_1 < f_0$ и $f_2 > f_0$, при которых $U_R(f_1) = U_R(f_2) = 0,707 U_R(f_0)$;

3.3. плавно изменяя частоту генератора в пределах 500-2500 Гц и измеряя вольтметром или осциллографом (рис.30,б) напряжением U_L определить частоту f_L , при которой напряжение U_L максимально;

3.4. плавно изменяя частоту генератора в пределах 500-2500 Гц и измеряя вольтметром или осциллографом (рис.30,б) напряжением U_C определить частоту f_C , при которой напряжение U_C максимально;

3.5. выбрать три значения частоты меньше f_1 (ориентировочно 1200 Гц, 900 Гц, 500 Гц) и три значения частоты больше f_2 (ориентировочно 1900 Гц, 2200 Гц, 2500 Гц)

Экспериментально определенные значения частоты f_1, f_c, f_0, f_L, f_2 и выбранные значения частоты записать в табл.14

Таблица 14

Измерить	Частота									
				$f_1, \text{Гц}$	$f_c, \text{Гц}$	$f_0, \text{Гц}$	$f_L, \text{Гц}$	$f_2, \text{Гц}$		
$U_R, \text{В}$										
$U_L, \text{В}$										
$U_C, \text{В}$										
φ°										

4. Для всех значений частот, записанных в табл.14, измерить вольтметром или осциллографом (рис.30,б) напряжения U_R, U_L, U_C на элементах R, L, C и угол сдвига фаз φ между напряжением и током на входе цепи. Для измерения угла φ подключить осциллограф по схеме рис.30,б. Результаты записать в табл. 14.

5. Исследовать влияние значения сопротивления R_4 на частотные характеристики резонансной цепи.

Для этого:

5.1 установить в схеме рис.30,а $R_4 = 300 \text{ Ом}$ и определить значения частот f_1, f_c, f_0, f_L, f_2 аналогично п.3.1.-3.4., а также измерить напряжения $U_R(f_0), U_L(f_0), U_C(f_0), U_L(f_L), U_C(f_c)$;

5.2. установить в схеме рис.30,а $R_4 = 900 \text{ Ом}$ и повторить п.5.1.;

5.3. установить в схеме рис.30,а следующие значения элементов цепи $L_4 = 50 \text{ мГн}; C_4 = 0,2 \text{ мкФ}; R_4 = 100 \text{ Ом}$ и повторить п.5.1.

6. Результаты измерений по п.п.5.1.-5.3. записать в отчет по лабораторной работе.

Расчетная часть

1. Вычислить значения тока I и полного сопротивления цепи Z . Результаты вычислений записать в таблицу 15

Таблица 15

Вычислить	Частота									
				$f_1, \text{Гц}$	$f_c, \text{Гц}$	$f_0, \text{Гц}$	$f_L, \text{Гц}$	$f_2, \text{Гц}$		
$I, \text{А}$										
$Z, \text{Ом}$										

2. Используя экспериментальные и расчетные данные, построить на одном графике зависимости $U_R(f), U_L(f), U_C(f)$ и на отдельных графиках – зависимости $Z(f)$ и $\varphi(f)$.

3. По результатам экспериментов по п.п.3,4 и п.5 определить для каждого сочетания элементов R, L, C значения полосы пропускания Δf , волнового сопротивления Z_B и

добротности Q , Результаты записать в табл.16.

Таблица 16

Результаты измерений			Результаты вычислений						
пункт	$\Delta f, \text{Гц}$	$Z_B, \text{Ом}$	Q	$f_0, \text{Гц}$	$\Delta f, \text{Гц}$	$f_L, \text{Гц}$	$f_C, \text{Гц}$	Q	$Z_B, \text{Ом}$
3,4.									
5.1.									
5.2.									
5.3.									

4. Рассчитать теоретически значения f_0, Z_B, Q, f_C, f_L по известным значениям элементов R, L, C и записать в табл.16. Сравнить экспериментальные результаты с расчетными.

5. Используя результаты измерений п.4 экспериментальной части для значений $R_4=100 \text{ Ом}, L_4=100 \text{ мГн}, C_4=0,1 \text{ мкФ}$, построить векторную диаграмму напряжений при резонансе.

Работа 10. РЕЗОНАНС ТОКОВ

Цель работы - исследование явления резонанса токов в цепи при параллельном соединении ветвей RL и RC ; построение векторных диаграмм.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы $R_{19}=1 \text{ Ом}, R_{20}=1 \text{ Ом}, R_{21}=1 \text{ Ом}, R_9=1 \text{ кОм}$; генератор сигналов низкочастотный (ГСН); двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр; блок переменного сопротивления $R_4=1-999 \text{ Ом}$; блок переменной индуктивности $L_4=0,1-99,9 \text{ мГн}$; блок переменной емкости $C_4=0,01-9,99 \text{ мкФ}$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

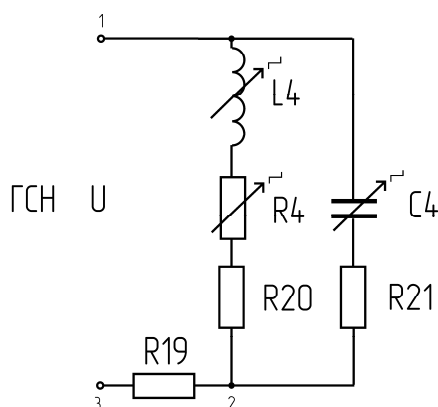


Рис.31,а

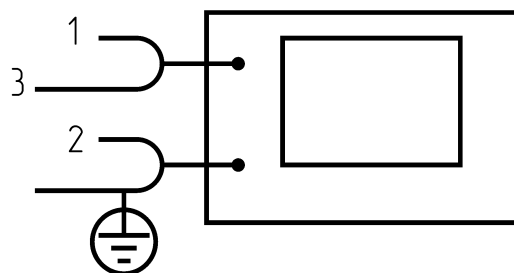


Рис.31,б

1. Для исследования резонанса токов собрать цепь по схеме рис.31,а,

2. Установить значения: сопротивления $R_4=0$, индуктивности $L_4=99,9$ мГн, емкости $C_4=0,1$ мкФ. Подключить к входу цепи цифровой вольтметр и вращением ручки генератора "регулировка вых.", настроенного на частоту $f=200$ Гц, установить выходное напряжение генератора $U=5$ В.

3. Для токов I_{19} , I_{20} , I_{21} снять частотные зависимости $I_{19}(f)$, $I_{20}(f)$, $I_{21}(f)$, а также зависимость угла сдвига фаз φ между напряжением и током на входе цепи $\varphi(f)$. Для этого, изменяя частоту f генератора в пределах 200 Гц-10 кГц, измерить напряжения на сопротивлениях R_{19} , R_{20} , R_{21} . При помощи осциллографа, подключаемого к цепи (рис.31,б), измерить углы сдвига фаз φ .

Для этого:

3.1. плавно изменяя частоту генератора в пределах 200-10000 Гц и измеряя вольтметром или осциллографом (рис.31,б) напряжение U_{12} определить резонансную частоту f_0 , при которой напряжение U_{12} максимально и выполнить измерения на этой частоте;

3.2. выполнить измерения на четырех-пяти частотах больше и меньше f_0 в указанном диапазоне. Результаты записать в табл.17.

Таблица 17

$f, \text{Гц}$	$I_{19}, \text{А}$	$I_{20}, \text{А}$	$I_{21}, \text{А}$	$\varphi^\circ, \text{град.}$

4. Собрать цепь по схеме рис.32, установив значение $R_4=900$ Ом, $L_4=99,9$ мГн, $C_4=0,1$ мкФ.

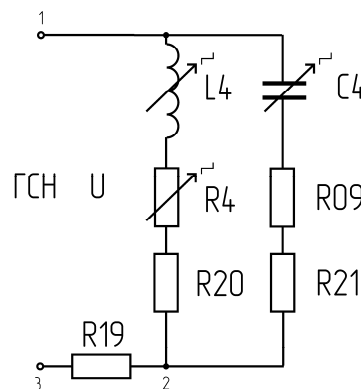


Рис.32

5. Каждый раз приближенно удваивая значение частоты f в пределах 200 Гц-12 кГц, снять зависимости $I_{19}(f)$ и $\varphi(f)$.

Для этого:

5.1. плавно изменяя частоту генератора в пределах 200-10000 Гц и измеряя вольтметром или осциллографом (рис.31,б) напряжение U_{12} определить резонансную частоту f_0 , при которой напряжение U_{12} максимально и выполнить измерения на этой частоте;

5.2. выполнить измерения на четырех-пяти частотах больше и меньше f_0 в указанном диапазоне.

Результаты записать в табл.18.

Измерить	Частота											
						$f_0, \text{Гц}$						
$U_{12}, \text{В}$												
$\varphi^\circ, \text{град.}$												

6. Исключив из схемы рис.32 резистор R_9 , повторить п.5:

6.1. для значений $L_4=99,9 \text{ мГн}$, $C_4=1 \text{ мкФ}$, $R_4=900 \text{ Ом}$.

6.2. для значений $L_4=50 \text{ мГн}$, $C_4=0,05 \text{ мкФ}$, $R_4=100 \text{ Ом}$.

Расчетная часть

1. Используя результаты измерений п.3 экспериментальной части, построить на одном графике зависимости $I_{19}(f)$, $I_{20}(f)$, $I_{21}(f)$ и на отдельных графиках зависимости от частоты полного сопротивления цепи $Z(f)$ и угла сдвига фаз $\varphi(f)$.

2. Построить на одном графике зависимости $I'(f)=I/I_{min}$ по результатам измерений, выполненных в пп.3,5,6 (где I_{min} -минимальное значение тока в каждой зависимости $I_{19}(f)$).

3. Для всех использованных в пп.2,4,6 сочетаний значений R, L, C рассчитать резонансную частоту f_0 цепи и сравнить расчетное значение с экспериментальным значением.

4. Построить векторные диаграммы токов I_{19} , I_{20} , I_{21} при резонансе для значений элементов цепи, указанных в пп.2,4,6.

Работа 12. ТРЕХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Цель работы - исследование трехфазных электрических цепей; построение векторных диаграмм.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы: $R_9=1 \text{ кОм}$, $R_{10}=1 \text{ кОм}$, $R_{19}=1 \text{ Ом}$, $R_{20}=1 \text{ Ом}$, $R_{21}=1 \text{ Ом}$; конденсатор $C_{13}=1 \text{ мкФ}$; блоки: трехфазного напряжения ($f=50 \text{ Гц}$), переменного сопротивления $R_4=1-999 \text{ Ом}$, переменной емкости $C_4=0,01-9,99 \text{ мкФ}$; двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр. Включение трехфазного источника осуществляется по схеме "звезда".

В ряде случаев при измерении углов сдвига фаз сигнал во втором канале осциллографа требуется сдвинуть по фазе на 180° . Для этого шток фазового сдвига необходимо выдвинуть на себя.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1. Для исследования трехфазной цепи типа "звезда" собрать цепь по схеме рис. 33,а ($R_4=0,999 \text{ кОм}$).

2. Подключить к цепи рис.35,а источник трехфазного напряжения, собранный по схеме "звезда". При этом три клеммы на панели блока трехфазного напряжения, обозначенные звездочкой, соединить между собой и подключить к точке 0 исследуемой цепи.

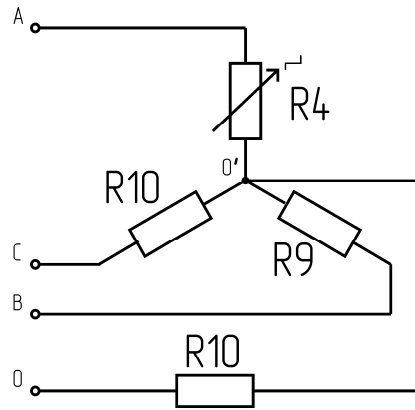


Рис.35,а

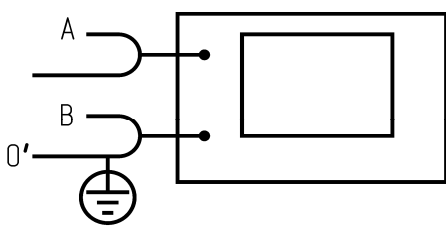


Рис.35,б

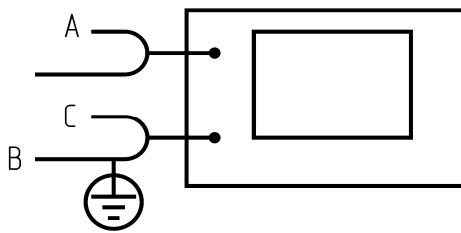


Рис.35,в

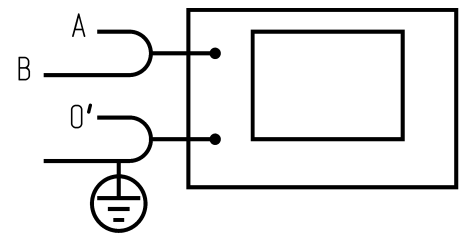


Рис.35,г

3. Установить фазные напряжения: $U_A=30$ В, $U_B=30$ В, $U_C=30$ В. Измерить линейные напряжения U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} и напряжение U_{I9} на резисторе R_{I9} . Результаты записать в табл.20.

Таблица 20

Схема соединения «Звезда»	$U_{AB}, В$	$U_{BC}, В$	$U_{CA}, В$	$I_A, А$	$I_B, А$	$I_C, А$	$I_0, А$
$R_4=1$ кОм							
$R_4=500$ Ом							

4. Измерить угол сдвига фаз между напряжениями U_A и U_B подключив к цепи рис.35,а осциллограф согласно схеме рис.35,б. Подключая осциллограф к цепи, измерить углы сдвига фаз между напряжениями U_B и U_C , U_C и U_A . Зарисовать кривые напряжений.

Измерить угол сдвига фаз между линейными напряжениями U_{AB} и U_{BC} . Для этого подключить к цепи рис.35,а осциллограф согласно схеме рис.35,в, выдвинув шток фазового сдвига. Подключая осциллограф к цепи, определить углы сдвига фаз между линейными напряжениями: U_{BC} и U_{CA} , U_{AB} и U_{CA} .

Измерить угол сдвига фаз между линейным напряжением U_{AB} и фазным напряжением U_A . Для этого подключить осциллограф согласно схеме рис.35,г. Результаты измерений записать в отчет.

5. Для исследования несимметричного режима работы цепи установить $R_4=500$ Ом и повторить п.3

6. Для исследования трехфазной цепи типа «Треугольник» собрать цепь по схеме рис.36,а, установив $R_4=999$ Ом, и подключить источник трехфазного напряжения, собранный по схеме «звезда».

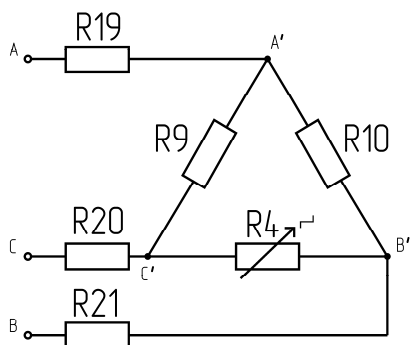


Рис.36,а

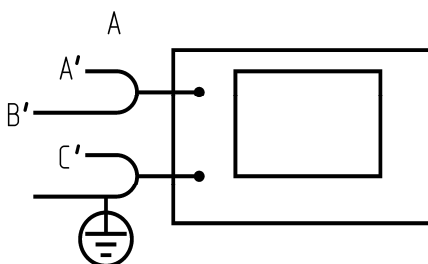


Рис.36,б.

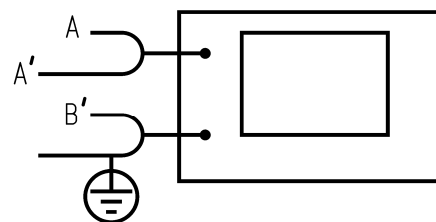


Рис.36,в

7. Установить линейные напряжения $U_{A'B'}=30$ В, $U_{B'C'}=30$ В, $U_{C'A'}=30$ В. Измерить напряжения U_{19} , U_{20} , U_{21} на резисторах R_{19} , R_{20} и R_{21} . Результаты записать в табл. 21.

Т а б л и ц а 2 1

Схема соединения «Треугольник»	I_A, A	I_B, A	I_C, A	$I_{A'B'}, A$	$I_{B'C'}, A$	$I_{C'A'}, A$
$R_4=999 \text{ Ом}$						
$R_4=500 \text{ Ом}$						

8. Измерить угол сдвига фаз между линейными напряжениями $u_{A'B'}$ и $u_{B'C'}$. Для этого подключить осциллограф по схеме рис. 36,б. Шток фазового сдвига выдвинут. Определить угол сдвига фаз между фазным током $i_{A'B'}$ и линейным током $i_{AA'}$. Для этого подключить осциллограф по схеме рис. 36,в. Результаты измерений записать в отчет.

9. Установить $R_4=500$ Ом и измерить напряжения U_{19} , U_{20} , U_{21} .

10"Д". Собрать исследуемую цепь по схеме рис.37. ($R_3=700$ Ом, $C_4=4,4$ мкФ).

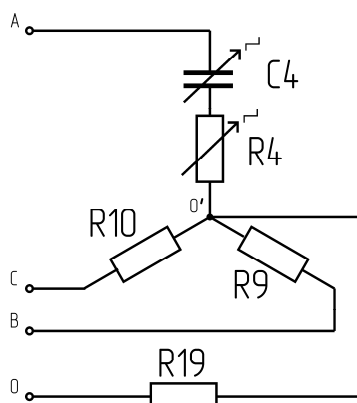


Рис.37

11"Д". Установить фазные напряжения $U_A=30$ В, $U_B=30$ В, $U_C=30$ В. С помощью осциллографа определить углы сдвига фаз между токами I_A , I_B , I_C : $\angle I_A I_B$, $\angle I_B I_C$, $\angle I_C I_A$.

Расчетная часть

1. Для цепи рис.35,а рассчитать действующие значения линейных напряжений U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} и фазных токов I_A , I_B , I_C , а также ток в нейтральном проводе для $R_4=999$ Ом и $R_4=500$ Ом. Для симметричной и несимметричной цепей вычислить мощность. Построить векторную диаграмму напряжений и токов для симметричной цепи. Сравнить результаты расчета с результатами измерений.

2. Для цепи рис.36,а рассчитать действующие значения фазных и линейных токов: $I_A, I_B, I_C; I_{A'B'}, I_{B'C'}, I_{C'A'}$ для $R_4=999$ Ом и $R_4=500$ Ом. Для симметричной и несимметричной цепей вычислить мощность. Сравнить результаты расчета с результатами измерений. Построить векторную диаграмму напряжений и токов для симметричной цепи.

3. Д" Для цепи рис.37 рассчитать углы сдвига фаз между фазными токами I_A, I_B, I_C . Построить векторную диаграмму напряжений и токов; вычислить полную, активную и реактивную мощности.

Работа 13. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПАССИВНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА

Цель работы - определение параметров четырехполосника; проверка свойства обратимости. Исследование режима работы нагруженного четырехполосника.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Пассивный четырехполосник (ПЧ) в виде "черного ящика" с двумя парами выводов, обозначенных 1-1' и 2-2'; генератор сигналов низкочастотный (ГСН); двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1. Для исследования режима холостого хода четырехполосника при прямой передаче энергии собрать цепь по схеме рис.38,а.

2. Подключить к выводам 1-3 цепи рис.38,а генератор, настроенный на частоту $f=2000$ Гц; к выводам 1-1' подключить цифровой вольтметр. Вращением ручки генератора "регулировка вых." установить напряжение на входе четырехполосника (выводы 1-1') $U_1=10$ В.

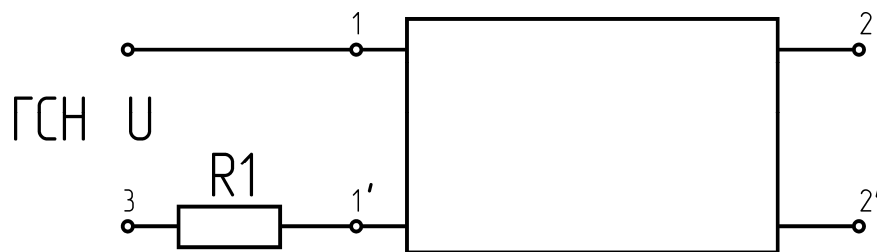


Рис.38,а

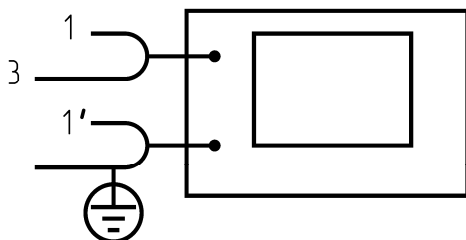


Рис.38,б

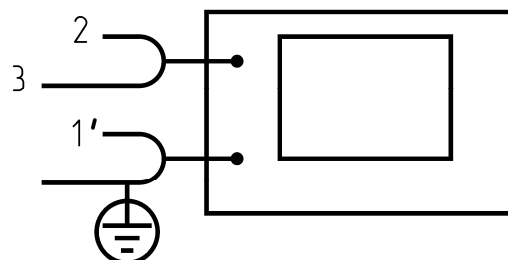


Рис.38,в

3. Измерить напряжение U_{R1} на резисторе R_1 и напряжение U_2 : между выводами 2-2'. Результаты записать в табл.21.

4. Определить угол сдвига фаз φ_1 между напряжением u_1 и током i_1 ; угол φ_2 -

между напряжением u_2 и током i_1 . Для измерения φ_1 и φ_2 подключить к цепи рис. 38,а осциллограф по схемам рис.38,б и рис.38,в соответственно. Результаты записать в табл.22

Таблица 22

Режим ПЧ	Результаты измерений и вычислений						
	$U_1, В$	$U_{R1}, В$	$U_2, В$	$\varphi_1, град.$	$\varphi_2, град.$	$I_1, А$	$Z_{ВХ}, Ом$
Холостой ход							$Z_{1XX} =$
Короткое замыкание			-----		-----		$Z_{1КЗ} =$

5.Для исследования режима короткого замыкания четырехполюсника соединить проводником (закоротить) выходы 2-2' и повторить пп.2-4, исключив из п.3 измерение напряжения U_2 , а из п.4-измерение угла φ_2 . Результаты записать в табл.22.

6.Для исследования четырехполюсника при обратной передаче энергии собрать цепь по схеме рис.39,а.

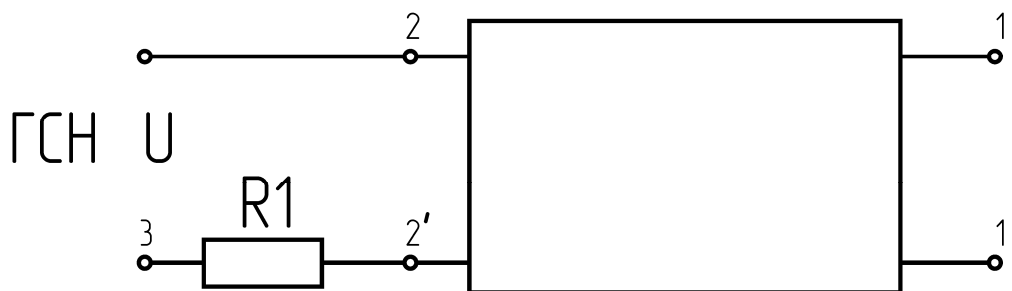


Рис.39,а

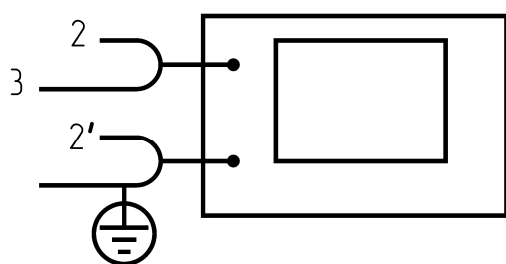


Рис.39,б

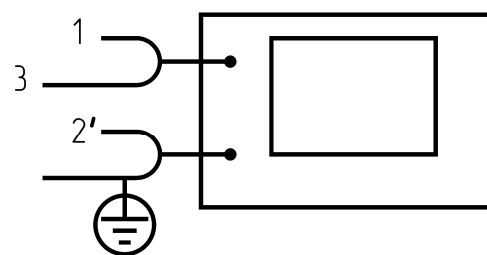


Рис.39,в

7.Подключить к выводам 2-3 цепи рис.39,а генератор, настроенный на частоту $f=2000$ Гц; а к выводам 2-2' подключить цифровой вольтметр. Вращением ручки генератора "регулировка вых." установить напряжение $U_2=10$ В

8.Измерить U_{R1} на сопротивлении R_1 и U_1 на выводах 1-1'. Результаты записать в табл.23.Измерить углы φ_2' и φ_1' , подключив к исследуемому четырехполюснику осциллограф по схемам рис.39,б и рис.39,в. Результаты записать в табл. 23.

Режим ПЧ	Результаты измерений и вычислений						
	$U_2, В$	$U_{R1}, В$	$U_1, В$	$\varphi_1, град.$	$\varphi_2, град.$	$I_1, А$	$Z_{BX}, Ом$
Холостой ход							$Z_{2XX} =$
Короткое замыкание			-----	-----			$Z_{2K3} =$

9. Соединить проводником (закоротить) выводы четырехполюсника 1-1' и повторить пп.7,8, исключив из п.7 измерение напряжения U_1 , а из п.8 - измерение φ_1' . Результаты записать в табл.23.

10. Используя результаты измерений пп.2-9, вычислить характеристические сопротивления четырехполюсника в комплексной форме Z_{1c} и Z_{2c} .

11. Для исследования нагруженного четырехполюсника собрать цепь по схеме рис.40,а. В цепи рис.40,а установить сопротивление нагрузки, равное характеристическому сопротивлению $Z_H = Z_{2c}$. Установить напряжение $U_1 = 10 В$ на выводах четырехполюсника 1-1'.

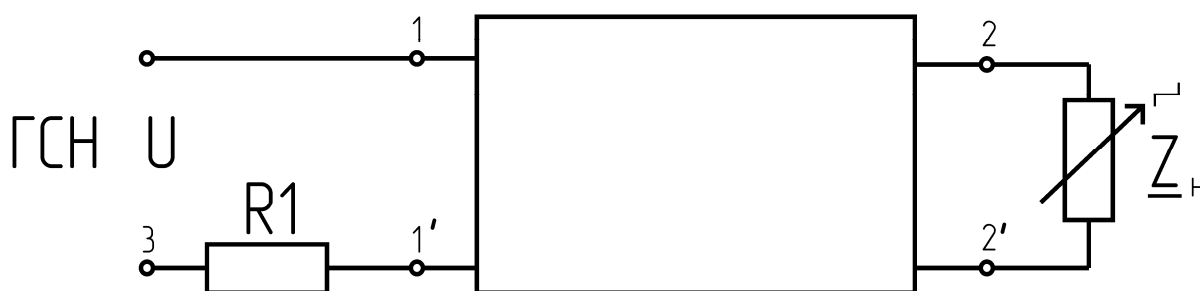


Рис.40,а

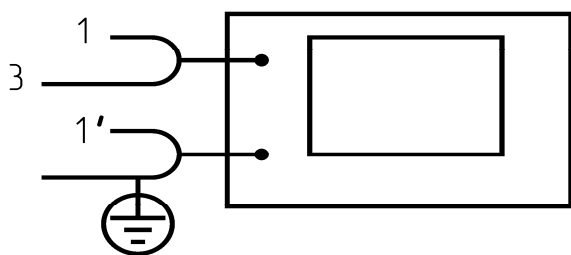


Рис.40,б

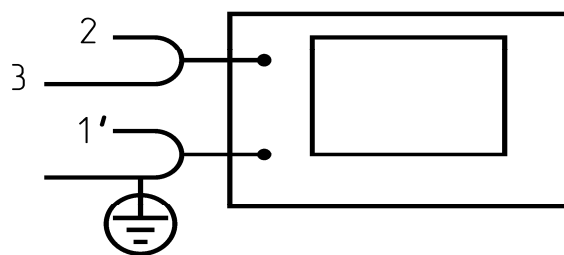


Рис.40,в

12. Измерить U_{R1} на резисторе R_1 и U_2 на нагрузке. Определить углы сдвига фаз φ_1 и φ_2 , подключив к цепи рис.40,а осциллограф по схемам рис.40,б и рис.40,в. Результаты записать в табл.23.

13. "Д" Изменяя полное сопротивление нагрузки Z_H в от $0,25Z_{2c}$ до $2Z_{2c}$ с интервалом $0,25Z_{2c}$, повторить для каждого значения Z_H п.12. Результаты записать в табл.24.

Сопротивление нагрузки	Результаты измерений и вычислений									
	$U_1, В$	$U_{R1}, В$	$U_2, В$	φ°_1	φ°_2	$I_1, А$	$I_2, А$	$Z_{lвх}, Ом$	$A, дБ$	$A, нп$
$Z_H = 0,25Z_{2c}$										
$Z_H = 0,5Z_{2c}$										
$Z_H = 0,75Z_{2c}$										
$Z_H = Z_{2c}$										
$Z_H = 1,25Z_{2c}$										
$Z_H = 1,5Z_{2c}$										
$Z_H = 1,75Z_{2c}$										
$Z_H = 2Z_{2c}$										

Расчетная часть

1. Используя результаты измерений пп.2-9 экспериментальной части, вычислить коэффициенты в форме \underline{A} и \underline{Z} . Записать уравнения четырехполюсника с коэффициентами в форме \underline{A} и \underline{Z} . Проверить выполнение теоремы обратимости для исследуемого четырехполюсника. Вычислить постоянную передачи $\underline{\Gamma}$.

2. Используя результаты измерений п.12 экспериментальной части, вычислить:

2.1. входное сопротивление четырехполюсника $Z_{lвх}$ относительно выводов 1-1' и сравнить его с характеристическим сопротивлением Z_{1C} ;

2.2. постоянную ослабления A (в неперах и децибелах) и постоянную фазы B (в радианах и градусах) четырехполюсника при $Z_H = Z_{2C}$. Сравнить полученные значения A и B с вещественной и мнимой частями постоянной передачи $\underline{\Gamma}$, вычисленной в п.1 расчетной части. Результаты записать в табл.24.

3"Д". Используя результаты измерений п.13"Д" экспериментальной части, рассчитать для каждого значения полного сопротивления нагрузки Z_H постоянную ослабления четырехполюсника (в неперах и децибелах). Результаты записать в табл.24.

4"Д". Построить кривую, выражающую зависимость величины ослабления четырехполюсника от полного сопротивления нагрузки.

Р а б о т а 14. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В R,L - ЦЕПЯХ

Цель работы - исследование переходных процессов в R,L - цепях первого порядка; определение влияния величин элементов цепи на длительность переходных процессов.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы $R_9=1$ кОм, $R_{10}=1$ кОм; катушки индуктивности L_1, L_2 с активными сопротивлениями R_{K1} и R_{K2} (значения индуктивностей и активных сопротивлений катушек указаны на стенде); источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=0-24$ В и внутренним сопротивлением $R_{вт}=2$ Ом; электронный ключ с частотой переключения

$f=50$ Гц; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; резистор

$R_2=50$ Ом; двухканальный осциллограф.

Для обеспечения работы ключа с частотой $f=50$ Гц тумблер "синхронизация" должен находиться в положении "внутр".

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1. Собрать цепь генератора прямоугольных импульсов (ГПИ) (рис.41), установив предварительно напряжение источника постоянного напряжения $U=10$ В.

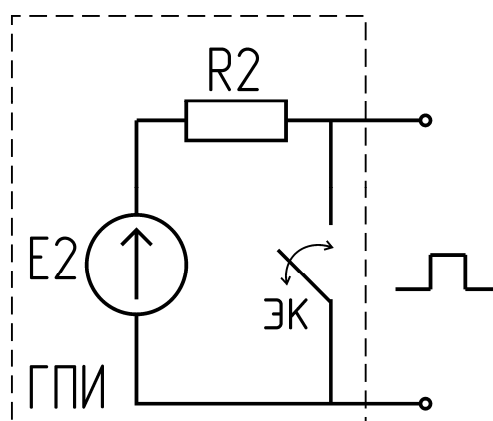


Рис.41

2. Подключить один из каналов осциллографа к выходу ГПИ и зарисовать с экрана прямоугольные импульсы.

3. Для исследования переходных процессов в цепи при последовательном соединении элементов R, L собрать цепь по схеме рис.42,а, предварительно рассчитав значение сопротивления R_4 , при котором постоянная времени переходного процесса $\tau=1$ мс.

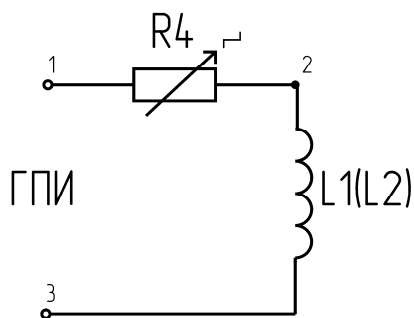


Рис.42,а

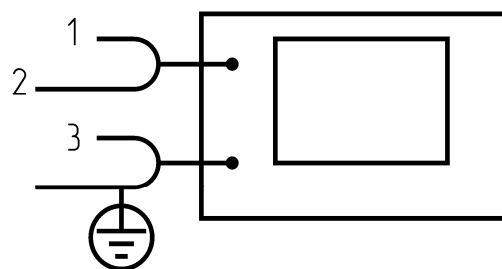


Рис.42,б

4. Подключить к исследуемой цепи осциллограф по схеме рис.42,б и зарисовать с экрана кривые изменения напряжений u_{12} и u_{23} . Шток фазового сдвига выдвинут.

5. Рассчитать и установить в цепи рис.42,а такое значение R_4 , при котором постоянная времени переходного процесса $\tau=2$ мс. Повторить п.4.

6. Заменить в цепи рис.42,а катушку индуктивности L_1 катушкой L_2 и установив $R_4=1$ кОм, повторить п.4.

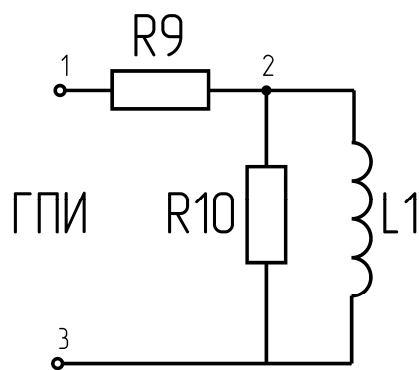


Рис.43

7. Для исследования переходных процессов в цепи при смешанном соединении элементов R, L собрать цепь по схеме рис.43 и повторить п.4.

8. Собрать цепь по схеме рис.44,а, установив $E_2=10$ В). Подключить к цепи осциллограф по схеме рис.44,б. Зарисовать с экрана кривые изменения напряжения u_{12} и u_{23} . Шток фазового сдвига в исходном положении.

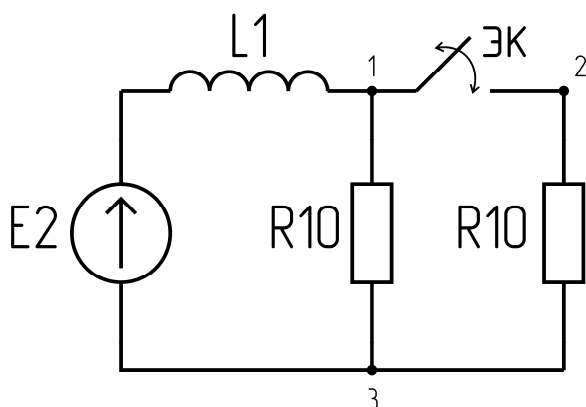


Рис.44,а

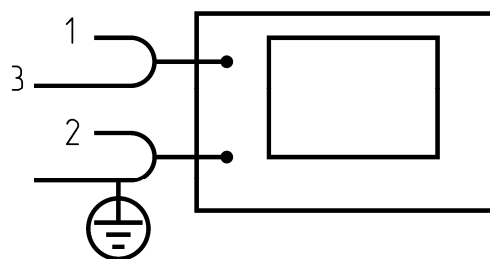


Рис.44,б

Расчетная часть

1. Для цепи рис.42,а с элементами $L_2, R_f=1$ кОм аналитически и по экспериментальным кривым переходных процессов определить:

1.1. постоянную времени переходного процесса;

1.2. независимые и зависимые начальные условия для моментов замыкания и размыкания электронного ключа;

1.3. установившиеся значения токов и напряжений. Сравнить для двух положений электронного ключа аналитические и экспериментальные результаты.

2. Для цепи рис.43,а повторить расчеты пп.1.1., 1.2. и 1.3.

3. Для схемы цепи рис.44,а классическим методом определить закон изменения тока в сопротивлении R_9 для двух положений электронного ключа. Построить кривую, изображающую закон изменения тока во времени, и сравнить ее с экспериментальной кривой, зарисованной с экрана осциллографа.

Работа 15. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В R,C ЦЕПЯХ

Цель работы - исследование переходных процессов в R,C - цепях первого порядка; определение влияния величин элементов цепи на длительность переходных процессов.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы $R_9=1$ кОм, $R_{10}=1$ кОм; конденсатор $C_{15}=1$ мкФ; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=0-24$ В и внутренним сопротивлением $R_{em}=2$ Ом; электронный ключ с частотой переключения $f=50$ Гц; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; блок переменной емкости $C_4=0,01-9,99$ мкФ; резистор $R_2=50$ Ом; двухканальный осциллограф.

Для обеспечения работы ключа с частотой $f=50$ Гц тумблер "синхронизация" должен находиться в положении "внутр".

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1.Собрать цепь генератора прямоугольных импульсов (ГПИ) рис.45, установив предварительно напряжение источника $U=10$ В.

2.Подключить один из каналов осциллографа к выходу ГПИ и зарисовать с экрана прямоугольные импульсы.

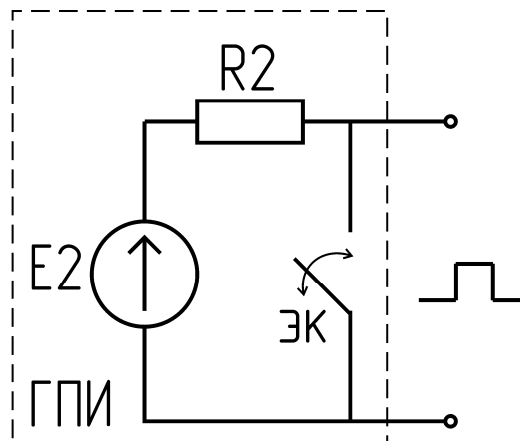


Рис.45

3.Для исследования переходных процессов в цепи при последовательном соединении элементов R,C собрать цепь по схеме рис.46,а, установив $C_4=1$ мкФ, $R_4=1$ кОм.

4.Подключить к цепи рис.46,а осциллограф по схеме рис.46,б. Зарисовать с экрана кривые изменения напряжений u_{12} и u_{23} . Шток фазового сдвига выдвинут.

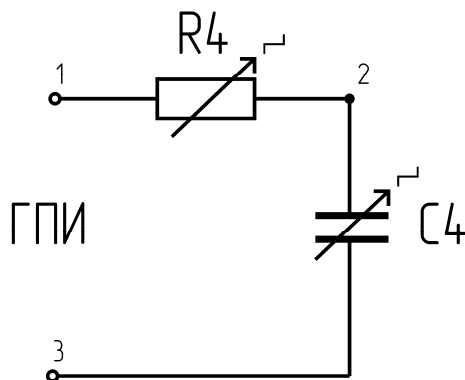


Рис.46,а

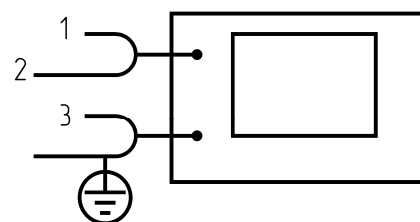


Рис.46,б

5. В цепи рис.46,а изменить значения R_4 и C_4 таким образом, чтобы постоянная времени переходного процесса τ :

- 5.1. не изменилась;
- 5.2. увеличилась в два раза;
- 5.3.) уменьшилась в два раза.

Для каждого случая повторить п.4.

6. Для исследования переходных процессов в цепи при смешанном соединении элементов R_4, C_4 собрать цепь по схеме рис.47, установив $C_4=1$ мкФ, $R_4=1$ кОм, и повторить п.4.

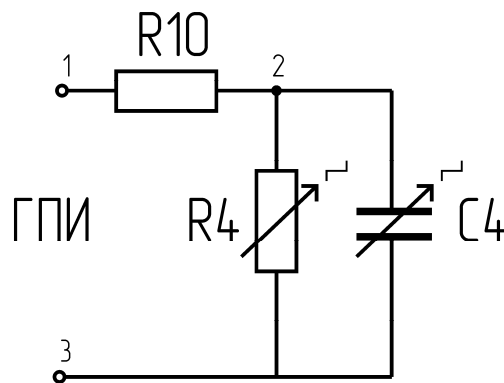


Рис.47

7. Рассчитать и установить в цепи рис.47 такое значение R_4 , при котором установившееся значение напряжения на емкости $C_4=1$ мкФ удовлетворяет условию $U_4=1/3E_m$, где $E_m=10$ В - амплитудное значение прямоугольного импульса. Повторить п.4.

7. Собрать цепь по схеме рис.48,а, установив $E_2=10$ В. Подключить к цепи

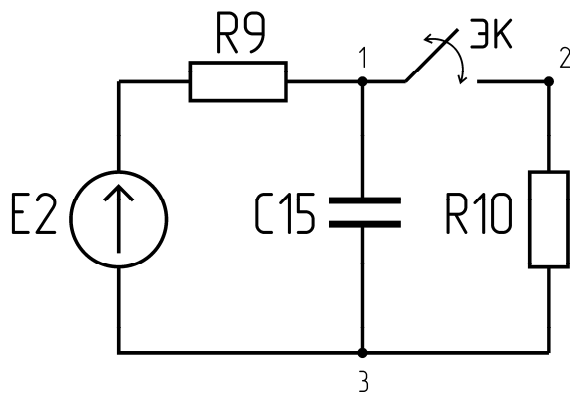


Рис.48,а

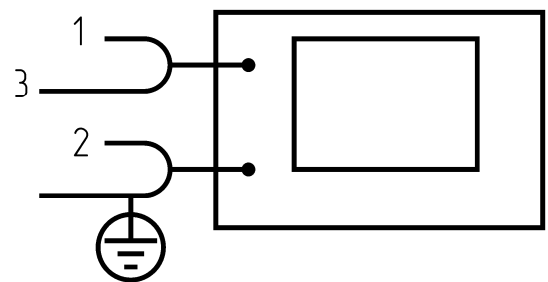


рис.48,б

осциллограф по схеме рис.48,б. Шток фазового сдвига в исходном положении. Зарисовать с экрана кривые изменения напряжений u_{13} и u_{23} .

Расчетная часть

1. Для цепи рис.46,а со значениями элементов, указанными в п.3, аналитически и по экспериментальным кривым переходных процессов определить:

- 1.1. постоянную времени переходного процесса;

1.2. независимые и зависимые начальные условия для моментов замыкания и размыкания электронного ключа;

1.3. установившиеся значения напряжений и токов для двух положений электронного ключа.

2. Для цепи рис.48,а классическим методом определить закон изменения напряжения на емкости u_C для двух положений электронного ключа. Построить кривую, изображающую закон изменения напряжения u_C во времени, и сравнить ее с экспериментальной кривой, снятой с экрана осциллографа.

Работа 16. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕПЯХ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ И СМЕШАННОМ СОЕДИНЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ R, L, C

Цель работы - исследование переходных процессов при последовательном и смешанном соединениях R, L, C ; определение влияния значений элементов цепи на характер переходных процессов.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=0-24$ В с внутренним сопротивлением $R_{em}=2$ Ом; электронный ключ с частотой коммутации $f=50$ Гц; резистор $R_2 =50$ Ом; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; блок переменной индуктивности $L_4=0,1-99,9$ мГн; блок переменной емкости $C_4=0,01-9,99$ мкФ; катушка индуктивности L_1 с активным сопротивлением R_{K1} (значения индуктивности и активного сопротивления катушек указаны на стенде); двухканальный осциллограф.

Для обеспечения работы ключа с частотой $f=50$ Гц тумблер "синхронизация" необходимо переключить в положение "внутр."

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1. Собрать цепь генератора прямоугольных импульсов (ГПИ), как указано на рис.49, предварительно установив выходное напряжение источника $U=10$ В.

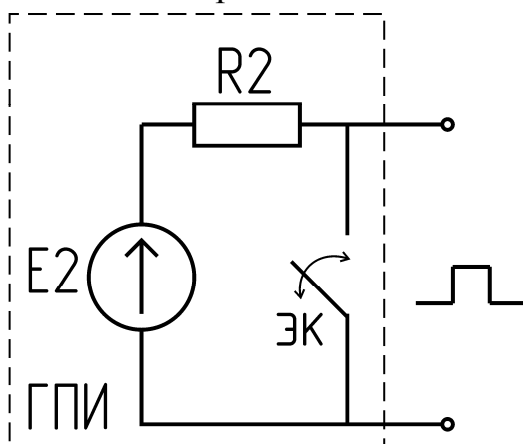


Рис.49

2. Подключить один из каналов осциллографа к выходным клеммам ГПИ и зарисовать с экрана прямоугольные импульсы.

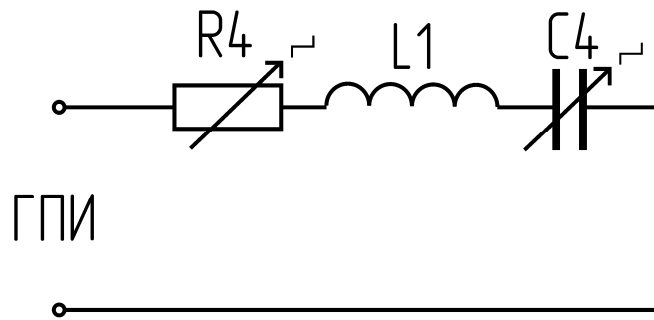


Рис.50

3. Для исследования переходных процессов в цепи при последовательном соединении элементов R, L, C собрать цепь по схеме рис.50 предварительно установив $R_4=999$ Ом, $C_4=5$ мкФ.

4. Подключить один из каналов осциллографа поочередно параллельно R_4, L_1 и C_4 и зарисовать с экрана кривые изменения напряжений u_R, u_L, u_C .

5. Установить $R_4=500$ Ом, $C_4=0,5$ мкФ. Зарисовать с экрана осциллографа кривые изменения напряжений u_R, u_L, u_C .

6. Установить $R_4=100$ Ом; $C_4=0,1$ мкФ. Зарисовать с экрана осциллографа кривые изменения напряжений u_R, u_L, u_C .

7. Определить расчетным путем значения R_4 и C_4 , для которых в цепи рис.50 имеет место критический случай переходного процесса. Установить с помощью переключателей полученные значения R_4 и C_4 . Повторить п.4.

8. Для исследования переходных процессов в цепи со смешанным соединением R, L, C собрать цепь по схеме рис.51, установив предварительно значения элементов $R_4=1$ кОм, $C_4=1$ мкФ, $L_4=0,1$ Гн. Повторить п.4.

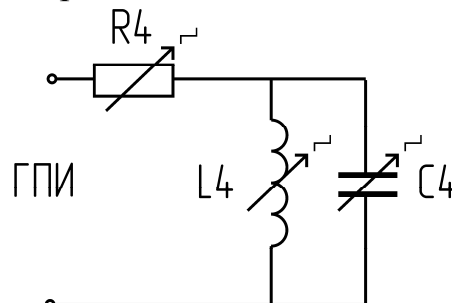


Рис.51

9"Д". Приняв $L_4=0,1$ Гн, рассчитать такие значения R_4 и C_4 , при которых переходные процессы в цепи рис.51 будут апериодическими. Экспериментально проверить правильность расчета. Расчетные величины R_4 и C_4 не должны превышать максимальных значений, указанных в разделе "Элементы и приборы".

Расчетная часть

1. Используя результаты измерений пп.5,6 экспериментальной части, определить по графикам переходных процессов периоды свободных колебаний.

2. Рассчитать аналитически периоды свободных колебаний для переходных процессов в цепи рис.50 для значений элементов R_4 и C_4 пп.5,6 экспериментальной части. Сравнить полученные расчетные значения $T_{св}$ с экспериментальными, определенными в п.1 расчетной части.

3."Д" Для цепи рис.51 со значениями элементов, определенными в п.9"Д", полагая, что начальный момент времени $t=0$ соответствует моменту появления

прямоугольного импульса на входе цепи, классическим методом рассчитать законы изменения тока в катушке индуктивности L_4 , напряжения на конденсаторе C_4 и тока в резисторе R_4 .

Работа 17. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕЛЯХ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Цель работы - исследование переходных процессов в цепях второго порядка, структура которых вследствие коммутации периодически изменяется; определение влияния элементов цепи на характер переходных процессов.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы: $R_2=50$ Ом, $R_3=100$ Ом, $R_6=300$ Ом; катушка индуктивности L_1 с активным сопротивлением R_{kl} (значения индуктивности и активного сопротивления катушки указаны на стенде); конденсатор $C_4=1$ мкФ, источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=0-24$ В и внутренним сопротивлением $R_{em}=2$ Ом; электронный ключ с частотой переключения $f=50$ Гц; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; двухканальный осциллограф.

Для обеспечения работы ключа с частотой $f=50$ Гц тумблер "синхронизация" должен находиться в положении "внутр."

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1. Исследовать переходные процессы в цепи, структура которой изменяется в зависимости от положения электронного ключа (ЭК).

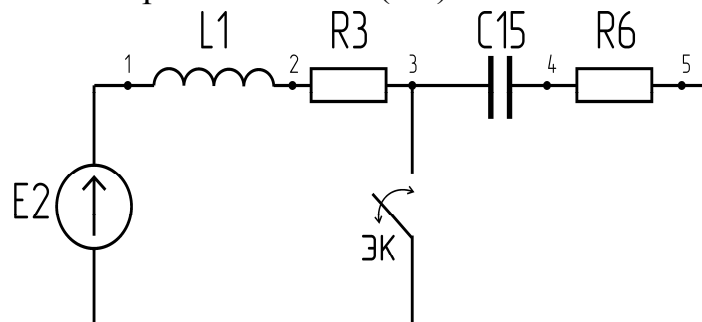


Рис.52,а

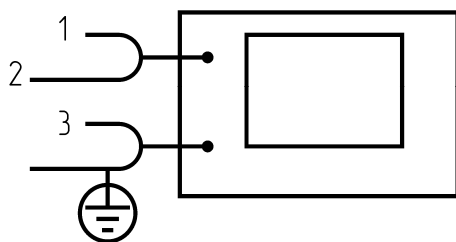


Рис.52,б

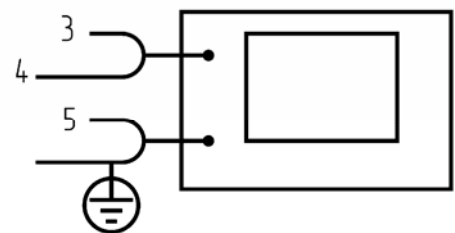


Рис.52,в

Для этого:

1.1. собрать цепь по схеме рис.52,а, установив $E_2 = 10$ В;

- 1.2. подключить к цепи осциллограф согласно схеме рис.52,б и зарисовать с экрана осциллографа кривые напряжения u_R и u_L (шток фазового сдвига выдвинут);
- 1.3. подключить к цепи осциллограф по схеме рис.52,в и зарисовать с экрана кривые напряжения u_{R6} и u_C .
- 2.Собрать цепь по схеме рис.53 ($R_4=100$ Ом, $E_2=10$ В.)
- Подключить один из каналов осциллографа параллельно конденсатору C_{15} , затем

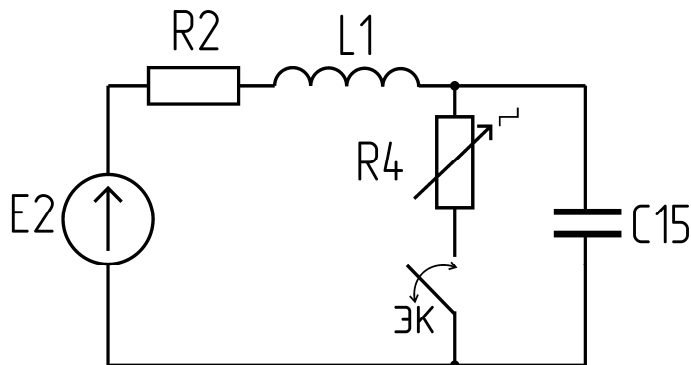


Рис.53

резистору R_2 . Зарисовать кривые изменения напряжений u_C и u_{R2} для двух положений электронного ключа.

3.Для схемы рис.53 рассчитать такое значение сопротивления R_4 , при котором при размыкании и замыкании ключа переходные процессы имеют колебательный характер.

4.Установить расчетное значение сопротивления R_4 и повторить п.2.

Расчетная часть

1.Объяснить вид переходных процессов в цепи рис.52,а. Рассчитать постоянные времени переходных процессов в цепи при замыкании и размыкании электронного ключа.

2.Объяснить вид переходных процессов в цепи рис.53 - тока в катушке индуктивности и напряжения на конденсаторе для двух положений ключа. Рассчитать постоянные времени переходных процессов при замыкании и размыкании электронного ключа.

3.Для схемы рис.53, при замкнутом ключе, нарисовать операторную схему замещения. Составить систему уравнений в операторной форме.

4"Д". Операторным методом найти закон изменения тока в катушке индуктивности i_{L1} и напряжения на конденсаторе u_C при замкнутом ключе для значения $R_4=100$ Ом и значения R_4 , определенного в п.3 экспериментальной части.

5"Д". Построить кривые, графически выражающие закон изменения i_L и u_C в функции времени, и сравнить их с экспериментальными кривыми переходных процессов, зарисованными с экрана осциллографа.

Р а б о т а 19. НЕЛИНЕЙНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы - исследование электрических цепей постоянного тока с безынерционными нелинейными двухполосниками с помощью вольтамперных характеристик (ВАХ); определение статических и дифференциальных сопротивлений; экспериментальная проверка метода пересечений и метода эквивалентных характеристик при последовательном соединении.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Нелинейные двухполюсники НД₁(14), НД₂(23), НД₃(08); резистор $R_{10}=1$ кОм, источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=0-24$ В; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; цифровой вольтметр, генератор сигналов низкочастотный (ГСН).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1. Для определения вольтамперных характеристик нелинейных двухполюсников собрать цепь по схеме рис.54., включив в цепь нелинейный двухполюсник НД1.
2. Подключить к цепи осциллограф в режиме X-Y по схеме рис.55, имея в виду,

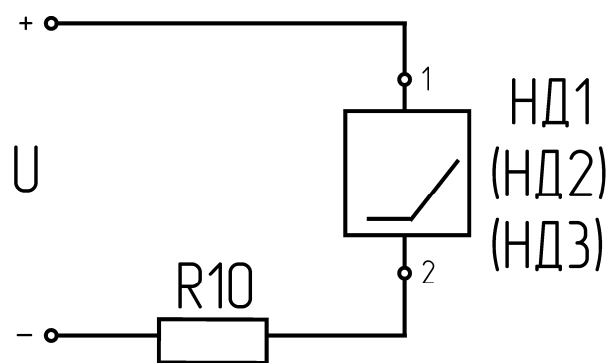


Рис.54

что I канал (канал X) измеряет напряжение U_{12} на нелинейном двухполюснике, а II канал (канал Y) измеряет напряжение U_{23} на сопротивлении R_{10} (т.е. ток в нелинейном двухполюснике). Шток фазового сдвига выдвинут

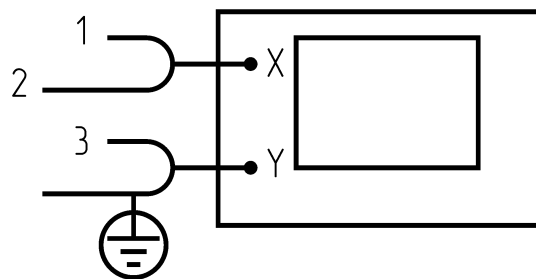


Рис.55

3. Установить чувствительность I канала (канал X) - 10 В/дел., а II канала (канал Y), с учетом величины сопротивления $R_{10}=1$ кОм, - 5 мА/дел.
4. Подключить ко входу цепи рис.54 генератор сигналов низкочастотный (ГСН), установив частоту $f=40$ Гц, и цифровой вольтметр. При отсутствии входного напряжения луч осциллографа должен находиться в центре экрана.
5. Вращением ручки генератора "регулировка вых." увеличивать напряжение на входе примерно до 30 В с целью эффективного использования экрана осциллографа, наблюдая при этом ВАХ нелинейного двухполюсника.
6. Заменить нелинейный двухполюсник НД1 двухполюсником НД2. Повторить пп.2-5.
7. Заменить нелинейный двухполюсник НД2 двухполюсником НД3. Повторить пп.2-5.

8. Зарисовать с экрана осциллографа вольтамперные характеристики для трех нелинейных двухполюсников, разместив их на одном чертеже.

9. Собрать цепь по схеме рис.56

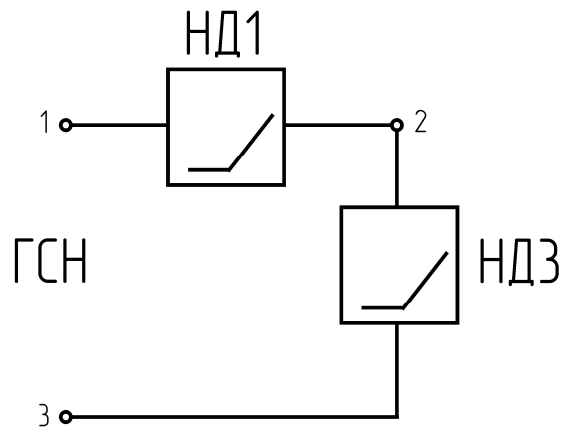


Рис.56

10. Повторив пп.2-5 зарисовать эквивалентную ВАХ последовательного соединения двух нелинейных двухполюсников.

11. Собрать цепь по схеме рис.57

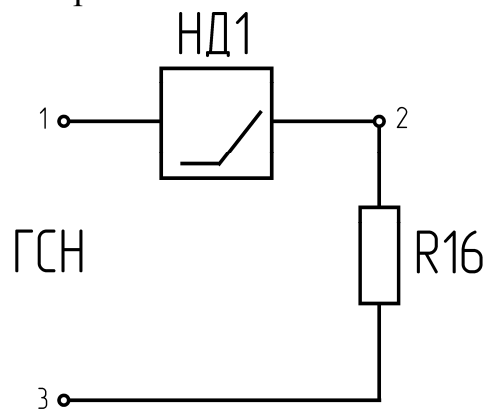


Рис.57

11. Повторив пп.2-5 зарисовать эквивалентную ВАХ последовательного соединения линейного сопротивления и нелинейного двухполюсника.

Расчетная часть

1. По графикам вольтамперных характеристик нелинейных двухполюсников HD1, HD2, HD3 (п.8), графически определить статические и дифференциальные сопротивления для нескольких точек каждой вольтамперной характеристики (для прямой обратной ветвей характеристик).

2. Используя вольтамперные характеристики HD1 и HD3 (п.8), построить расчетную эквивалентную характеристику последовательного соединения нелинейных двухполюсников HD1 и HD3 и сравнить ее с экспериментальной (п.10).

3. Для цепи рис.57 при входном напряжении $U_{BX}=20$ В методом пересечений графически определить ток в цепи, падение напряжения на HD1 и падение напряжения на сопротивлении R_{16} . Результаты, полученные методом пересечений, сравнить с результатами, полученными с помощью эквивалентной ВАХ (п.11).

Работа 20. РАЗВЕТВЛЕННЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЛИНЕЙНЫМИ ДВУХПОЛЮСНИКАМИ

Цель работы - экспериментальная проверка метода эквивалентных характеристик при параллельном соединении нелинейных двухполосников; исследование разветвленных цепей постоянного тока с одним нелинейным двухполосником с применением метода эквивалентного источника напряжения.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Нелинейные двухполосники НД1(14) и НД3(8); резисторы $R_{10}=1$ кОм, $R_{16}=4$ кОм; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=0-24$ В; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; цифровой вольтметр, генератор сигналов низкочастотный (ГСН).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Экспериментальная часть

1.Собрать цепь по схеме рис.58.

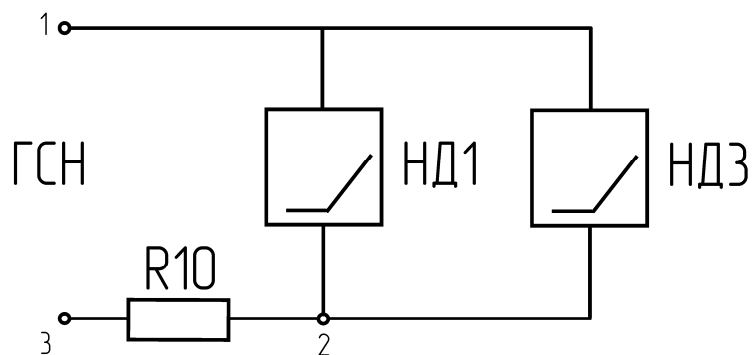


Рис.58

2.Подключить к цепи осциллограф в режиме X-Y по схеме рис.59, имея в виду, что I канал (канал X) измеряет напряжение U_{12} на нелинейных двухполосниках, а II канал (канал Y) измеряет напряжение U_{23} на сопротивлении R_{10} (т.е. ток в неразветвленной части цепи). Шток фазового сдвига выдвинут.

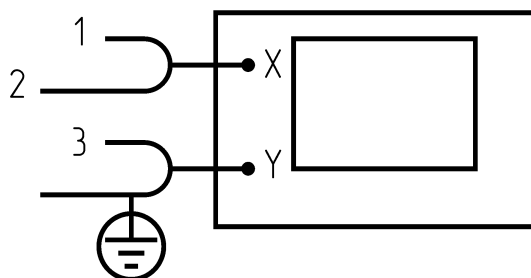


Рис.59

3.Установить чувствительность I канала (канал X)-10В/дел., а II канала (канал Y), с учетом величины сопротивления $R_{10}=1$ кОм, -5мА/дел.

4.Подключить ко входу цепи рис.58 генератор сигналов низкочастотный (ГСН), установив частоту $f=40$ Гц, и цифровой вольтметр. При отсутствии входного напряжения луч осциллографа должен находиться в центре экрана.

5.Вращением ручки генератора "регулировка вых." увеличивать напряжение на входе

примерно до 30 В с целью эффективного использования экрана осциллографа и зарисовать эквивалентную ВАХ параллельного соединения НД1 И НД3.

6. Собрать цепь по схеме рис.60

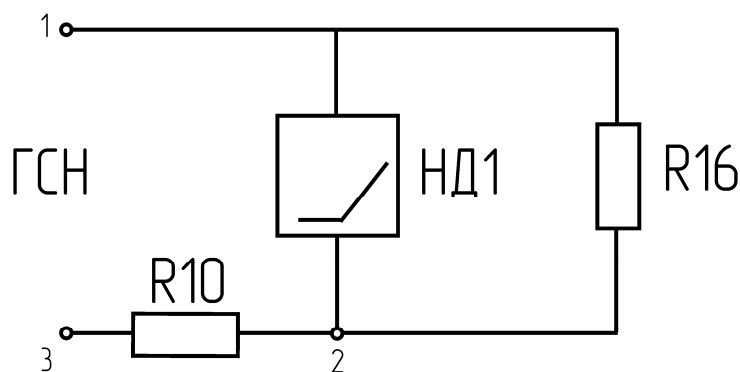


Рис.60

7.Повторив пп.2-5 зарисовать эквивалентную ВАХ параллельного соединения линейного сопротивления и нелинейного двухполюсника.

8.Собрать цепь по схеме рис.61 с нелинейным двухполюсником НД1 (или НД3).

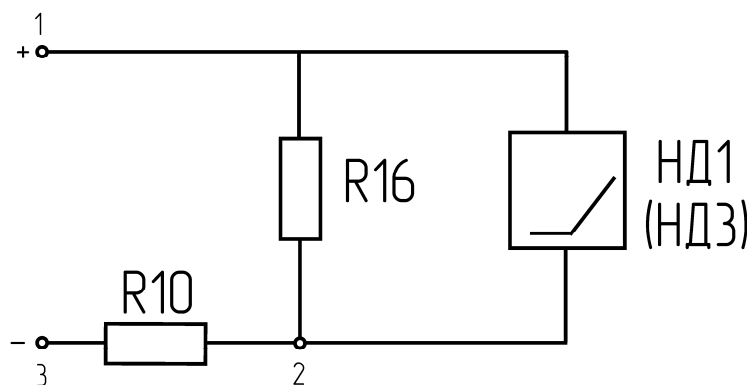


Рис.61

9.Подключить к схеме рис.61 источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 и с помощью цифрового вольтметра установить значение входного напряжения $U_{ВХ}=20$ В.

10.Измерить падения напряжения U_{12} на параллельном соединении R_{16} и НД и падение напряжения U_{23} на сопротивлении R_{10} . По закону Ома рассчитать ток в неразветвленной части цепи.

11.Для проверки возможности применения метода эквивалентного генератора провести опыты холостого хода и короткого замыкания в ветви с нелинейным двухполюсником. Для этого:

11.1. разомкнуть ветвь с нелинейным двухполюсником и измерить напряжение холостого хода $U_{12ХХ}$;

11.2 закоротить ветвь с нелинейным двухполюсником и измерить напряжение $U_{10КЗ}$. Ток короткого замыкания $I_{КЗ}$ вычислить по закону Ома; По известному

соотношению $R_{\mathcal{E}} = U_{12XX} / I_{K3}$ определить величину сопротивление эквивалентного генератора.

12. Собрать цепь по схеме рис.62.

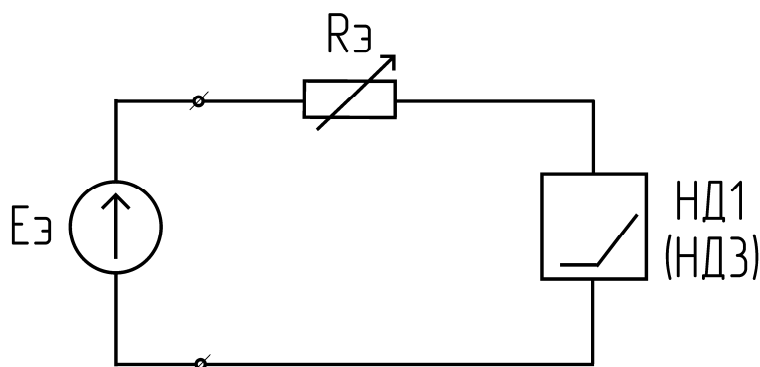


Рис.62

Установить с помощью источника постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 величину $E_{\mathcal{E}} = U_{12XX}$, а с помощью блока переменного сопротивления $R_4 = 1-999$ Ом величину сопротивление эквивалентного генератора $R_{\mathcal{E}}$.

13. В цепи (рис.62) измерить падения напряжения на сопротивлении $R_{\mathcal{E}}$ и нелинейном двухполюснике.

Расчетная часть

1. Построить расчетную эквивалентную вольтамперную характеристику параллельного соединения НД₁ и НД₃, используя экспериментальные ВАХ, полученные в лабораторной работе №19 (пп.5-7). Сравнить расчетную ВАХ с экспериментальной п.5.

2. Построить расчетную эквивалентную вольтамперную характеристику параллельного соединения НД₁ и линейного сопротивления R_{16} , используя экспериментальную ВАХ НД₁, полученную в лабораторной работе №19 (пп.5) и вольтамперную характеристику сопротивления R_{16} (прямая линия). Сравнить расчетную ВАХ с экспериментальной п.7.

3. Для цепи рис.61 теоретически рассчитать параметры эквивалентного генератора $E_{\mathcal{E}}$ и $R_{\mathcal{E}}$. Сравнить полученные результаты с экспериментальными (пп.11.1,11.2).

4. Применяв метод пересечений для цепи рис.62, теоретически определить падение напряжения на нелинейном двухполюснике и ток в цепи. Сравнить полученные результаты с экспериментальными (п.10)