

$$I_{\text{ст max}} = (U_{\text{п max}} - U_o) / (R_6 + R_{\text{ст}}) < I_{\text{ст доп}}$$

После расчёта балластного сопротивления по формуле (2) необходимо проверить выполнение условия (7). Если последнее условие не выполняется, то необходимо либо увеличить R_6 , либо выбрать более мощный стабилизатор.

В некоторых случаях возникает необходимость стабилизации напряжения питания при изменении сопротивления нагрузки. При $R_H = 0$ всё приложенное напряжение падает на сопротивлении R_6 . Минимальное сопротивление нагрузки, при котором начинается эффект стабилизации, может быть найден из выражения (3):

$$R_{H \min} = R_6 U_o / (U_{\text{п}} - U_o)$$

при этом R_H напряжение $U_{\text{ст}} = U_o$. С увеличением R_H напряжение на стабилизаторе будет расти, и при отсутствии нагрузки ($R_H = \infty$) примет наибольшее значение:

$$U_{\text{ст max}} = (U_{\text{п}} R_{\text{ст}} + U_o R_6) / (R_{\text{ст}} + R_6)$$

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо выполнить следующее:

- снять вольтамперную характеристику стабилизатора;
- определить параметры рабочего участка характеристики: U_o и $R_{\text{ст}}$;
- вычислить значение балластного сопротивления при заданных сопротивлении нагрузки и минимальном напряжении источника питания;
- определить зависимость стабилизируемого напряжения от напряжения источника питания при постоянном R_H ;
- определить зависимость стабилизируемого напряжения от сопротивления нагрузки при постоянном $U_{\text{п}}$.

Порядок выполнения работы следующий:

1. Изучить основные теоретические положения.
2. Собрать схему, изображённую на рис. 1.3.
3. Не подключая сопротивления нагрузки и меняя напряжение питания в соответствии со значениями, записанными в таблице 1.1, снять вольт-амперную характеристику стабилизатора при прямой и обратной полярности напряжения.

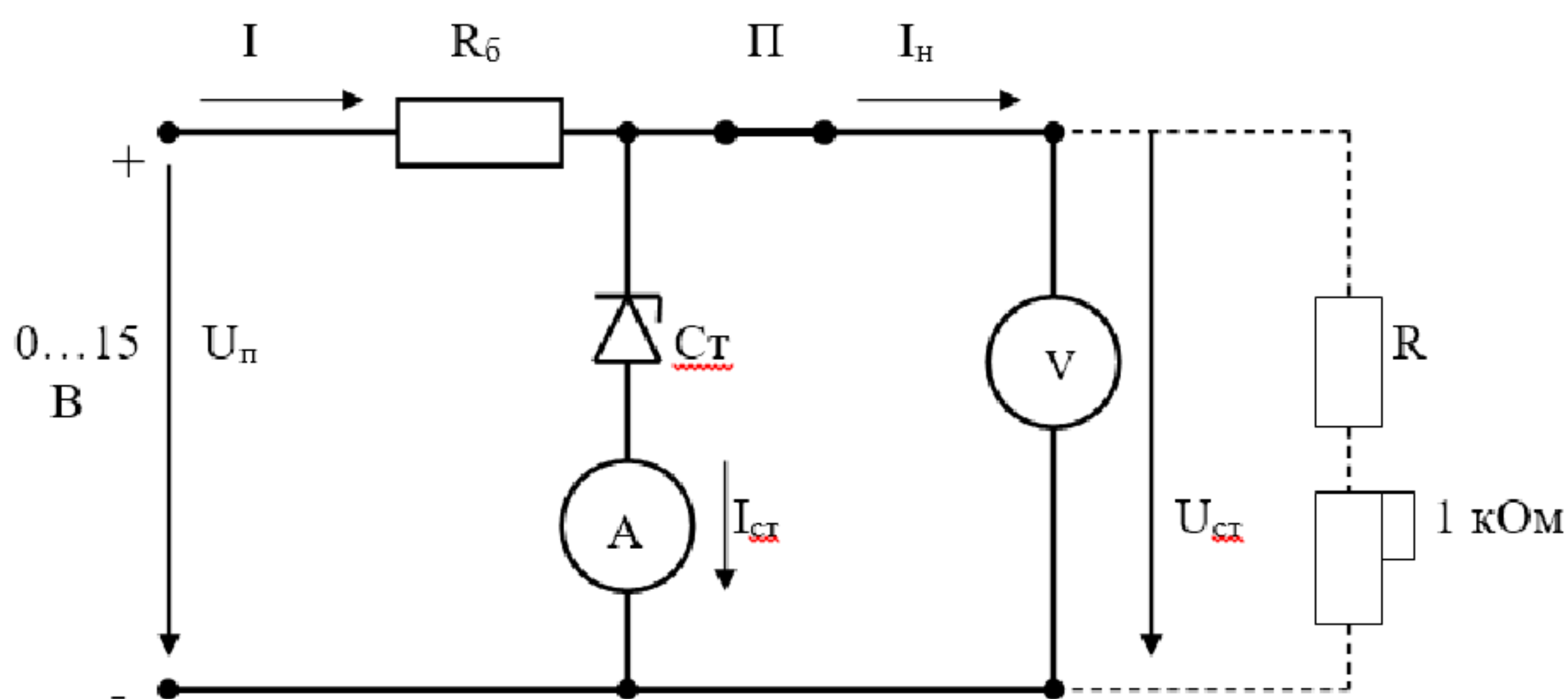


Рисунок 1.3

4. По данным таблицы 1.1 построить вольтамперную характеристику стабилитрона, определить значения U_0 и $R_{ст}$

Таблица 1.1.

$U_{ст}, В$	Положительная полярность							Отрицательная полярность						
	0,4	0,55	0,6	0,67	0,7	0,74	0,77	6	8	9	9,5	9,6	9,7	9,8
$I_{ст}, мА$														

5. Для $U_{п\ min}$ и $R_{н}$, заданных преподавателем, вычислить $R_{б}$ и выбрать из имеющихся ближайшее большее.

6. Установить в схеме заданное $R_{н}$ и принятое $R_{б}$, проверить при заданном $U_{п\ min}$ значение $U_{ст}$, записать его и сравнить со значением, принятым при вычислении $R_{б}$.

7. Задавая значения напряжения питания, указанные в таблице 1.2, при постоянном $R_{н}$, заданном преподавателем, записать в таблицу полученные значения стабилизированного напряжения.

Таблица 1.2.

$U_{п}, В$	10	11	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15
$U_{ст}, В$									

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

8. Построить график зависимости $U_{ст} = f(U_{п})$.
9. По формуле (8) вычислить минимальное сопротивление нагрузки, при котором происходит стабилизация напряжения. В схеме рис. 1.3 амперметр и переключку «П» поменять местами. Плавное уменьшение переменным резистором 1 кОм сопротивление нагрузки, при $U_{п} = 15В$ установить токи в цепи нагрузки, указанные в таблице 1.3, и записать соответствующие этим токам напряжения на нагрузке. Вычислить по записанным в таблице формулам напряжение на балластном сопротивлении, ток, потребляемый от источника питания, ток через стабилитрон и сопротивление нагрузки. Отметить сопротивление нагрузки, при котором стабилитрон запирается, сравнить его с вычисленным. По данным таблицы построить график зависимости $U_{ст} = f(I_{н})$.

Таблица 1.3.

$I_{н}, мА$	6	7	8	9	10	12	15	18
$U_{ст}, В$								
$U_{б} = U_{п} - U_{ст}$								
$I = U_{б} / R_{б}$								
$I_{ст} = I - I_{н}$								
$R_{н} = U_{ст} / I_{н}$								

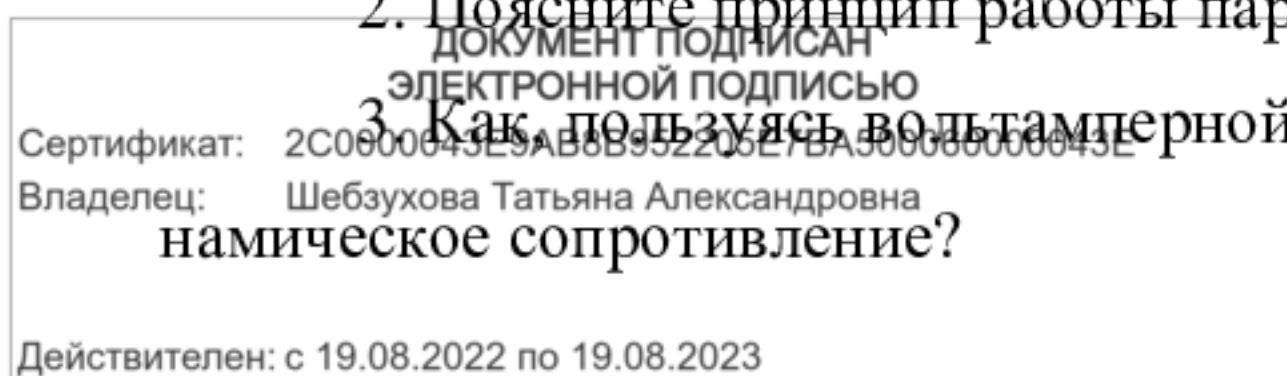
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите вольтамперную характеристику стабилитрона.
2. Поясните принцип работы параметрического стабилизатора напряжения.
3. Как, пользуясь вольтамперной характеристикой стабилитрона, рассчитать его динамическое сопротивление?



4. От чего зависит нижний порог стабилизируемого напряжения?
5. Как величина балластного сопротивления влияет на качество стабилизации напряжения?
6. Чем ограничивается минимальное значение балластного сопротивления?
7. Как сопротивление нагрузки влияет на качество работы стабилизатора напряжения?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа № 2. Биполярные транзисторы. Характеристики биполярного транзистора.

Цель работы: Освоить методику получения входных и выходных характеристик транзистора, а также определения его динамических параметров.

Основы теории:

При выполнении расчётов схем с биполярными транзисторами используют их входные и выходные характеристики.

Входными характеристиками называют зависимость тока базы i_b от напряжения эмиттер-база $U_{эб}$ при постоянном напряжении коллектор-эмиттер $U_{кэ}$. Вид этих характеристик представлен на рис. 2.1.

Следует заметить, что входные характеристики, полученные при различных напряжениях $U_{кэ}$, отличных от нуля, практически совпадают.

По входным характеристикам определяют такие динамические характеристики транзистора, как входное динамическое сопротивление

$$h_{11} = \Delta U_{эб} / \Delta i_b$$

представляющее собой отношение приращения напряжения $U_{эб}$ к соответствующему приращению тока базы при постоянном напряжении коллектор-эмиттер, и коэффициент обратной связи по напряжению

$$h_{12} = \Delta U_{эб} / \Delta U_{кэ}$$

представляющий собой отношение соответствующих друг другу приращений напряжений эмиттер-база и коллектор-эмиттер при постоянном токе базы.

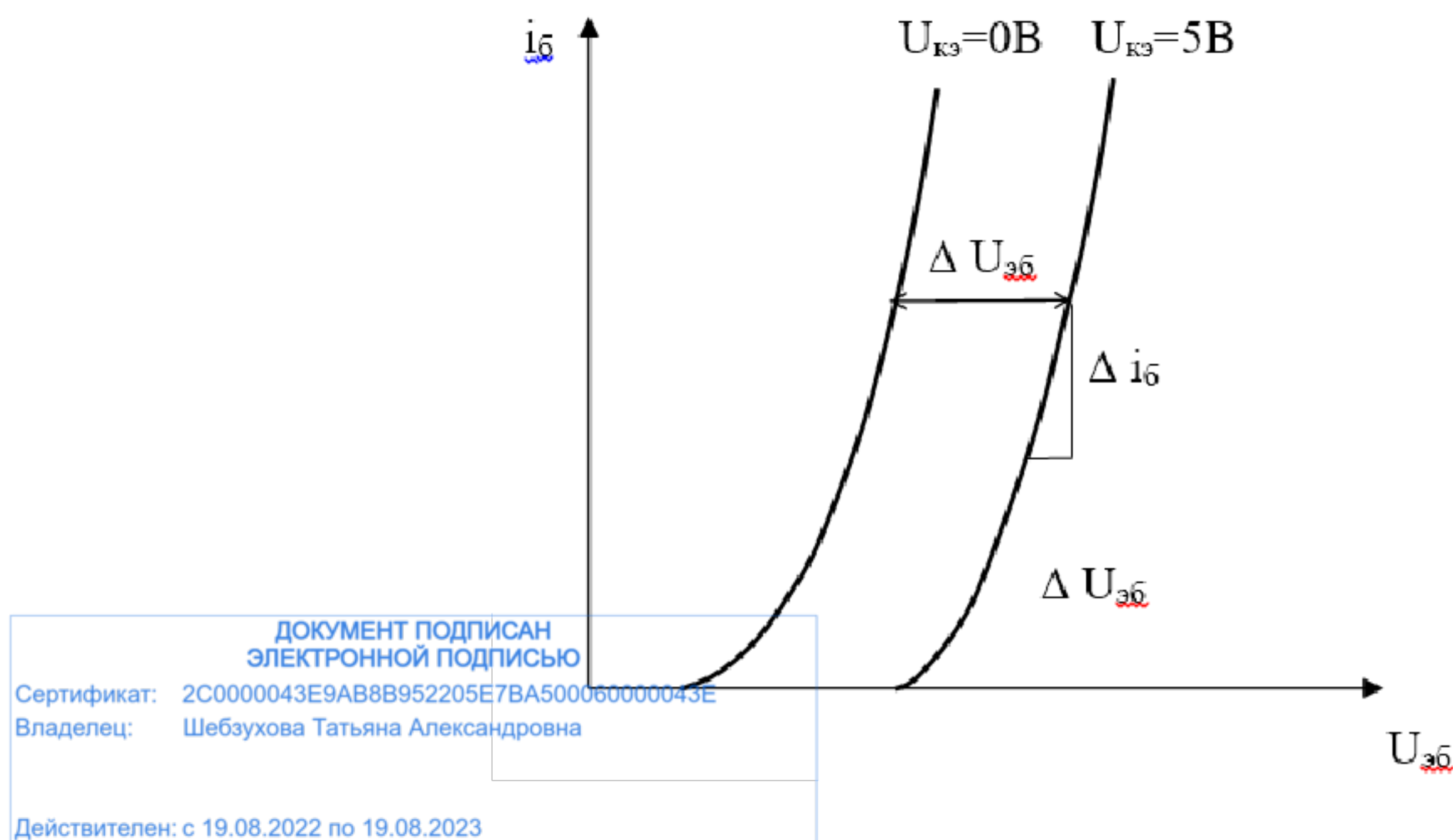


Рисунок 2.1

Выходные характеристики отражают зависимость тока коллектора I_K от напряжения коллектор-эмиттер при различных токах базы, их вид представлен на рис. 2.2. По выходным характеристикам определяют такие параметры, как коэффициент усиления тока базы

$$h_{21} = \Delta I_K / \Delta i_6$$

представляющий собой отношение приращения тока коллектора к соответствующему приращению тока базы при постоянном напряжении коллектор-эмиттер, и выходная динамическая проводимость

$$h_{22} = \Delta I_K / \Delta U_{KЭ}$$

представляющая собой отношение приращения тока коллектора к соответствующему приращению напряжения коллектор-эмиттер при постоянном токе базы.

Вследствие нелинейности как входных, так и выходных характеристик все перечисленные параметры имеют различные значения для различных рабочих точек.

Область выходных характеристик, в которой они практически линейны и в которой ток коллектора мало зависит от напряжения коллектор-эмиттер, а определяется током базы, называют активной зоной. При увеличении тока коллектора и напряжения $U_{KЭ}$ растёт мощность тепловых потерь в транзисторе. Эти потери не должны превышать допустимого для данного транзистора значения $p_{K \text{ доп}}$:

$$p_K = U_{KЭ} I_K < p_{K \text{ доп.}}$$

Линия допустимых потерь на рис. 2.2 проведена пунктиром.

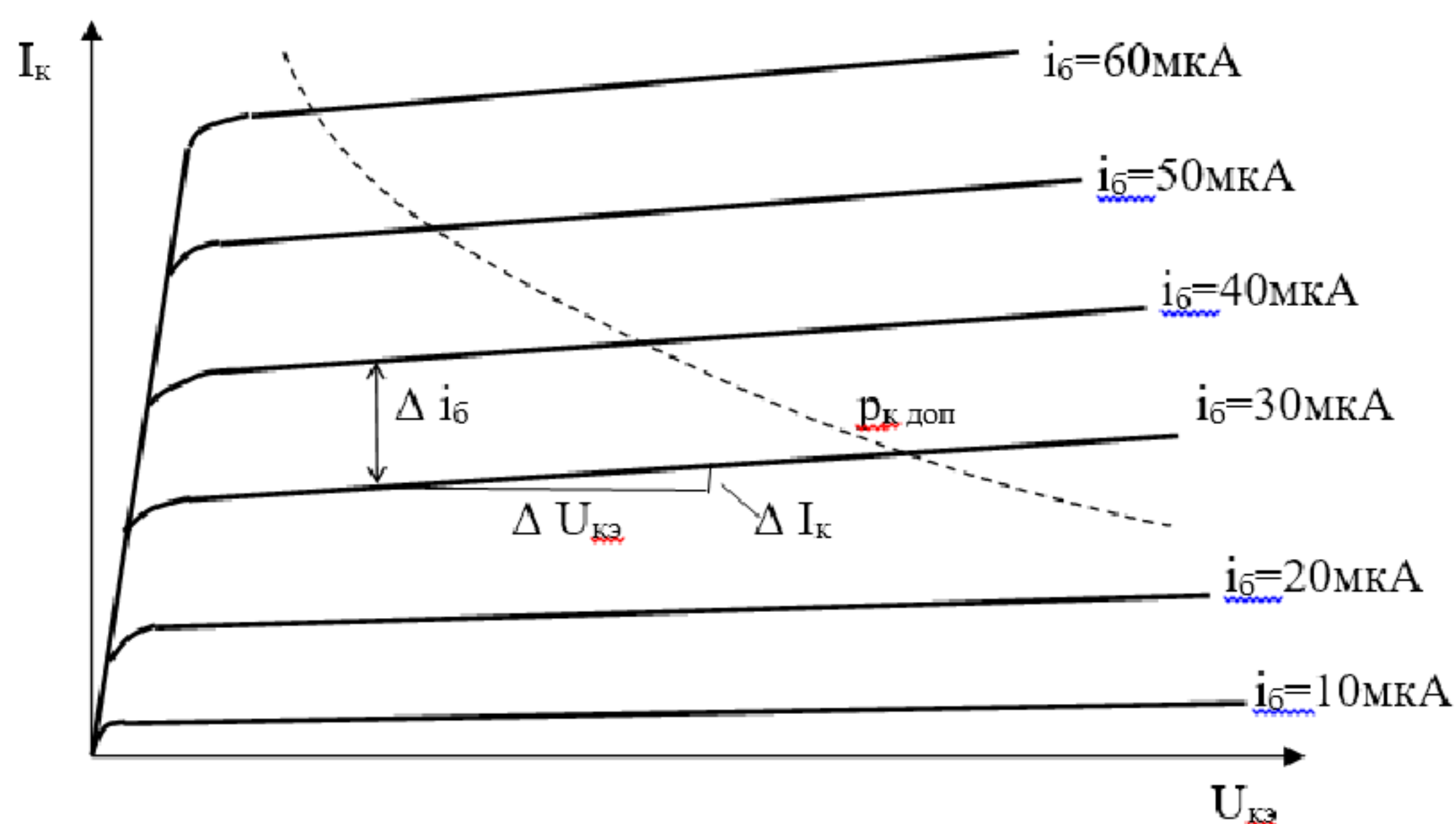


Рисунок 2.2

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо получить входные и выходные характеристики транзистора и вычислить значения динамических параметров.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Изучить основные теоретические положения.

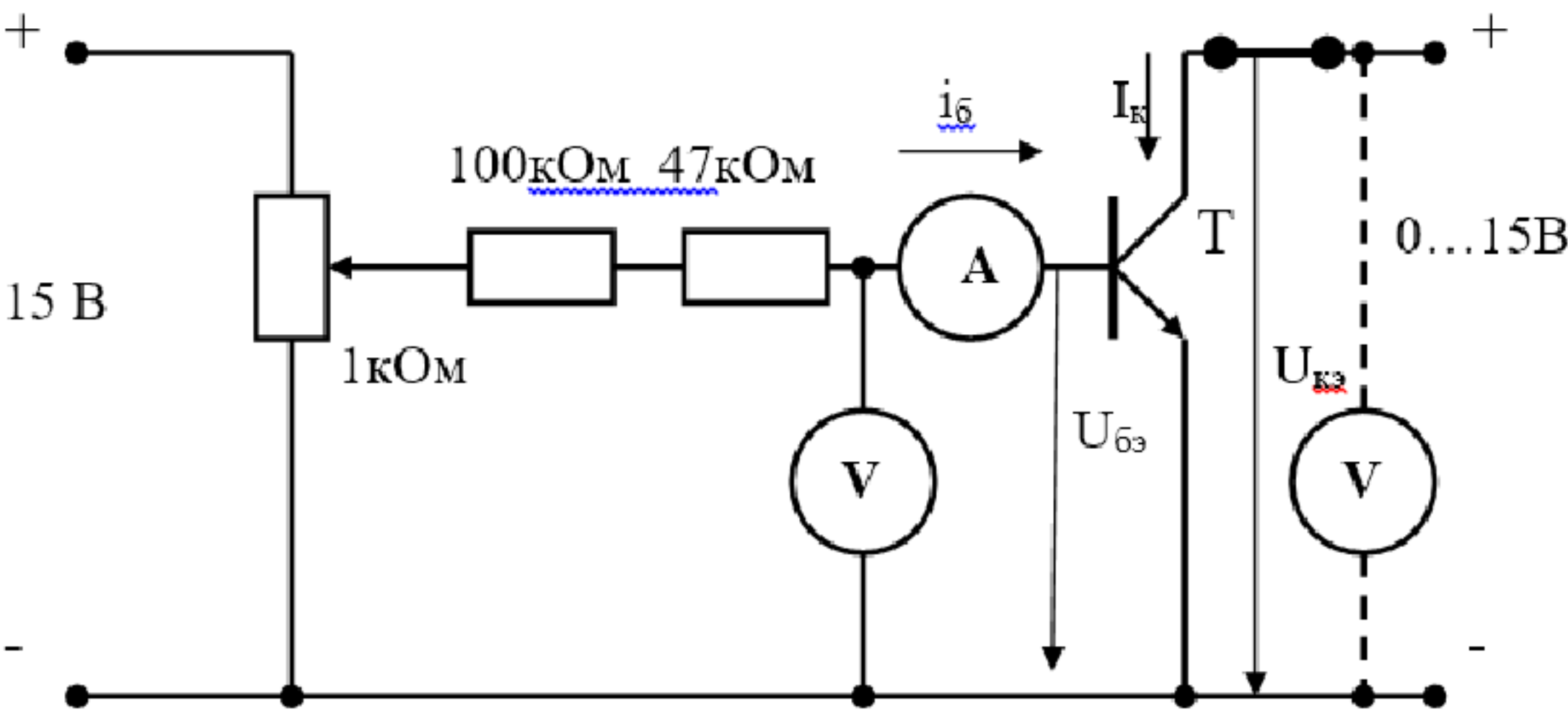


Рисунок 2.3

2. Собрать схему, изображённую на рис. 2.3. В схеме обязательно предусмотреть переключку «П», необходимую для изменения места включения миллиамперметра.

3. Установить напряжение $U_{кэ}=0$. При токах базы, указанных в таблице 2.1, измерить значения напряжения $U_{бэ}$ и записать их в таблицу. Повторить опыт при $U_{кэ} = 2,5\text{ В}$ и 10 В .

Таблица 2.1.

$i_{б}, \text{ мкА}$		0	5	10	20	50	80
$U_{бэ}, \text{ В}$	при $U_{кэ}=0$						
	при $U_{кэ}=2,5\text{В}$						
	при $U_{кэ}=10\text{В}$						

4. Установить ток базы 20 мкА . Переключить миллиамперметр в цепь коллектора, изменить предел измерения тока до 20 мА . Устанавливая значения напряжения в цепи коллектор-эмиттер, указанные в таблице 2.2, записать в таблицу соответствующие этим напряжениям значения тока коллектора. Измерения повторить при токах базы $40, 60$ и 80 мкА .

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Таблица 2.2.

$U_{кз}, В$		0	0,2	0,5	1	2	5	10	15
$I_{к},$ $мА$	при $i_{б}=20мкА$								
	при $i_{б}=40мкА$								
	при $i_{б}=60мкА$								
	при $i_{б}=80мкА$								

5. По данным таблиц 2.1 и 2.2 построить входные и выходные характеристики транзистора.

6. В рабочих точках, указанных преподавателем, определить динамические параметры транзистора.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что представляют собой входные и выходные характеристики транзистора?
2. Расскажите о порядке получения входных и выходных характеристик транзистора.
3. Перечислите динамические параметры биполярного транзистора. Как их получают?
4. Чем ограничена активная зона выходных характеристик транзистора?

Лабораторная работа №3. Полевые транзисторы. Характеристики полевого транзистора.

Цель работы: Изучение особенностей работы полевого транзистора с управляемым переходом, освоение методики получения его стокзатворной и выходных характеристик.

Основы теории:

В данной лабораторной работе рассматривается полевой транзистор с управляемым переходом. Транзисторы такого типа могут иметь n-канал, в котором носителями зарядов являются электроны, либо p-канал, в котором носителями зарядов являются дырки. Схема конструкции транзистора с n-каналом представлена на рис. 3.1.

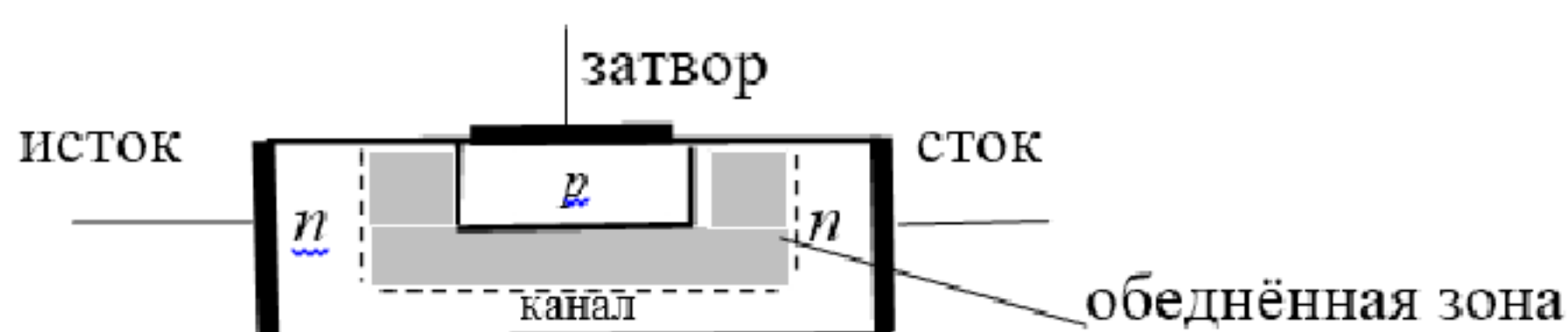


Рисунок 3.1

В кристалл полупроводника n-типа, имеющего малую концентрацию примеси, впаян кристалл p-типа с высокой концентрацией примеси. Вследствие диффузии электронов из n-полупроводника и дырок из p-полупроводника на границе кристаллов образуется обеднённая зона, лишённая носителей зарядов и поэтому имеющая очень высокое сопротивление. Из-за разности концентрации примесей обеднённая зона занимает почти весь объём n-полупроводника, оставляя со стороны, противоположной p-полупроводнику, узкий канал. У транзистора имеется три металлических электрода, один из которых, называемый затвором, соединён с p-полупроводником, два других, называемых истоком и стоком, соединены с кристаллом n-типа с противоположных сторон, так что канал находится между этими электродами. Затвор является управляющим электродом. Если между стоком и истоком приложить разность потенциалов при отсутствии потенциала на затворе, то через канал потечёт ток. При подаче на затвор отрицательного относительно истока потенциала обеднённая зона расширится, толщина канала уменьшится, и сопротивление цепи сток-исток увеличится, вследствие чего ток стока уменьшится. При этом следует заметить, что ток через затвор будет отсутствовать, т.к. напряжение по цепи затвор-исток подано в непроводящем

Графическое изображение транзисторов с управляемым переходом представлено на рис.3.2.


$$M = du_{ис}/du_{зи} \text{ при постоянном } i_c \text{ и заданном } u_{зи}.$$

2. Собрать схему рис.3.3 для снятия стокзатворной характеристики.

Изменяя напряжение $u_{зи}$ от -2,5 В до нуля, убедиться, что ток в цепи затвора отсутствует. Записать в таблицу 3.1 значения тока затвора при указанных в таблице положительных напряжениях $u_{зи}$.

3. Амперметр и перемычку «П» поменять местами. При указанных в таблице 3.1 напряжениях затвор-исток записать в таблицу значения тока стока. Построить график сток-затворной характеристики.

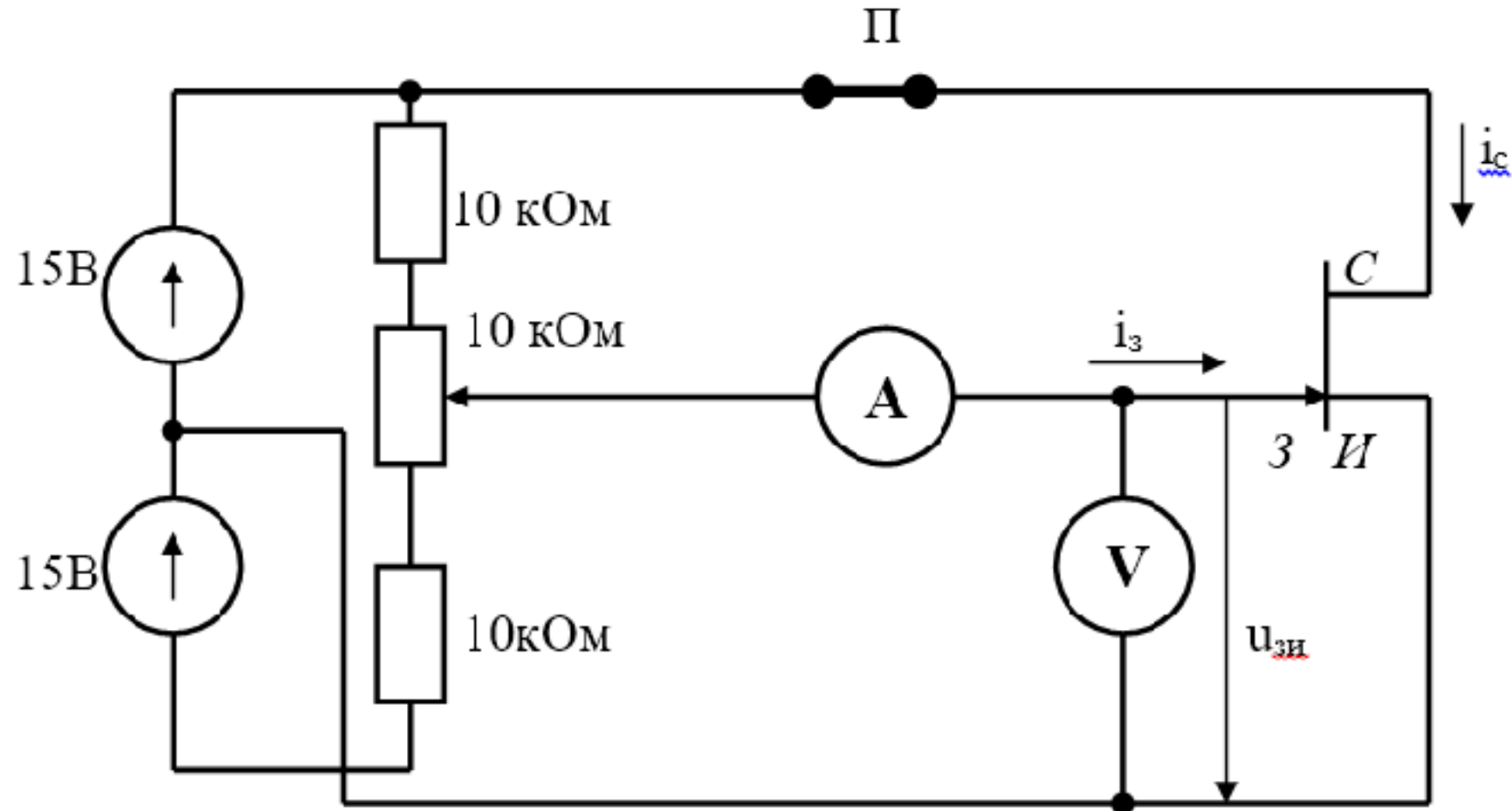


Рисунок 3.3

Таблица 3.1.

$u_{зи}, В$	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	+0,2	+0,4	+0,6
$i_{с}, мА$									
$i_{з}, мА$									

4. Собрать схему рис. 3.4 для снятия выходных характеристик транзистора.

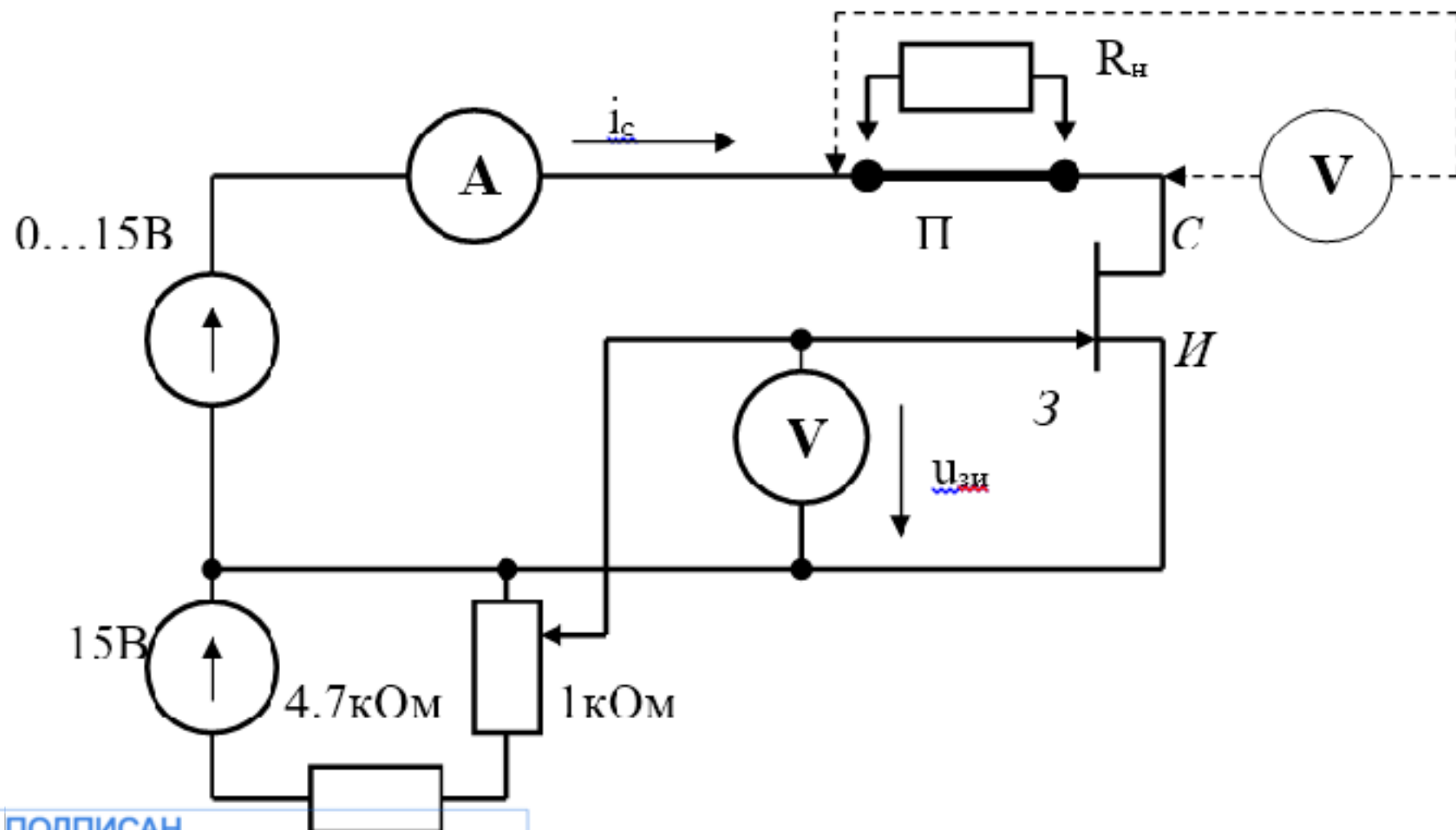


Рисунок 3.4

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Установить напряжение затвор-исток $-1,5\text{ В}$ с помощью потенциометра 1 кОм . Устанавливая напряжения сток-исток, указанные в таблице 3.2, замерить и записать в таблицу соответствующие значения тока стока. Повторить опыт при указанных в таблице напряжениях $u_{зи}$, для установки положительного значения которого изменить полярность напряжения, снимаемого с нерегулируемого источника питания 15 В .

Таблица 3.2.

$U_{си}, \text{ В}$		0	0,5	1	1,5	2	3	4	6	8	10	12	15
$i_c,$ мА	при $u_{зи} = -1,5\text{ В}$												
	при $u_{зи} = -1\text{ В}$												
	при $u_{зи} = -0,5\text{ В}$												
	при $u_{зи} = 0\text{ В}$												
	при $u_{зи} = +0,5\text{ В}$												

5. Построить семейство выходных характеристик $i_c = f(U_{си})$.
6. Вычислить крутизну стокзатворной характеристики и внутреннее дифференциальное сопротивление для точек на характеристиках, указанных преподавателем.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите конструкцию полевого транзистора с управляемым переходом.
2. Почему обеднённая зона p-n-перехода располагается в основном в зоне истока-

стока?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

3. Что называют каналом полевого транзистора?

4. Какие носители зарядов имеются в канале полевого транзистора?

5. В результате чего изменяется сопротивление канала полевого транзистора?
6. В каких случаях при работе полевого транзистора отсутствует ток затвора?
7. Что представляет собой стокозатворная характеристика? Как её получают?
8. Что представляют собой выходные характеристики полевого транзистора? Как их получают?
9. Какие Вам известны динамические параметры полевого транзистора? Как их вычисляют?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа №4. Неуправляемые выпрямители с активной нагрузкой.

Неуправляемые выпрямители.

Цель работы: Изучение схем однофазных и трёхфазных выпрямителей, сравнение теоретических и экспериментальных значений выпрямленного напряжения, ознакомление с формами кривых выпрямленного напряжения.

Основы теории:

Основная часть электроэнергии вырабатывается и передаётся от генераторов к потребителям в виде энергии переменного тока. Для питания потребителей постоянного тока используют выпрямители, которые выполняют, в основном, с использованием полупроводниковых приборов. В схемах неуправляемых выпрямителей используют диоды. В зависимости от мощности нагрузки и требований к качеству выпрямленного напряжения применяют различные схемы выпрямления.

Наиболее простой является схема однофазного однополупериодного выпрямления (рис. 4.1), используемая для потребителей малой мощности, допускающих значительный уровень пульсаций выпрямленного напряжения. Форма кривой выпрямленного таким выпрямителем напряжения (жирная линия) представлена на рис. 4.2. Для сглаживания пульсаций напряжения параллельно нагрузке обычно включают электролитический конденсатор большой ёмкости.

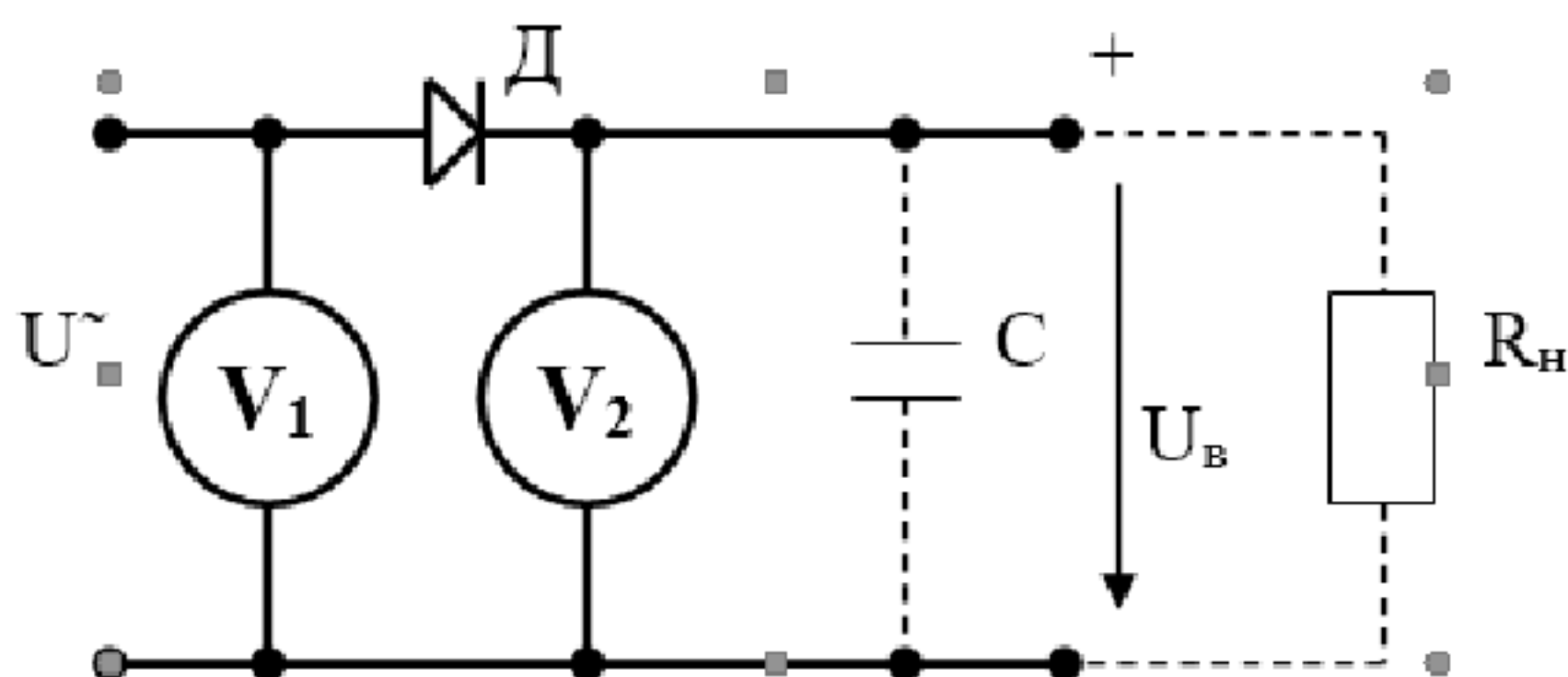


Рисунок 4.1

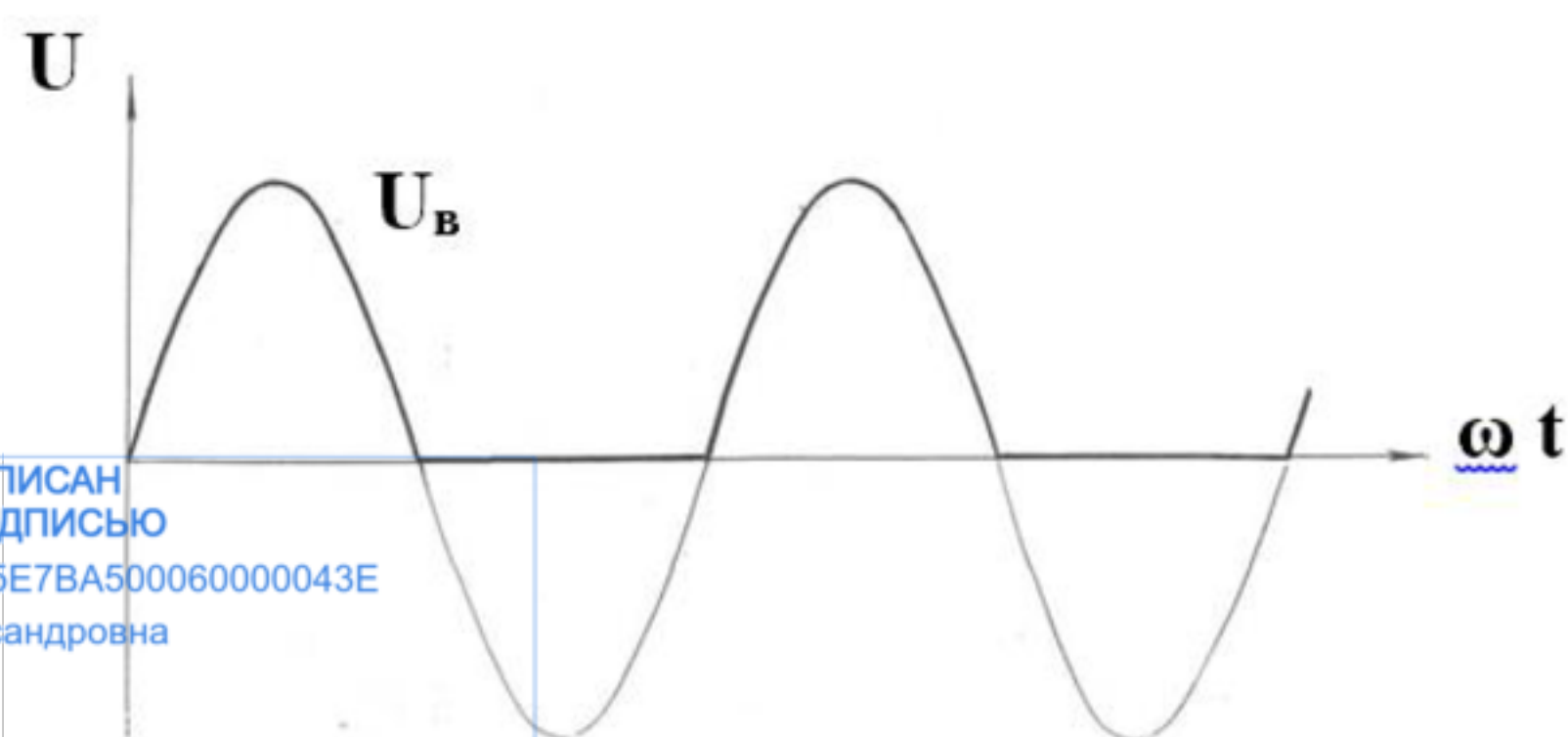


Рисунок 4.2

При питании от однофазной цепи чаще применяют схемы двухполупери-одного выпрямления, имеющие значительно меньший уровень пульсаций выпрямленного напряжения. Существует два вида таких схем: со средней точкой (рис. 4.3) и мостовая (рис.4.4). На схемах направление тока показано сплошными стрелками при одной полярности питающего напряжения и пунктирными – при противоположной. Достоинством мостовой схемы является отсутствие трансформатора со средней точкой вторичной обмотки. Вместе с тем, в этой схеме ток одновременно проходит через два диода, а не через один, как в схеме со средней точкой, поэтому падение напряжения на диодах в этой схеме будет в два раза больше. В связи с отмеченным обстоятельством схему со средней точкой предпочтительнее использовать при больших токах.

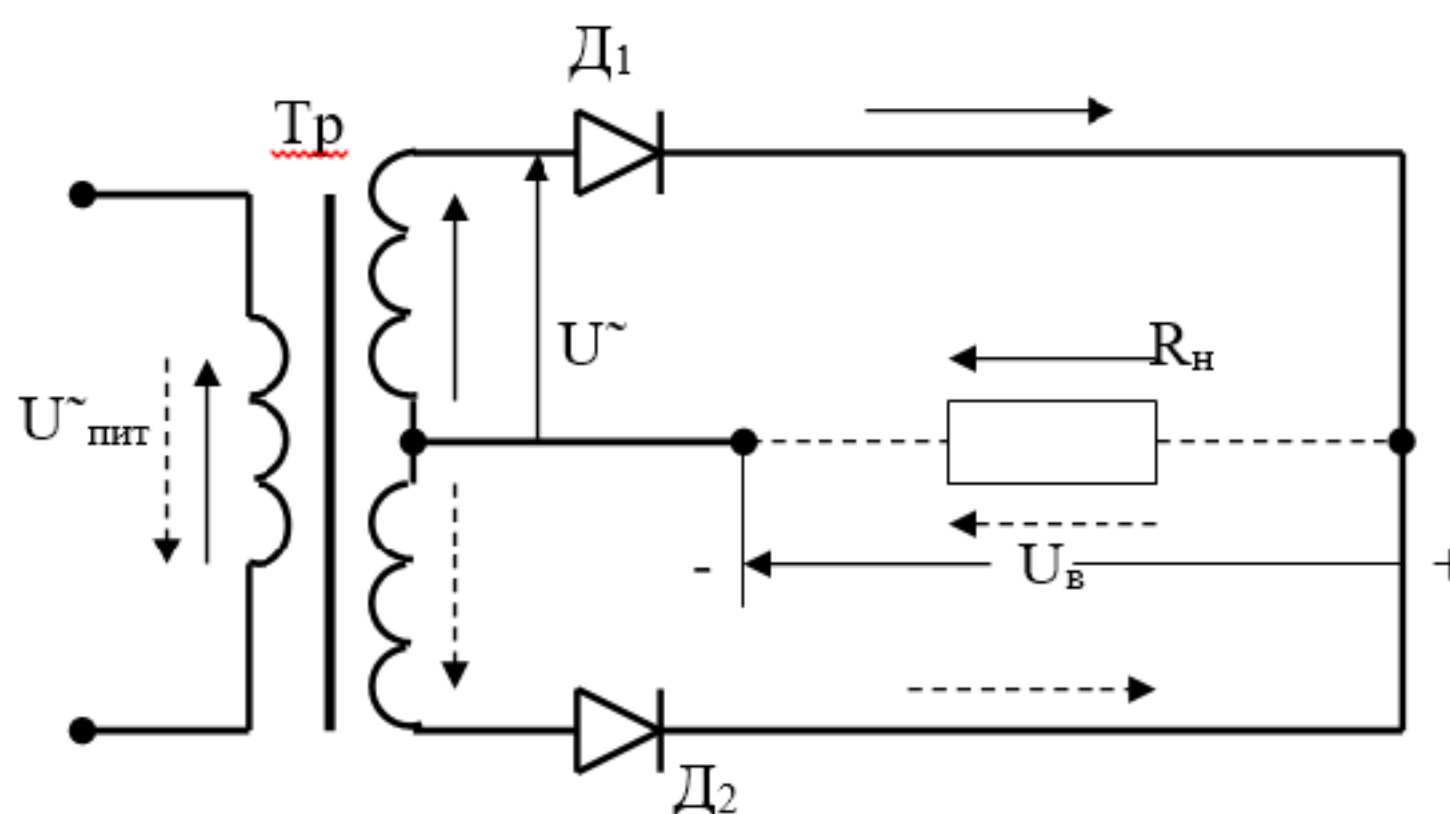


Рисунок 4.3

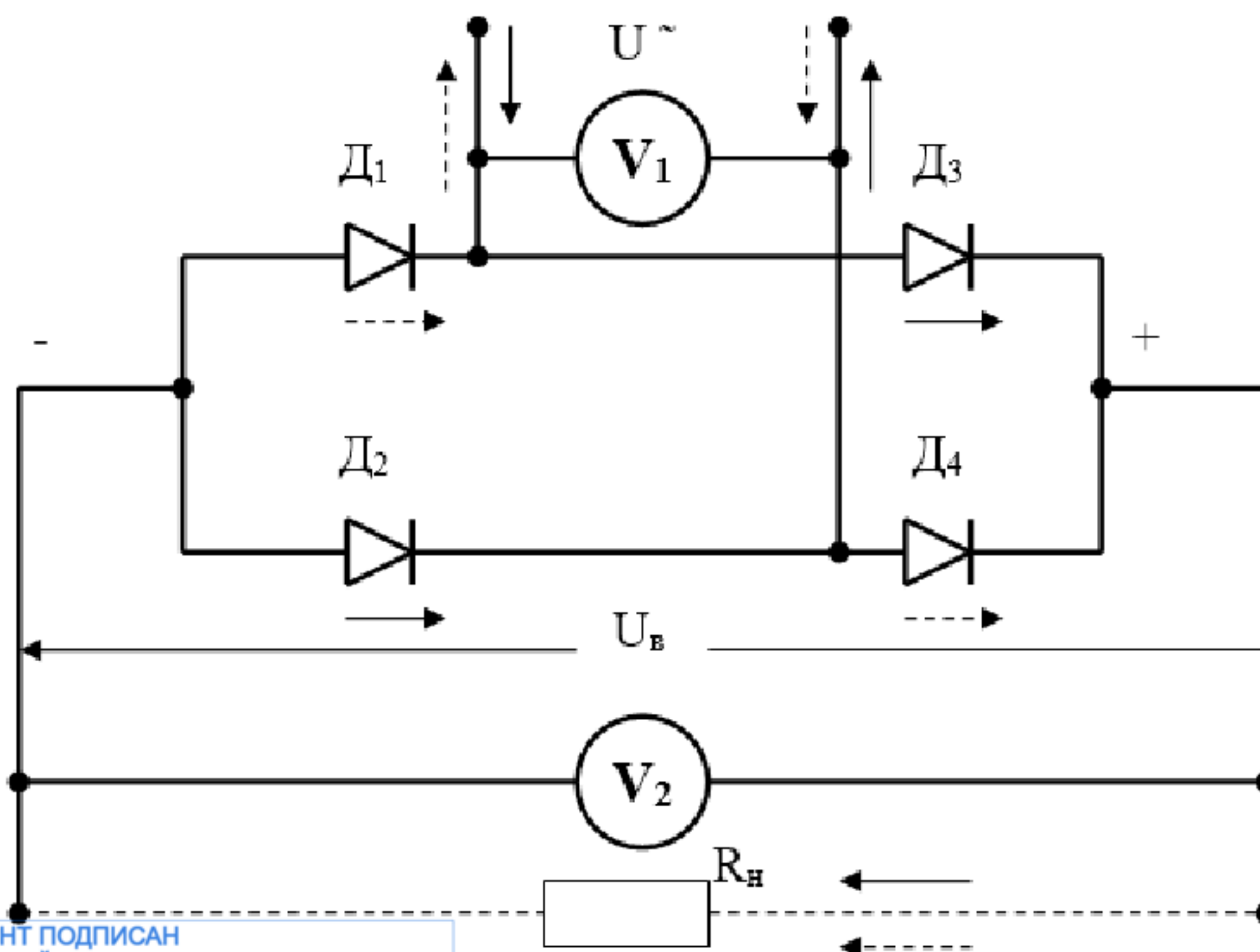


Рисунок 4.4

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

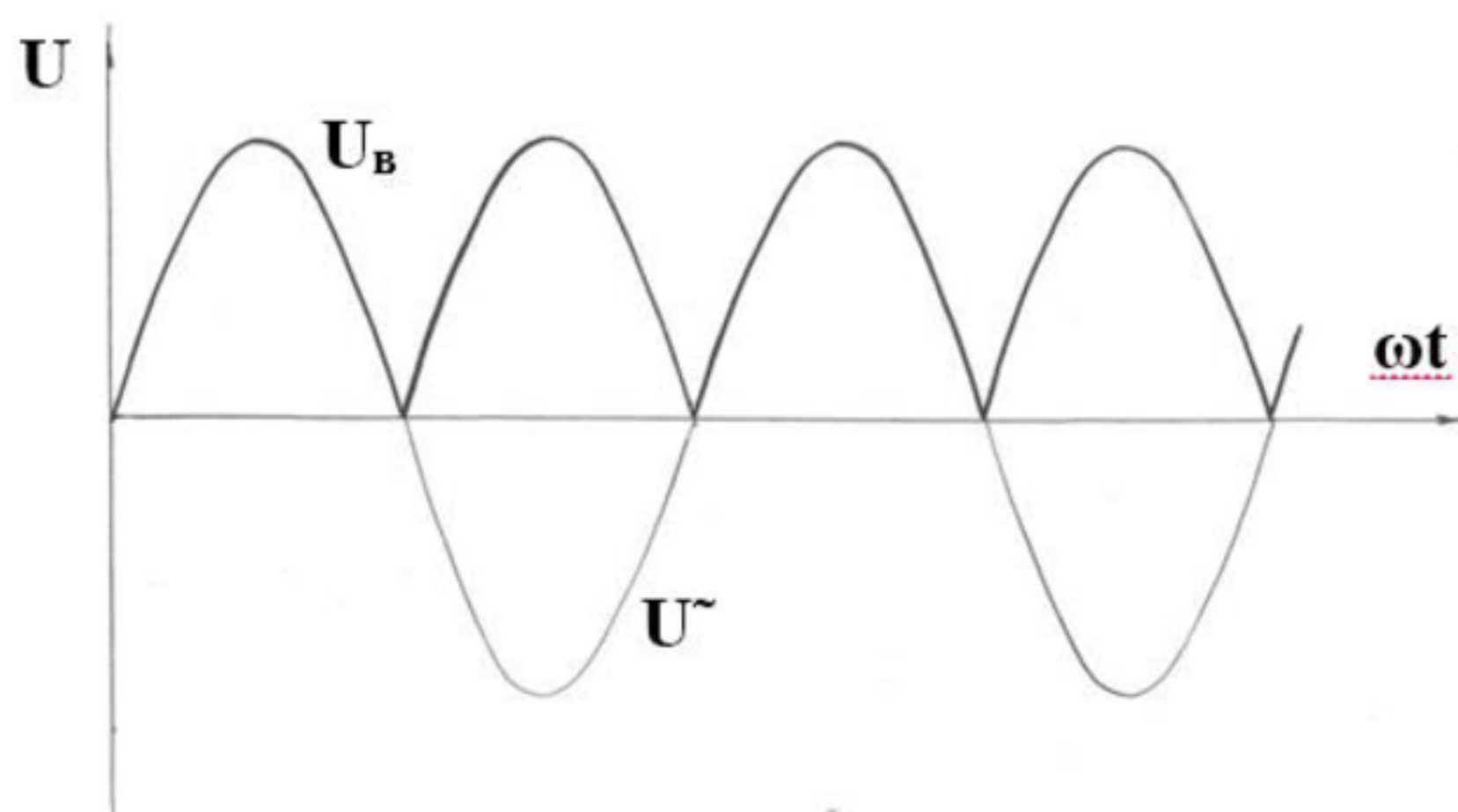


Рисунок 4.5

Кривая выпрямленного напряжения для обеих схем выглядит одинаково, она представлена на рис. 4.5.

Потребители постоянного тока большой мощности обычно питаются через выпрямители от трёхфазных цепей. Трёхфазные схемы выпрямления, как и однофазные, бывают однополупериодными (рис. 4.6) и двухполупериодными (рис. 4.8).

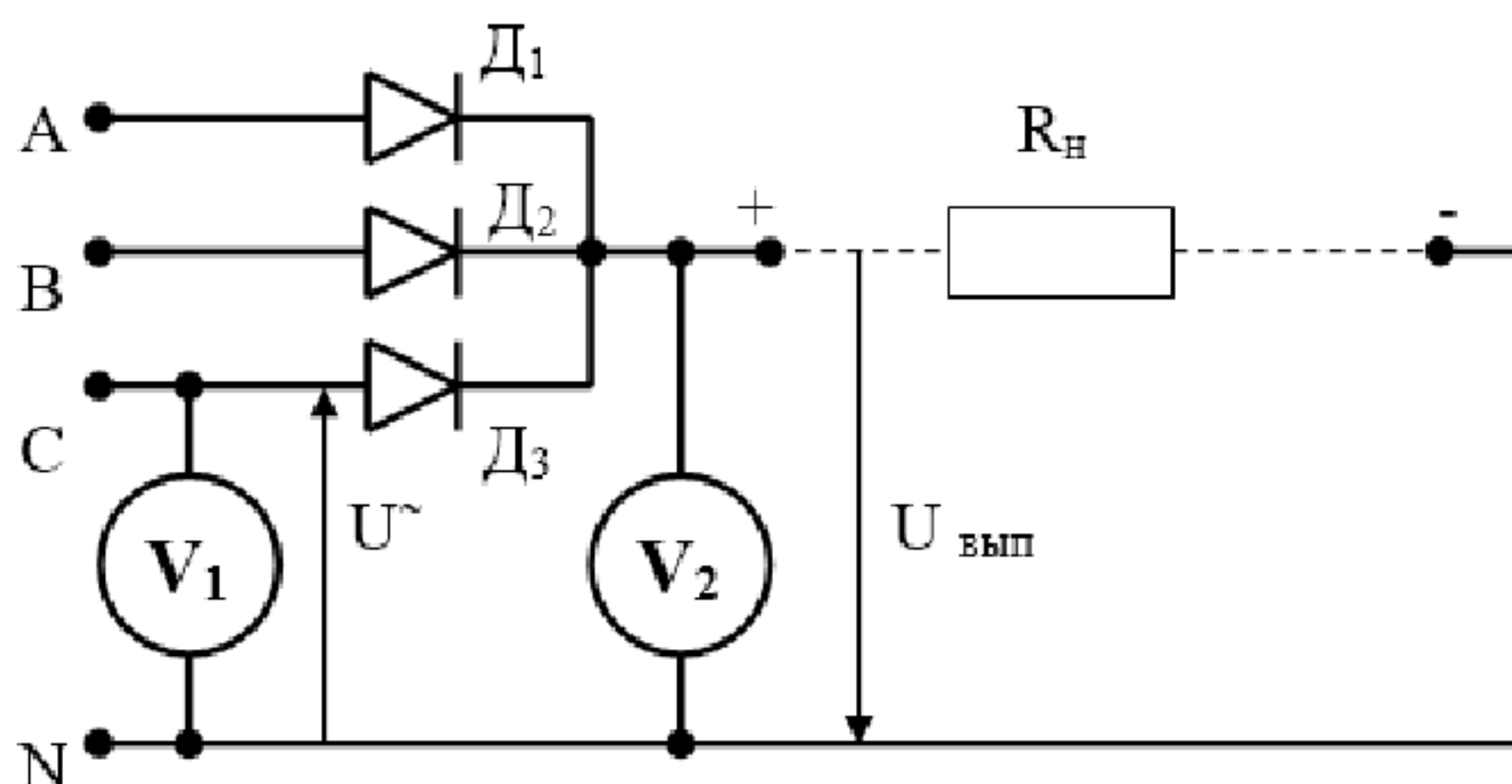


Рисунок 4.6

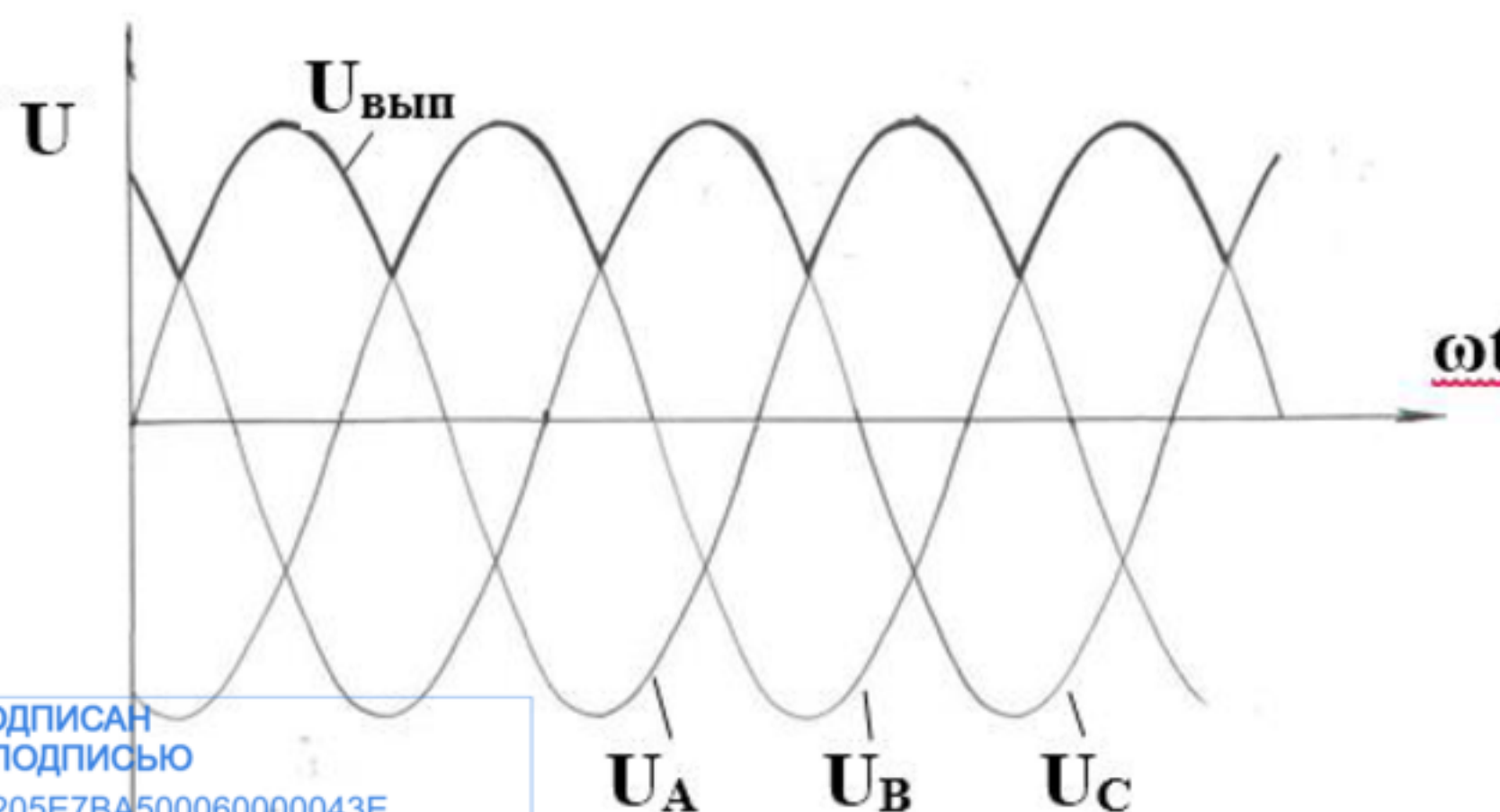


Рисунок 4.7

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060Q000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Форма кривой выпрямленного напряжения при использовании этих схем представляет собой огибающую вершины синусоид трёхфазного напряжения. В схеме рис. 4.6 одновременно может быть открыт только один диод, на аноде которого в данный момент времени напряжение наибольшее, два другие на этом интервале времени будут закрыты, т.к. потенциал на их катодах будет выше потенциалов на анодах. Таким образом, диоды Д1, Д2, Д3 открываются поочерёдно, и выпрямленный ток поочерёдно протекает по цепям фаз А, В, С. Кривая выпрямленного напряжения на рис. 4.7 изображена жирной линией.

В мостовой трёхфазной схеме (рис. 4.8) одновременно открыты два диода, расположенные между теми фазами, линейное напряжение между которыми в данный момент времени наибольшее. Остальные диоды будут закрыты, т.к. потенциалы на их катодах будут выше потенциалов анодов. На рис. 4.9 изображены синусоиды линейных напряжений трёхфазной системы.

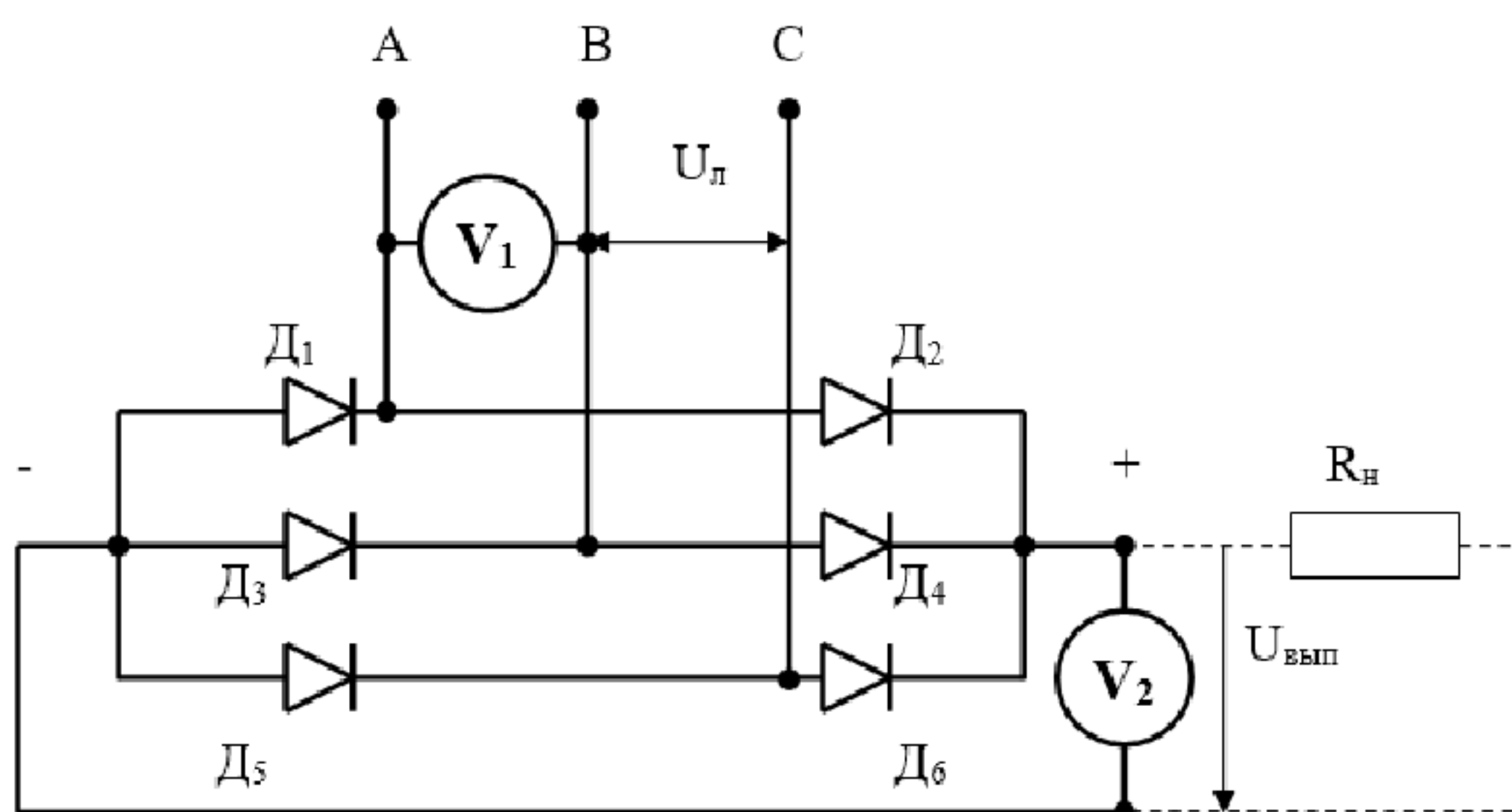


Рисунок 4.8

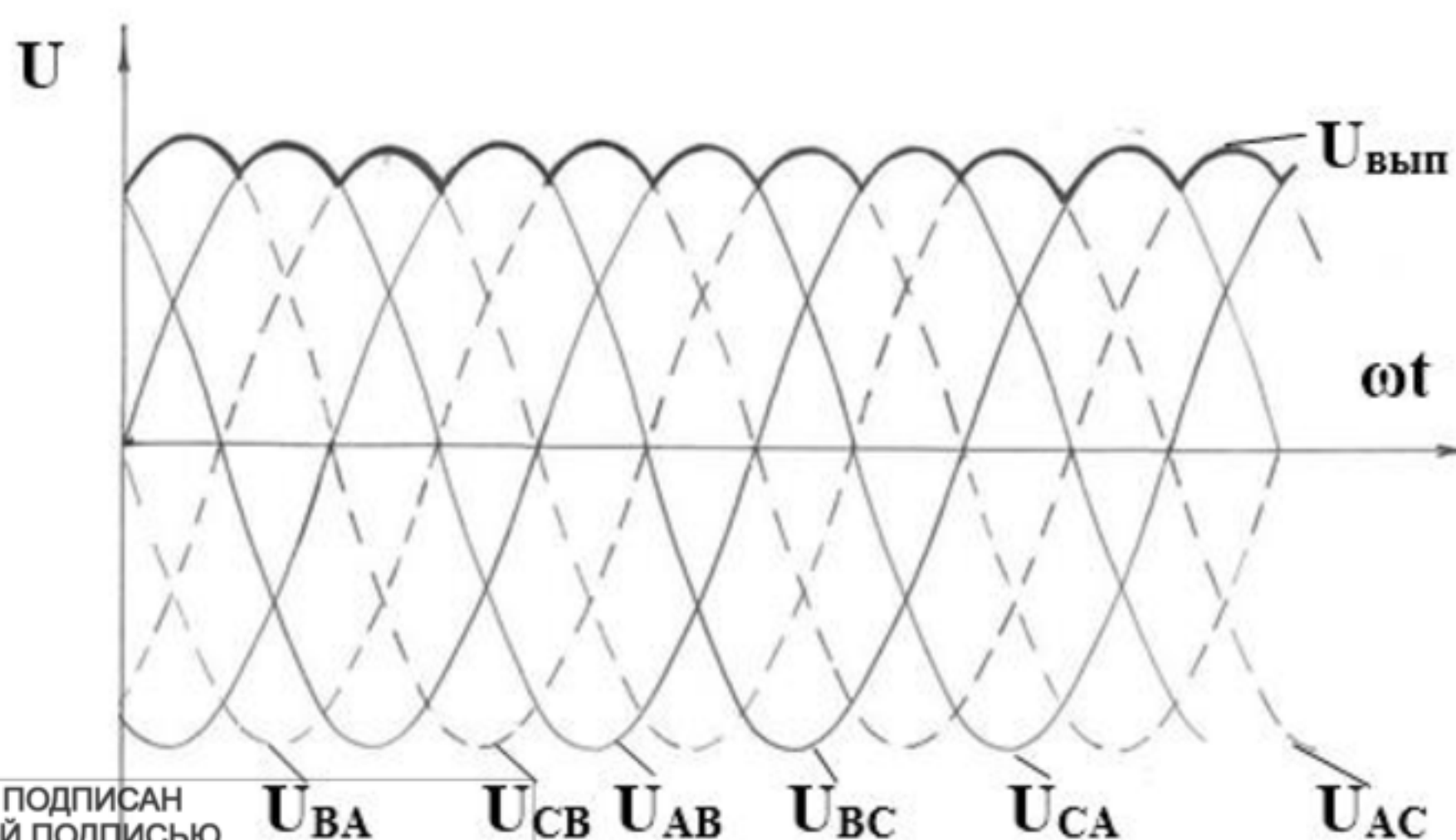


Рисунок 4.8

На промежутке $0 < \omega t < 30^\circ$ наибольшая разность потенциалов между фазами С и В, поэтому открытыми будут диоды Д₆ и Д₃; на промежутке $30^\circ < \omega t < 90^\circ$ потенциал фазы А станет больше потенциала фазы С, поэтому диод Д₆ закроется, а Д₂ – откроется. В последующие интервалы будут поочерёдно открыты: $90^\circ < \omega t < 150^\circ$ – Д₂, Д₅; $150^\circ < \omega t < 210^\circ$ – Д₄, Д₅; $210^\circ < \omega t < 270^\circ$ – Д₄, Д₁; $270^\circ < \omega t < 330^\circ$ – Д₆, Д₁; $330^\circ < \omega t < 360^\circ$ – снова Д₆, Д₃, и т.д. Таким образом, между катодной и анодной группами диодов постоянно будет напряжение, равное наибольшему по абсолютному значению линейному напряжению. Кривая выпрямленного напряжения на рис. 4.9 показана жирной линией.

Среднее значение выпрямленного напряжения U_{cp} для схемы однофазного однополупериодного выпрямления определяется выражением:

$$U_{cp} = U_m / \pi = \sqrt{2} U / \pi \approx 0.45 U,$$

где U – действующее значение переменного синусоидального напряжения,

U_m – амплитудное значение переменного напряжения.

Для остальных схем выпрямления

$$U_{cp} = (m / \pi) \sin(m / \pi) U_m = \sqrt{2} (m / \pi) \sin(m / \pi) U,$$

где m – число фаз выпрямляемого напряжения.

Для схемы рис. 4.3 и рис. 4.4 $m = 2$, $U_{cp} = 0,637 U_m = 0,9 U$,

для схемы рис. 4.6 $m = 3$, $U_{cp} = 0,827 U_m = 1,17 U_\phi$,

для схемы рис. 4.8 $m = 6$, $U_{cp} = 0,955 U_m = 1,35 U_\phi$.

В записанных выше выражениях средние значения выпрямленного напряжения указаны без учёта падения напряжения на диодах, которое составляет от 0,5 до 2 В.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

При выполнении данной лабораторной работы студенты должны собрать схемы однофазных и трёхфазных выпрямителей, сравнить действующие значения напряжения переменного тока со средними значениями выпрямленного напряжения, с помощью осциллографа снять кривые выпрямленного напряжения.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Изучить основные теоретические положения.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

2. Собрать схему рис. 4.1. Подать напряжение от источника переменного напряжения 7В. Измерить величину переменного и выпрямленного напряжений, вычислить величину падения напряжения на диоде. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 4.1.

3. Подать сигнал выпрямленного напряжения на осциллограф, зарисовать форму кривой напряжения.

4. Выполнить аналогичные замеры, вычисления, наблюдения и рисунки, собрав схемы, изображённые на рис. 4.3, 4.4, 4.6 и 4.8.

Таблица 4.1.

Схема выпрямления	U , В	$U_{\text{ср}}$, теоретическое	$U_{\text{ср}}$, экспериментальное	Падение напряжения на диодах
Однофазная однополупериодная				
Однофазная со средней точкой				
Однофазная мостовая				
Трёхфазная со средней точкой				
Трёхфазная мостовая				

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

Сертификат: 2C0000643E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

1. Нарисуйте схемы выпрямителей и укажите путь прохождения тока при изменении полярности питающего напряжения.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

2. Объясните, почему при выпрямлении трёхфазного тока в схеме с нулевой точкой может быть открыт только один диод, а в мостовой схеме – только два диода.
3. Объясните последовательность открытия диодов в трёхфазной мостовой схеме.
4. По какой формуле можно вычислить значение среднего выпрямленного напряжения?
5. Почему фактическое выпрямленное напряжение несколько ниже теоретически вычисленного?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа №5. Транзисторные усилители. Каскад усилителя переменного тока на биполярном транзисторе.

Цель работы: Изучить схему каскада усилителя переменного тока с общим эмиттером, практически освоить методику установки начальной рабочей точки транзистора в режиме А, методику получения амплитудной и частотной характеристик усилителя, определения его входного и выходного сопротивлений, проанализировать влияние на коэффициент усиления значений параметров отдельных элементов схемы.

Основы теории:

Схема каскада усилителя переменного тока с общим эмиттером представлена на рис.

5.1.

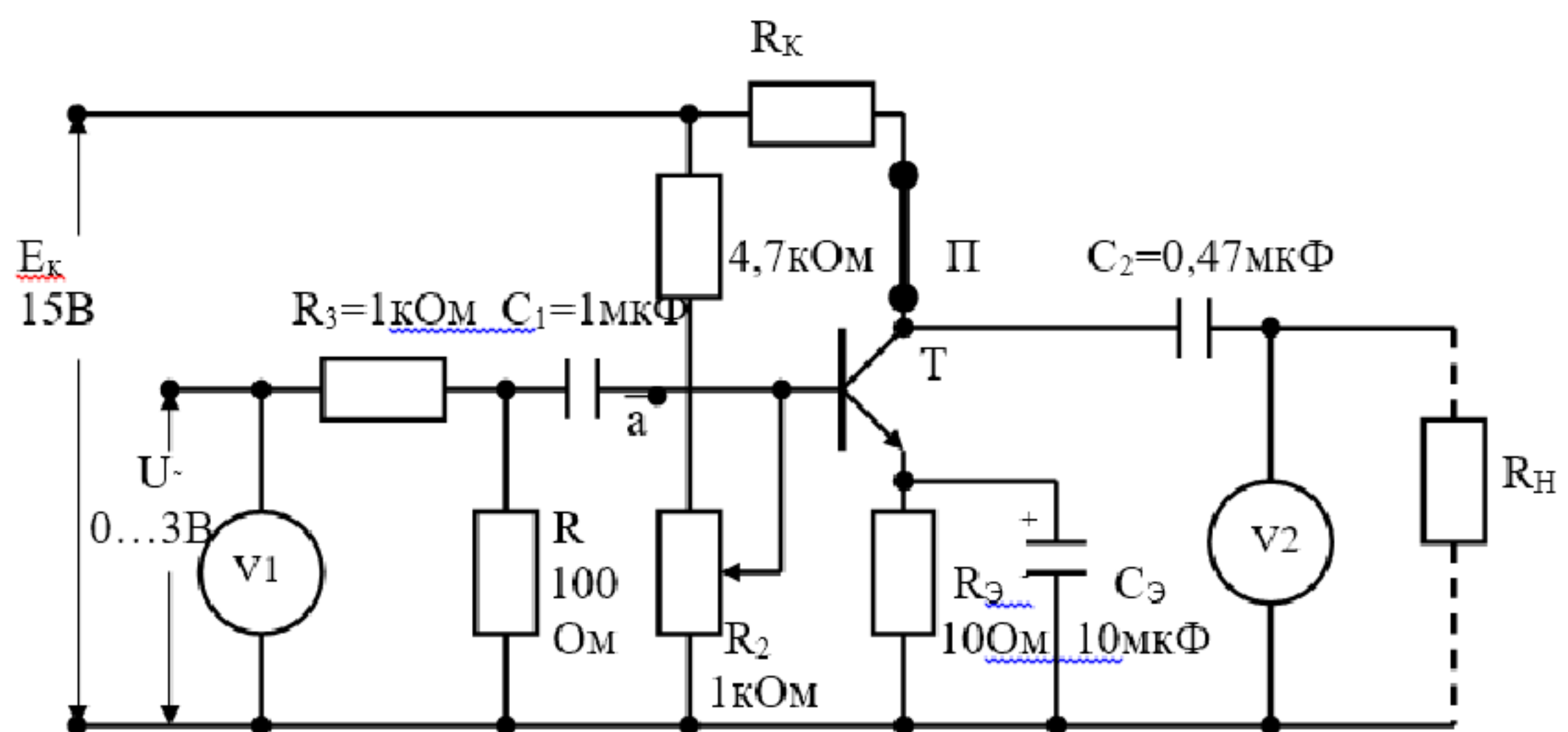


Рисунок 5.1

Питание усилителя осуществляется от источника постоянного напряжения 15В. Входной сигнал подаётся от источника синусоидального напряжения через делитель R_3R_4 , который предназначен для более плавного изменения амплитуды входного сигнала и к схеме усилителя не относится.

Режим усилителя по постоянному току обеспечивается делителем напряжения R_1R_2 и сопротивлением в цепи эмиттера $R_Э$. Делителем R_1R_2 настраивается положение начальной рабочей точки (НРТ), т.е. напряжение на коллекторе и ток коллектора при отсутствии входного сигнала. Положение НРТ показано на семействе выходных характеристик транзистора (рис. 5.2), оно определяет режим работы транзистора. Если НРТ находится в центре

активной зоны выходных характеристик, то транзистор работает в режиме А, усиливая как положительные, так и отрицательные полуволны входного сигнала. Если положительное

смещение на базе отсутствует, то транзистор работает в режиме В (точка В на рис. 5.2), усиливая только положительные волны входного сигнала. Для уменьшения нелинейных искажений, которые особенно заметны при малых токах базы, на базу транзистора подают небольшое положительное смещение (точка АВ на рис 5.2), в этом случае транзистор усиливает положительные полуволны входного сигнала и частично – отрицательные. Режимы В и АВ используют в схемах двухтактных усилителей, в которых отрицательные и положительные полуволны усиливаются двумя разными транзисторами. В усилителе, используемом в данной лабораторной работе, транзистор работает в режиме А. Небольшое сопротивление в цепи эмиттера $RЭ$ предназначено для стабилизации положения начальной рабочей точки, которая осуществляется следующим образом.

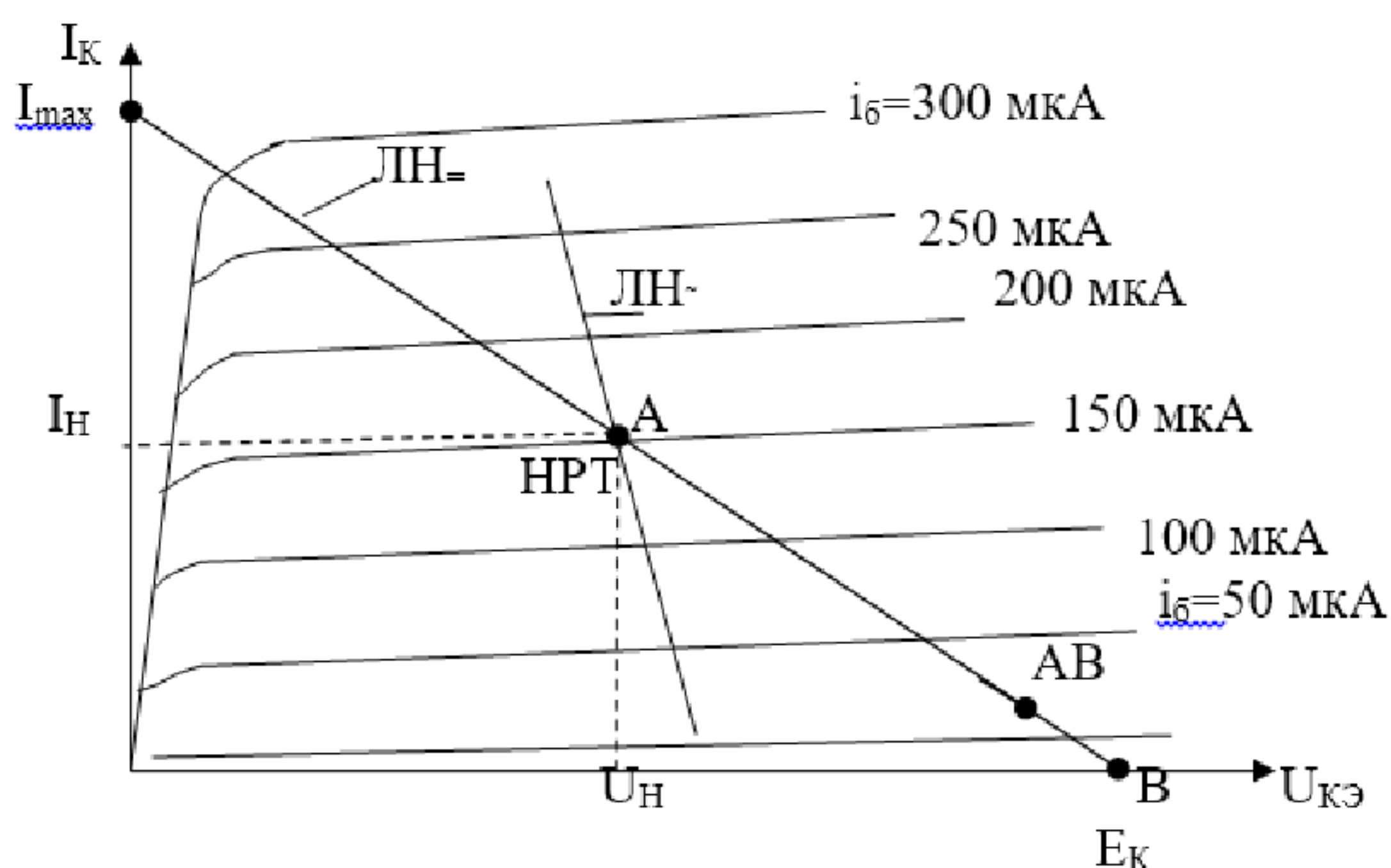


Рисунок 5.2

Ток в цепи базы определяется разностью потенциалов между базой и эмиттером, которая равна (см. рис. 5.1)

$$U_{бэ} = U_{вх} + U_{см} - U_{ос},$$

Где $U_{ос}$ равно произведению постоянной составляющей тока эмиттера на сопротивление $RЭ$. Переменная составляющая тока эмиттера на величину $U_{ос}$ влияния не оказывает, т.к. она протекает в основном через конденсатор $CЭ$, сопротивление которого для переменной составляющей намного меньше $RЭ$. Если по каким-либо причинам постоянная составляющая тока в цепи коллектор – эмиттер возрастёт, то соответственно возрастёт напряжение

$U_{ос}$, а напряжение $U_{бэ}$ понизится, что приведёт к снижению тока базы и стабилизации НРТ. При снижении постоянной составляющей тока цепи коллектор – эмиттер происходит обратный процесс.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
электронно
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шабриков Александр Сергеевич
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Наличие конденсатора C_{Σ} исключает отрицательную обратную связь по переменной составляющей и тем самым исключает уменьшение коэффициента усиления усилителя, которое имело бы место при наличии этой связи.

Выходное напряжение усилителя в цепь нагрузки R_H снимается с коллектора транзистора. При положительной полуволне входного напряжения сопротивление транзистора уменьшается и потенциал на коллекторе снижается. При отрицательной полуволне входного усиливаемого сигнала сопротивление транзистора увеличивается и потенциал на базе повышается. Таким образом, фаза напряжения на выходе усилителя противоположна фазе входного сигнала.

Конденсаторы C_1 и C_2 являются разделительными, препятствующими протеканию постоянного тока от источника питания во входной цепи и в цепи нагрузки, их сопротивление для токов усиливаемых частот должно быть незначительным.

Итак, режим работы транзистора по постоянному току определяется напряжением источника питания, величиной сопротивления цепи коллектор – эмиттер и током базы. При отсутствии тока базы транзистор полностью закрыт, т.е. ток коллектора близок к нулю и всё напряжение питания падает на сопротивлении транзистора (точка В на рис. 5.2). Если предположить, что транзистор полностью открыт (т.е. его сопротивление равно нулю), то всё напряжение источника питания будет падать на сопротивлениях R_K и R_{Σ} , а ток в цепи коллектора будет:

$$I_K = I_{\max} = E_K / (R_K + R_{\Sigma}).$$

При изменении постоянной составляющей тока базы режим работы по постоянному току будет определяться линией, соединяющей точки В и $I_{\max}$. Эту линию называют линией нагрузки по постоянному току (см. рис. 5.2).

Цепь, по которой в усилителе замыкается переменный ток, отличается от цепи постоянного тока. Во-первых, из цепи переменного тока практически исключается сопротивление R_{Σ} , т.к. оно шунтировано конденсатором C_{Σ} ; во-вторых, ёмкости конденсаторов C_{Σ} и C_2 принимают настолько большими, что их сопротивления оказываются пренебрежимо малыми по сравнению с сопротивлениями R_K и R_H . Сопротивление источника питания обычно также на 2 – 3 порядка ниже последних двух сопротивлений. В связи с отмеченными обстоятельствами схема замещения цепи переменного тока выглядит так, как представлено на рис. 5.3а.

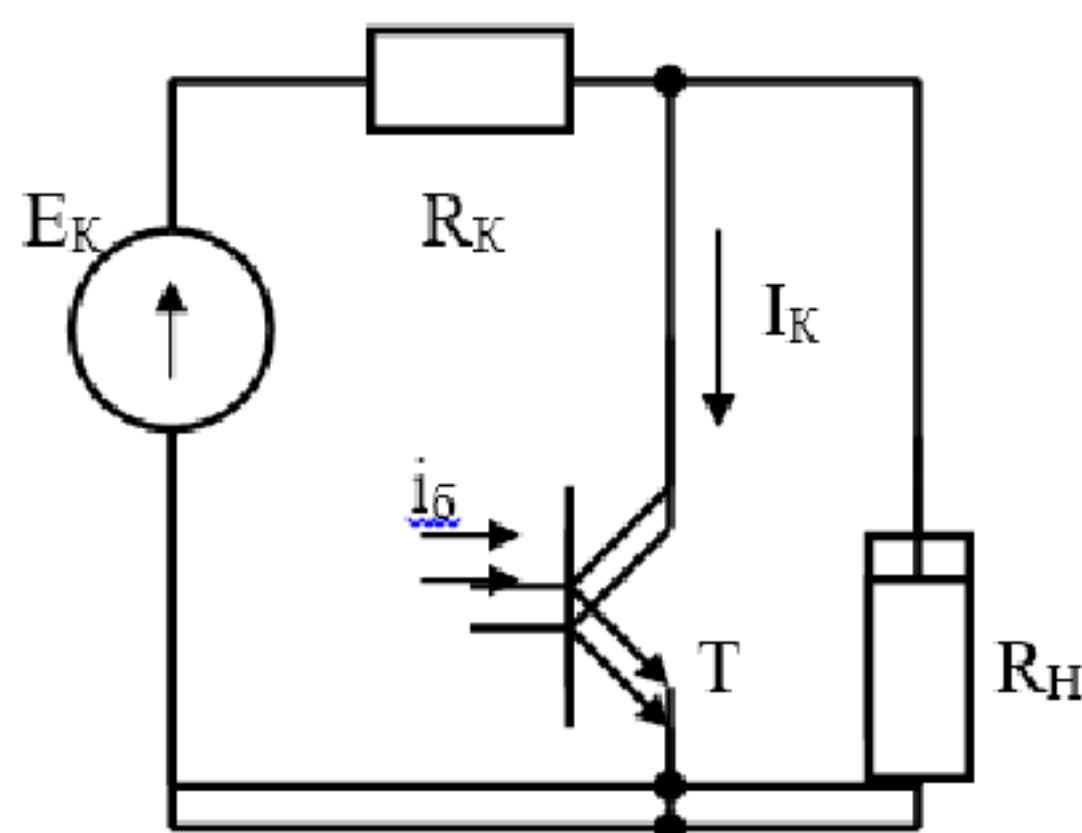


Рисунок 5.3а

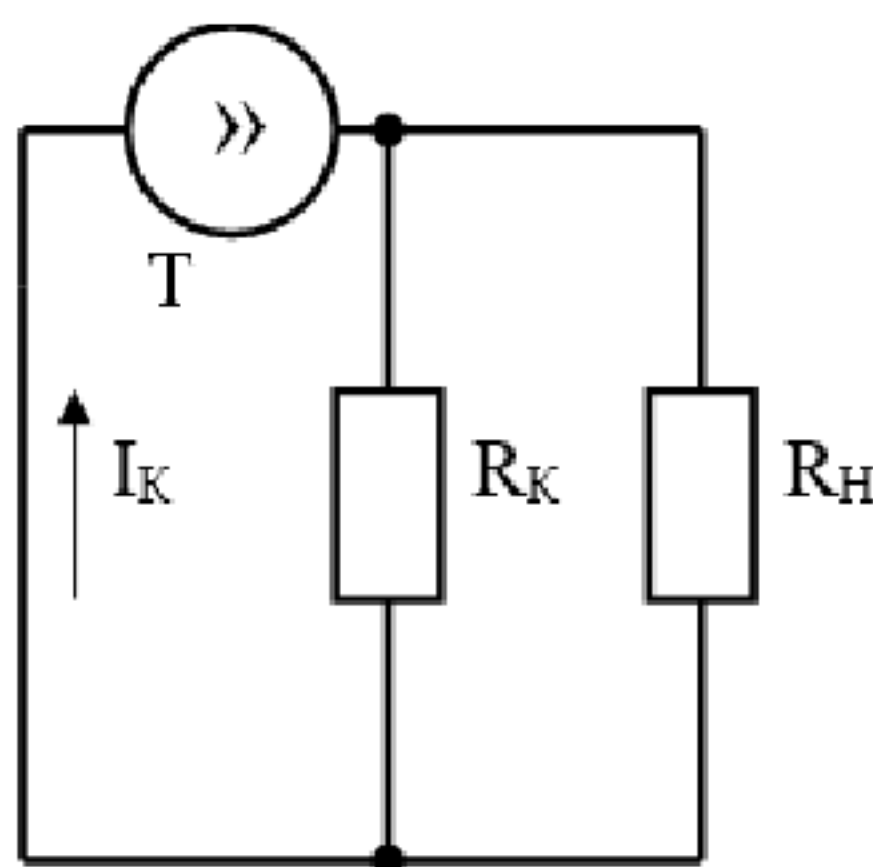


Рисунок 5.3б

Обратим внимание на то, что выходные характеристики транзистора в активной зоне практически горизонтальны, т.е. ток через транзистор не зависит от напряжения коллектор – эмиттер, а определяется только током базы, поэтому транзистор в этой зоне можно рассматривать как источник тока, управляемый током базы $I_K = \beta \cdot i_B$, где β – коэффициент усиления базового тока. В этом случае, с учётом того, что сопротивлением источника питания можно пренебречь, схема замещения примет вид, изображённый на рис. 5.3б. В этой схеме сопротивления R_K и R_H включены параллельно, поэтому переменная составляющая тока коллектора и, соответственно, наклон линии нагрузки по переменному току определяются сопротивлением

$$R_K R_H / (R_K + R_H).$$

Т.к. это сопротивление всегда меньше, чем сопротивление $R_K + R_H$, то и линия нагрузки по переменному току для данного усилителя имеет больший наклон, чем по постоянному.

Одними из основных параметров усилителей являются коэффициенты усиления. Каскад по схеме с общим эмиттером усиливает как напряжение, так и ток. Под коэффициентом усиления по напряжению понимают отношение амплитуды напряжения на нагрузке к амплитуде напряжения входного сигнала:

$$K_U = U_{Hm}/U_{Bx\ m}.$$

Амплитуда напряжения на нагрузке (см. рис. 5.3б):

$$U_{Hm}=I_{Km} R_K R_H/(R_K+ R_H)=\beta I_{bm} R_K R_H/(R_K+ R_H).$$

Амплитуда напряжения входного сигнала также может быть выражена через амплитуду тока базы I_{bm} :

$$U_{Bx\ m}= I_{bm}r_b+I_{em}r_e,$$

где r_b и r_e - , соответственно, сопротивления базы и эмиттера транзистора,

I_{em} – амплитуда тока эмиттера.

Но $I_{em}=I_{bm}(1+\beta)$, поэтому

$$U_{Bx\ m}= I_{bm}r_b+I_{bm}r_e(1+\beta) = I_{bm}[r_b+r_e(1+\beta)] = I_{bm}h_{11},$$

где $h_{11}= r_b+r_e(1+\beta)$ – динамическое входное сопротивление транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером.

Таким образом, коэффициент усиления каскада по напряжению

$$K_U = U_{Hm}/U_{Bx\ m} = (\beta/ h_{11})[R_K R_H/(R_K+ R_H)].$$

Как следует из полученного выражения, коэффициент усиления зависит как от параметров транзистора, так и от сопротивлений R_K и R_H .

Коэффициент усиления по току определяется как отношение амплитуд тока в цепи нагрузки и в цепи базы:

$$K_i= I_{Hm}/ I_{bm}.$$

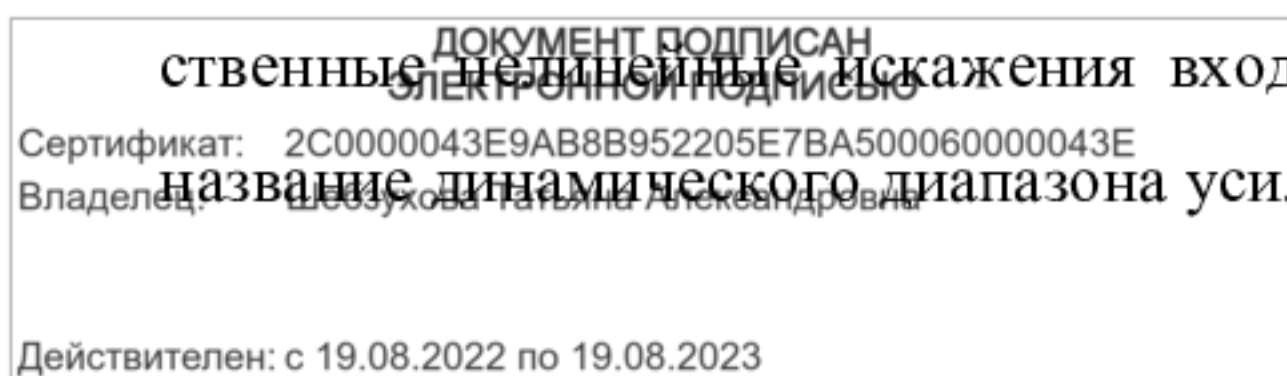
$$I_{Hm}=U_{Hm}/R_H= \beta I_{bm} R_K /(R_K+ R_H),$$

$$K_i= \beta R_K /(R_K+ R_H).$$

Качество работы усилителей и область их применения определяются такими характеристиками, как амплитудная, амплитудно-частотная и фазо-частотная.

Амплитудная характеристика отражает зависимость выходного сигнала (напряжения или тока) от амплитуды входного. Вид амплитудной характеристики представлен на рис. 5.4. Точка 1 соответствует напряжению шумов, измеряемому при $U_{Bx} = 0$. Точка 2 характеризует минимальное значение входного сигнала, различимое на фоне шумов. Между точками 2 и 3 расположен рабочий диапазон усилителя. После точки 3 происходят суще-

ственные нелинейные искажения входного сигнала. Величина $D = U_{Bx\ max}/ U_{Bx\ min}$ носит название динамического диапазона усилителя.



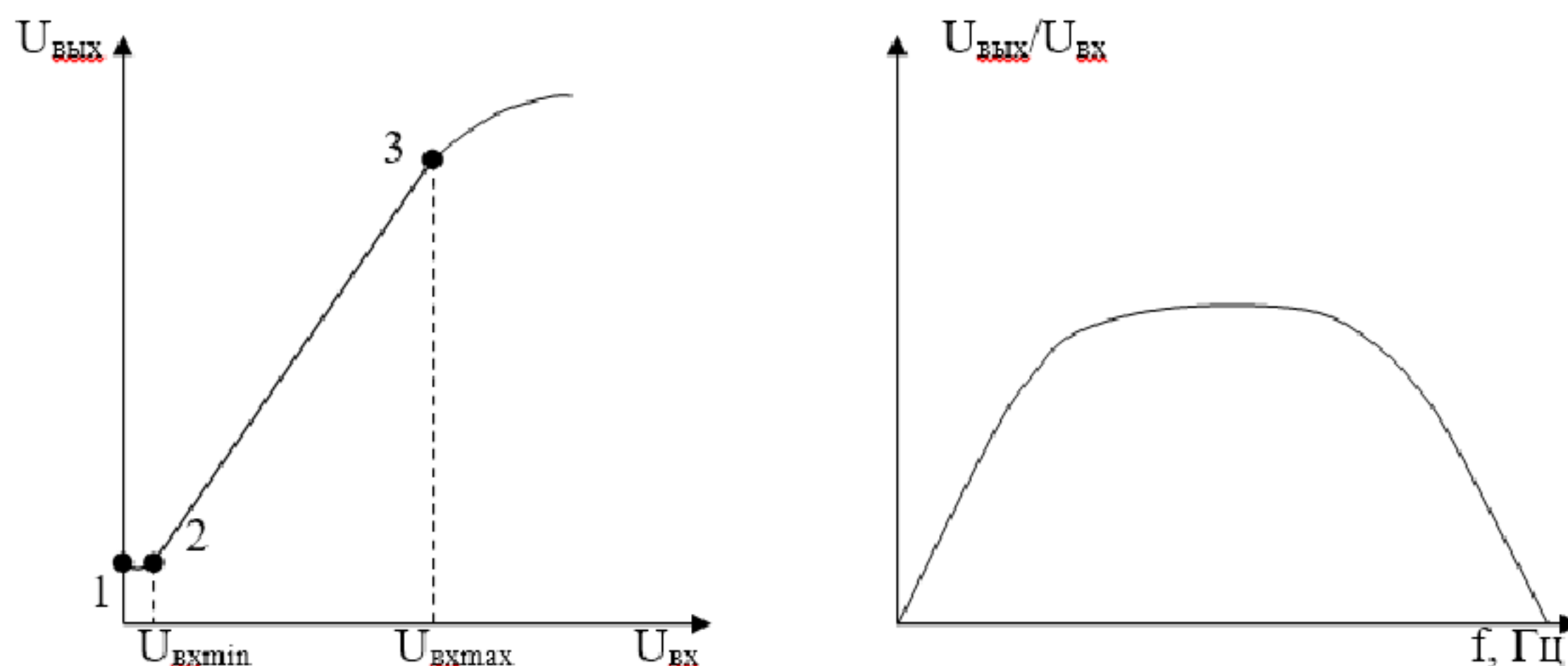


Рисунок 5.4

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) представляет зависимость отношения амплитуд выходного и входного сигналов от частоты усиливаемого сигнала. Для рассматриваемой схемы усилительного каскада она имеет вид, изображённый на рис. 5.5. Фазо-частотная характеристика отражает зависимость фазового сдвига между выходным и входным синусоидальными сигналами от частоты.

В ряде случаев важное значение имеют такие параметры усилителя, как входное $R_{вх}$ и выходное $R_{вых}$ сопротивления. Эти сопротивления для собранного каскада нетрудно определить опытным путём.

Напряжение на выходе усилителя определяется через напряжение на входе и коэффициент усиления:

$$U_{вых1} = K_U U_{вх}$$

при этом

$$I_б = U_{вх}/R_{вх}.$$

Если, не изменяя входного напряжения, в цепь базы включить добавочное сопротивление $R_{доб}$, то ток базы будет:

$$I_б = U_{вх}/(R_{вх} + R_{доб}),$$

а напряжение в цепи эмиттер – база (исключая добавочное сопротивление) будет равно:

$$I_б R_{вх} = U_{вх} R_{вх}/(R_{вх} + R_{доб}),$$

при этом напряжение на выходе усилителя уменьшится и станет равным

$$U_{вых2} = K_U U_{вх} R_{вх}/(R_{вх} + R_{доб})$$

Разделив (5.1) на (5.2), получим:

$$U_{вых1}/U_{вых2} = (R_{вх} + R_{доб})/R_{вх}, \text{ откуда}$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB0B352202E7BA30000000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$R_{вх} = R_{доб} U_{вых2} / (U_{вых1} - U_{вых2}) \quad (5.3).$$

Таким образом, включив в разрыв цепи входного сигнала (точка «а» на рис.5.1) добавочное сопротивление и измерив напряжения на выходе усилителя до и после его включения при неизменном входном сигнале, входное сопротивление можно вычислить по формуле (3).

Для определения выходного сопротивления необходимо при некотором входном сигнале измерить напряжение $U_{вых1}$ при отсутствии нагрузки. Это напряжение:

$$U_{вых1} = K_U U_{вх} \quad (5.4).$$

Затем, не изменяя входного сигнала, на выход усилителя включить сопротивление нагрузки R_n . При этом напряжение на выходе уменьшится и станет равным $U_{вых2} = K_U U_{вх} - I_{вых} R_{вых}$, но $I_{вых} = U_{вых2} / R_n$, поэтому

$$U_{вых2} = K_U U_{вх} - U_{вых2} R_{вых} / R_n, \text{ далее, используя (5.4), имеем:}$$

$$U_{вых2} = U_{вых1} - U_{вых2} R_{вых} / R_n, \text{ откуда}$$

$$R_{вых} = R_n (U_{вых1} / U_{вых2} - 1) \quad (5.5).$$

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо выполнить следующее:

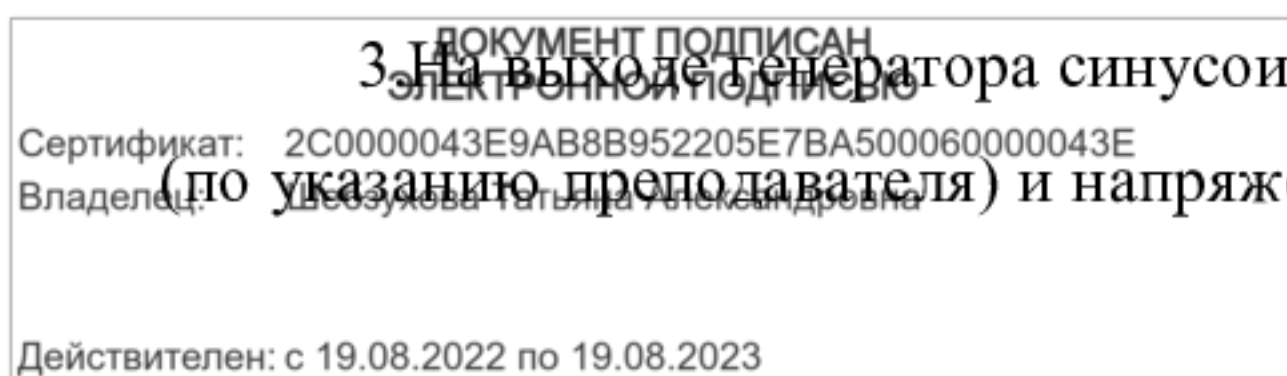
- собрав схему усилителя, установить начальную рабочую точку;
- снять амплитудную характеристику каскада, определить его коэффициент усиления по напряжению и динамический диапазон;
- проанализировать влияние на амплитудную характеристику и, соответственно, на коэффициент усиления по напряжению наличия конденсатора в цепи эмиттера и величины сопротивления в цепи коллектора при неизменном сопротивлении нагрузки;
- определить входное и выходное сопротивления каскада;
- снять амплитудно-частотную характеристику каскада.

Порядок выполнения работы следующий:

1. Изучить основные теоретические положения.

2. Собрать схему, изображенную на рис. 5.1, приняв $R_K = 470 \text{ Ом}$.

3. На выходе генератора синусоидального напряжения установить частоту 2...5 кГц (по указанию преподавателя) и напряжение 2 В, при этом напряжение на входе усилителя



Задание №9

Ширина запрещенной зоны Si при $T_1 = 300$ К, составила $\Delta W = 1,12$ эВ. При изменении температуры до $T_2 = 250$ К ширина запрещенной зоны Si изменяется по закону $\Delta W_{(T)} = \Delta W_{(300K)} - \alpha(T - 300K)$, где $\alpha = 2,84 \cdot 10^{-4}$ (эВ/К).

Определить, как изменится плотность обратного тока j_s через идеальный Si p-n- переход при уменьшении температуры от T_1 до T_2 .

Задание №10

Определить изменение контактной разности потенциалов ϕ_k , если в Si p-n-переходе, при $T = 300$ К, удельное сопротивление p-области составляло $\rho_p = 1$ (Ом/см), а концентрация доноров составляла: $N_{D1} = 10^{14}$ и $N_{D2} = 10^{16}$ (см $^{-3}$).

Задание №11

Определить изменение контактной разности потенциалов ϕ_k , если в Ge p-n-переходе, при $T = 320$ К, удельное сопротивление областей: $\rho_p = 2$ (Ом/см), $\rho_n = 1$ (Ом/см); концентрация доноров составляла: $N_{D1} = 10^{15}$ и $N_{D2} = 10^{18}$ (см $^{-3}$).

Задание №12

Построить линию нагрузки для цепи, содержащей источник $E = 10$ В, сопротивление $R_{огр} = 100$ Ом и диод КД102 (используя данные параметров из табл. 2 Приложения 1.).

Определить диапазон возможных прямых токов для прямой ветви (при $T = 300$ К).

Задание №13

Построить линию нагрузки для цепи, содержащей источник $E = 15$ В, сопротивление $R_{огр} = 150$ Ом и диод ГД507 (используя данные параметров из табл. 2 Приложения 1.).

Определить диапазон возможных прямых токов для прямой ветви (при $T = 300$ К).

Задание №14

В цепи из двух диодов Д310 или Д311 при изменении напряжения $U_{пр} = 0,12 \div 0,36$ В (и при $T = 300$ К) прямой ток увеличивается в диапазоне $I_{пр} = 2,5 \div 16$ мА.

Определить дифференциальное сопротивление и крутизну характеристики диода.

Задание №15

В цепи из двух диодов КД521 или 522 при изменении напряжения $U_{пр} = 0,35 \div 0,65$ В (и при $T = 300$ К) прямой ток увеличивается в диапазоне $I_{пр} = 1 \div 30$ мА.

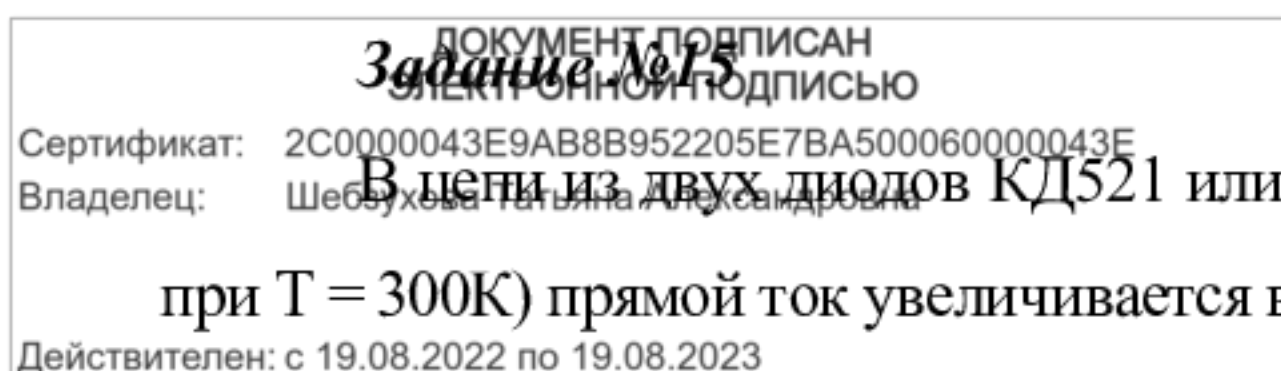


Таблица 5.2.

$R_k, \text{Ом}$	150	220	330	470	660	1000
$U_{\text{вых}}, \text{В}$						
K_U						

8. Установить входное напряжение 0.2 В. Устанавливая значения частоты входного сигнала, указанные в таблице 5.3, и не меняя амплитуду входного напряжения, записать в таблицу значения выходного напряжения. По результатам замеров построить АЧХ.

Таблица 5.3.

$f, \text{кГц}$	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,8	12	15	20
$U_{\text{вых}}, \text{В}$									
$U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$									

9. При $R_n = 0$ и входном напряжении 0,2 В замерить напряжение $U_{\text{вых1}}$. В цепь базы (точка «а» на рис. 5.1) включить добавочное сопротивление 330 Ом, при том же значении входного напряжения замерить $U_{\text{вых2}}$. По формуле (3) вычислить входное сопротивление усилителя.

10. Исключить добавочное сопротивление из цепи базы. Замерить выходное напряжение усилителя $U_{\text{вых1}}$ при отсутствии нагрузки на его выходе. Включив сопротивление нагрузки 470 Ом при $R_k = 470 \text{ Ом}$ и при прежнем входном сигнале измерить $U_{\text{вых2}}$. По формуле (5) вычислить входное сопротивление усилителя.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;

7. Выводы.

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под начальной рабочей точкой усилителя?
2. Как зависит режим работы усилителя от положения НРТ?
3. Чем обеспечивается положение НРТ в рассматриваемом усилителе?
4. Какую роль выполняет сопротивление в цепи эмиттера?
5. Для чего сопротивление в цепи эмиттера шунтируют конденсатором?
6. Какую роль выполняют конденсаторы в цепи базы и на выходе усилителя?
7. Как построить линию нагрузки усилителя по постоянному току?
8. Объясните схему замещения усилителя по переменному току.
9. Каким сопротивлением определяется наклон линии нагрузки усилителя по переменному току?
10. Что понимают под амплитудной характеристикой усилителя?
11. Что представляют собой амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики усилителя?
12. Что называют динамическим диапазоном усилителя?
13. От чего зависит величина коэффициентов усиления усилителя?
14. Как опытным путём определить величину входного и выходного сопротивлений усилителя?
15. Как изменится коэффициент усиления усилителя, если сопротивление в цепи эмиттера не шунтировать конденсатором?
16. Как коэффициент усиления усилителя зависит от сопротивления в цепи коллектора?
17. Объясните, почему выходной сигнал усилителя отличается от входного по фазе на 180° ?

Лабораторная работа №6. Транзисторные усилители. Усилитель на полевом транзисторе.

Цель работы: Исследовать работу усилительного каскада на полевом транзисторе с общим истоком, снять его амплитудную и амплитудно-частотную характеристики, определить входное и выходное сопротивления.

Основы теории:

Схема каскада усилителя с общим истоком изображена на рис. 6.1.

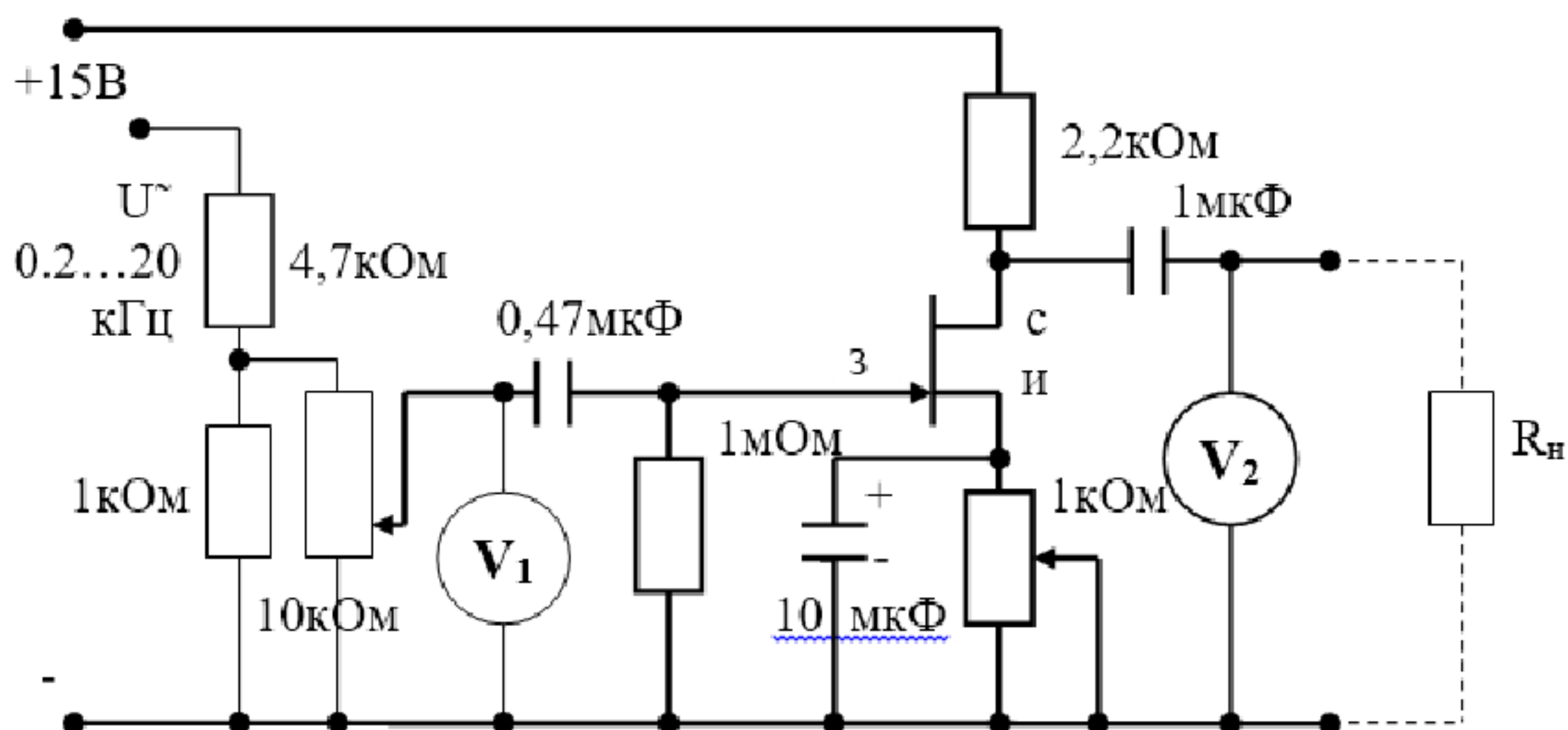


Рисунок 6.1

Питание усилителя осуществляется от источника постоянного напряжения 15В. Входной усиливаемый сигнал подаётся от генератора синусоидального напряжения переменной частоты. Для более плавного изменения амплитуды входного сигнала служит делитель напряжения, состоящий из постоянных резисторов 4,7 и 1 кОм и переменного резистора 10 кОм. Разделительные конденсаторы 0,47 мкФ и 1 мкФ препятствуют прохождению постоянного тока в цепь источника входного сигнала и в цепь нагрузки, в качестве которой в лабораторной работе используется резистор R_n . Для установки начальной рабочей точки транзистора служит сопротивление, включённое в цепь истока, напряжение с которого подаётся на затвор через резистор 1 мОм. Начальная рабочая точка устанавливается в средней части линейного участка стокзатворной характеристики, в этом случае усиливаются как положительные, так и отрицательные полуволны входного сигнала при минимальных нелинейных искажениях. Конденсатор в цепи истока исключает отрицательную обратную связь по переменной составляющей сигнала.

Основными характеристиками усилителя с полевым транзистором, как и с биполярным, являются амплитудная, амплитудно-частотная и фазо-частотная. Ввиду того, что во входной цепи полевого транзистора ток практически отсутствует, коэффициенты усиления по току и по мощности каскада с полевым транзистором обычно не используются, а используется только коэффициент усиления по напряжению. Из параметров усилителя используются также входное и выходное сопротивления, которые определяют опытным путём по той же методике, что и для усилителей с биполярными транзисторами.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

При выполнении данной лабораторной работы студенты должны собрать схему каскада усилителя на полевом транзисторе с общим истоком, снять амплитудную характеристику в режиме холостого хода и под нагрузкой, вычислить коэффициент усиления по напряжению, снять амплитудно-частотную характеристику, определить входное и выходное сопротивления усилителя.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Собрать схему усилителя (рис. 6.1).
2. На выход усилителя включить осциллограф. При частоте входного сигнала 2 кГц и напряжении 0,5 В изменением сопротивления в цепи истока добиться минимального искажения выходного сигнала.
3. При частоте входного сигнала, заданной преподавателем, снять амплитудную характеристику в режиме холостого хода. При значениях входного напряжения, указанных в таблице 6.1, замерить и внести в таблицу величину выходного напряжения и вычисленные значения коэффициента усиления по напряжению.
4. То же проделать, включив на выход усилителя сопротивление нагрузки, заданное преподавателем.

Таблица 6.1.

U _{вх} , В		0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
При R _н =0	U _{вх}													
	K _U													

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

При	$U_{\text{ВЫХ}}$													
$R_{\text{Н}}=$	K_U													

5. Снять амплитудно-частотную характеристику при напряжении входного сигнала 0,5 В и при частотах, указанных в таблице 6.2, замеренные значения выходного напряжения и вычисленные значения коэффициента усиления занести в таблицу.

Таблица 6.2.

f, кГц	0.2	0.4	0.8	1	2	4	8	12	15	18	20
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$											
K_U											

6. Для определения входного сопротивления замерить выходное напряжение U_1 в режиме холостого хода при заданной преподавателем частоте и при напряжении входного сигнала 0,5 В. Во входную цепь последовательно с разделительным конденсатором включить сопротивление $R_{\text{доб}}=10 \text{ кОм}$ и замерить напряжение на выходе U_2 . Входное сопротивление вычислить по формуле:

$$R_{\text{ВХ}} = R_{\text{доб}} / (U_1 / U_2 - 1).$$

7. Исключить из схемы добавочное сопротивление. Включить сопротивление нагрузки 10 кОм, и при тех же значениях частоты и входного напряжения измерить напряжение U_3 на выходе усилителя. Выходное сопротивление усилителя вычислить по формуле:

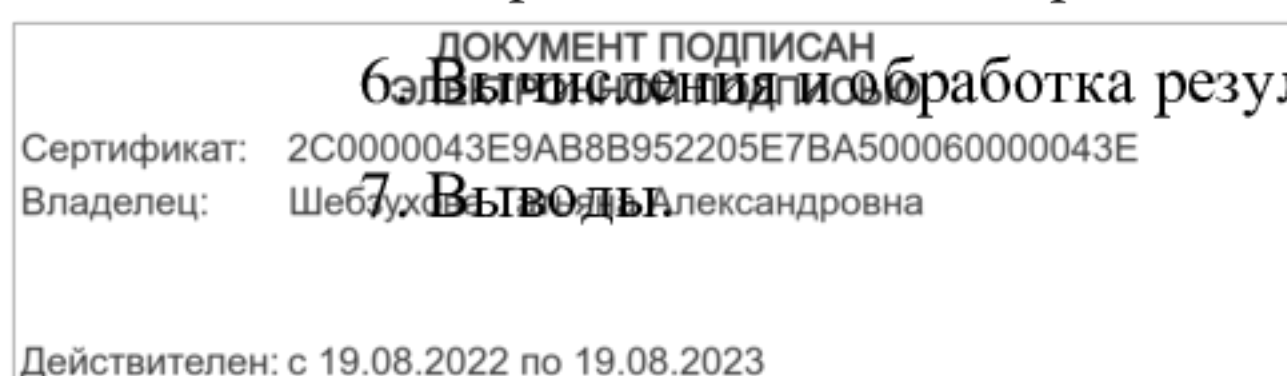
$$R_{\text{ВЫХ}} = R_{\text{Н}}(U_1 / U_3 - 1).$$

8. Построить графики амплитудных и амплитудно-частотной характеристик.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.



Контрольные вопросы:

1. Объясните назначение элементов каскада усилителя.
2. Как установить положение начальной рабочей точки, чтобы получить минимальные нелинейные искажения усиливаемого сигнала?
3. Что представляет собой амплитудная характеристика усилителя? Как её получить?
4. Как амплитудная характеристика усилителя зависит от нагрузки?
5. Что представляет собой амплитудно-частотная характеристика усилителя? Как её получить?
6. Как определяют входное сопротивление усилителя?
7. Как определяют выходное сопротивление усилителя?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа №7. Тиристоры. Тиристор.

Цель работы: Исследовать процессы отпирания и запираания тиристора, снять статические вольтамперные характеристики цепи управления и анодной цепи.

Основы теории:

Тиристор – это полупроводниковый прибор, имеющий четырёхслойную структуру и три рп-перехода. У тиристора имеется три электрода, два из которых подсоединены к крайним слоям – это анод и катод, третий электрод подсоединён к одному из средних слоёв – это управляющий электрод.

Если при отключённом управляющем электроде между анодом и катодом подать напряжение и его постепенно увеличивать, то до некоторого его значения сопротивление тиристора будет оставаться очень высоким и ток через него будет практически отсутствовать, затем сопротивление тиристора резко упадёт, и падение напряжения на нём составит не более двух вольт, тиристор откроется. Однако открывания тиристора повышением анодного напряжения следует избегать, т.к. при этом может произойти его разрушение. Открывают тиристор подачей напряжения на управляющий электрод. После снятия напряжения с управляющего электрода тиристор остаётся в открытом состоянии. Чтобы тиристор закрылся, анодное напряжение необходимо кратковременно снять, либо, увеличивая сопротивление в цепи анод-катод, снизить ток ниже так называемого тока удержания.

Описанные свойства тиристора используют в таких устройствах, как управляемые выпрямители, инверторы, частотные преобразователи, пусковые аппараты и др.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

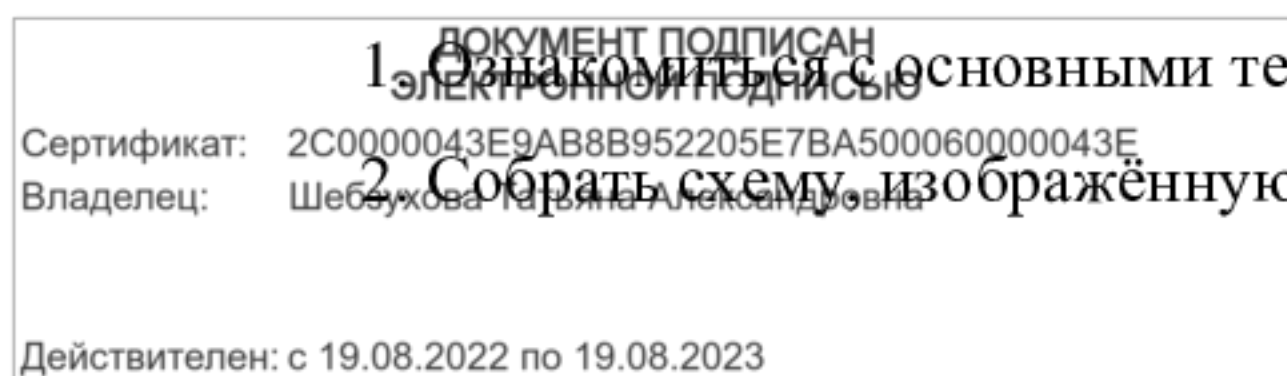
Указания по выполнению лабораторной работы:

Данная лабораторная работа включает в себя снятие вольтамперной характеристики цепи управления, определение тока удержания тиристора и испытание способа отключения тиристора шунтированием цепи анод-катод ёмкостью.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями.

2. Собрать схему, изображённую на рис. 7.1.



3. На мультиметрах установить предел измерения тока 2 мА и напряжения 20 В. Увеличивая потенциометром напряжение $U_{ук}$, измерить и занести в таблицу 7.1 значения тока управления I_y . Заметить ток, при котором тиристор открывается (при открывании тиристора загорается лампочка).
4. Постепенно снижая напряжение $U_{ук}$ до нуля, измерить и занести в таблицу значения тока I_y . Убедиться, что при снижении тока управления до нуля тиристор остаётся открытым.

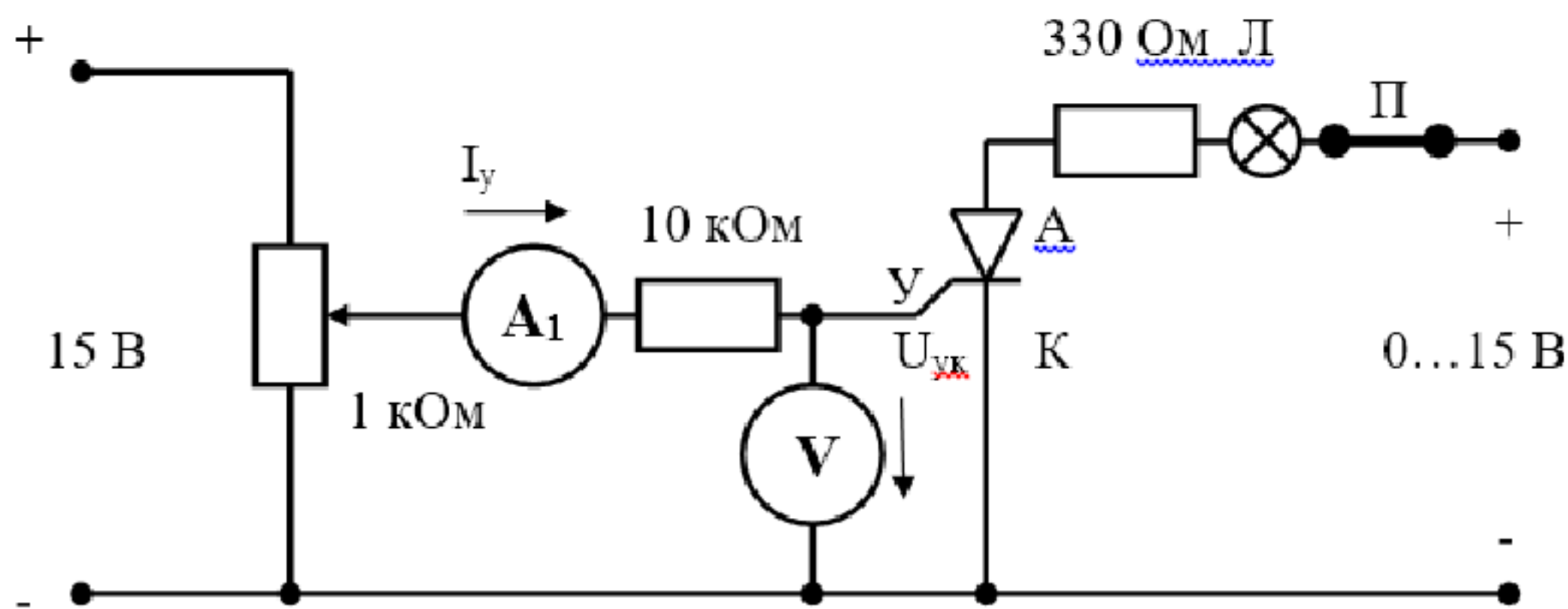


Рисунок 7.1

Таблица 7.1.

$U_{ук}, В$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
$I_y \uparrow$, мА								
$I_y \downarrow$, мА								

5. Построить график зависимости $I_y = f(U_{ук})$.
6. Для определения тока удержания переключку Π и амперметр поменять местами, переключить шкалу амперметра на 200 мА. Увеличив ток управления, открыть тиристор. Плавное уменьшение напряжения в анодной цепи до тех пор, пока ток скачком не упадёт до нуля. Последнее наименьшее значение тока и есть ток удержания. Запишите его значение.
7. Отключить источники питания, собранную схему дополнить схемой, изображённой на рис. 7.2 жирными линиями.

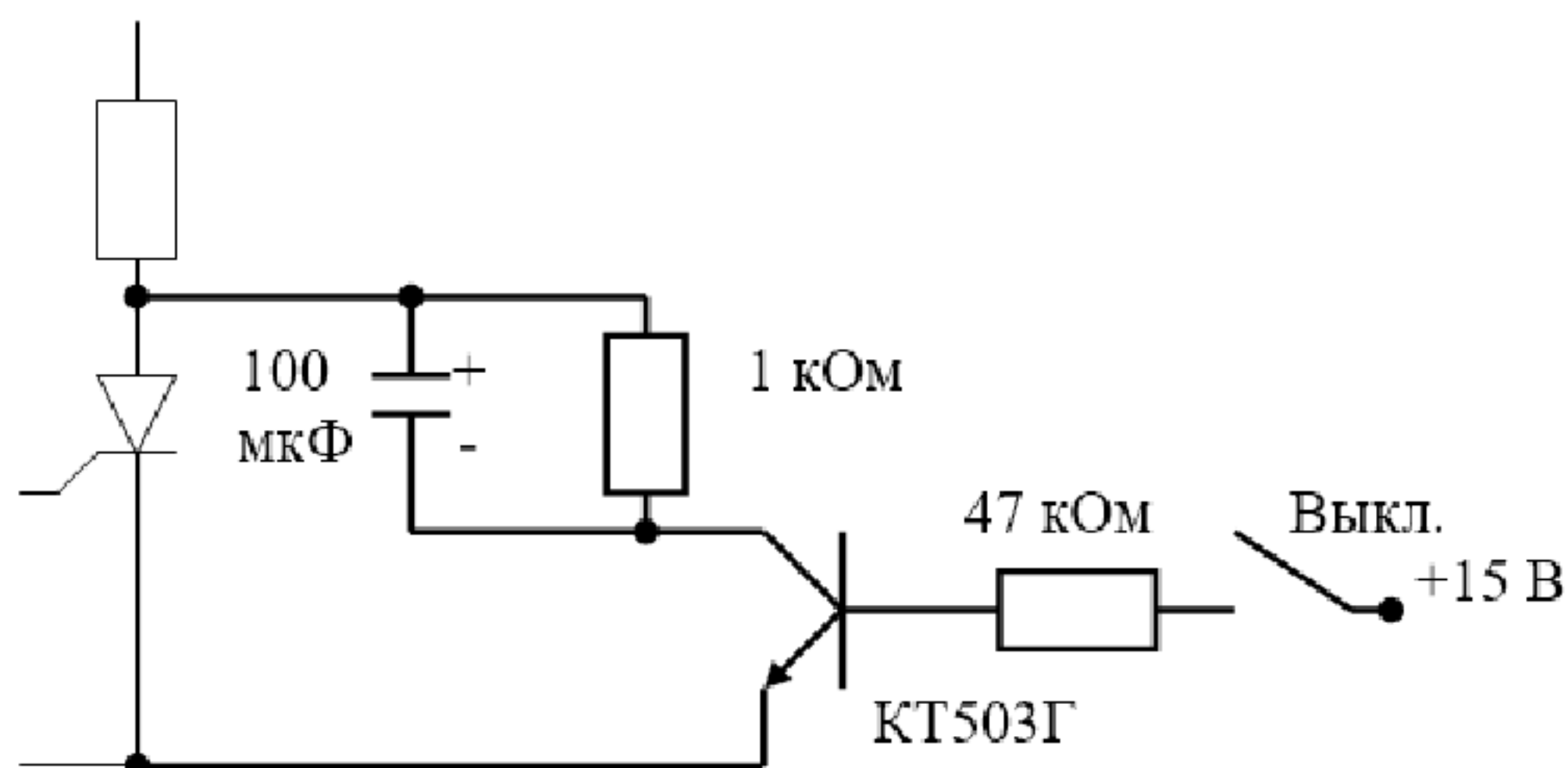


Рисунок 7.2

8. Подать на схему напряжение питания, в анодной цепи тиристора установить наибольшее напряжение, увеличивая ток управления, открыть тиристор. Уменьшить ток управления до нуля, при этом тиристор останется открытым. Кратковременно замкнуть выключатель, убедиться в том, что при включении выключателя тиристор отключается. Описанные действия повторить 2 – 3 раза. При замыкании выключателя сопротивление транзистора уменьшается до незначительной величины, в результате чего тиристор оказывается шунтированным конденсатором, напряжение на котором (а, следовательно, и на тиристоре) согласно законам коммутации в первый момент после замыкания цепи равно нулю. Этого кратковременного падения напряжения на тиристоре достаточно для его запираения.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

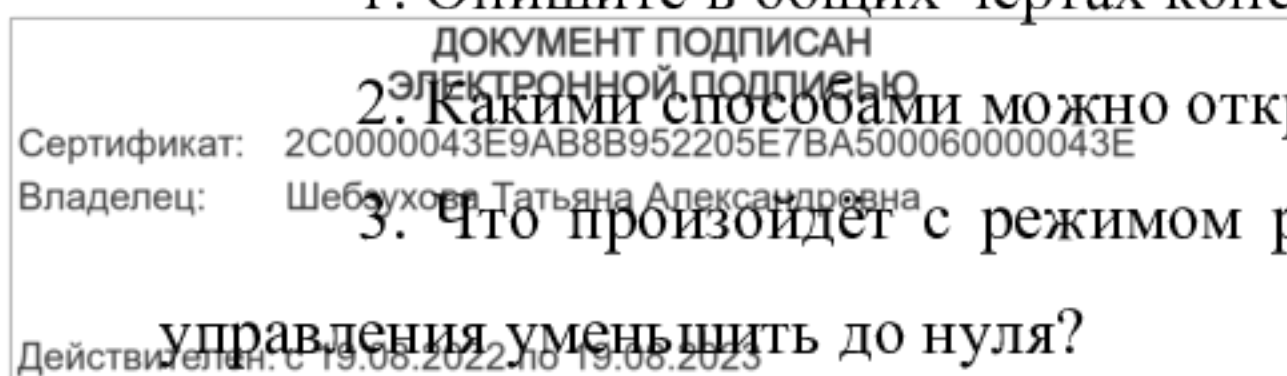
1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите в общих чертах конструкцию тиристора.

2. Какими способами можно открыть тиристор?

3. Что произойдет с режимом работы тиристора, если после его открывания ток управления уменьшить до нуля?



4. Какими способами можно закрыть тиристор?
5. Что понимают под током удержания тиристора?
6. Поясните работу схемы запираания тиристора путём его шунтирования конденсатором.

Часть 2. Тиристорный регулятор тока

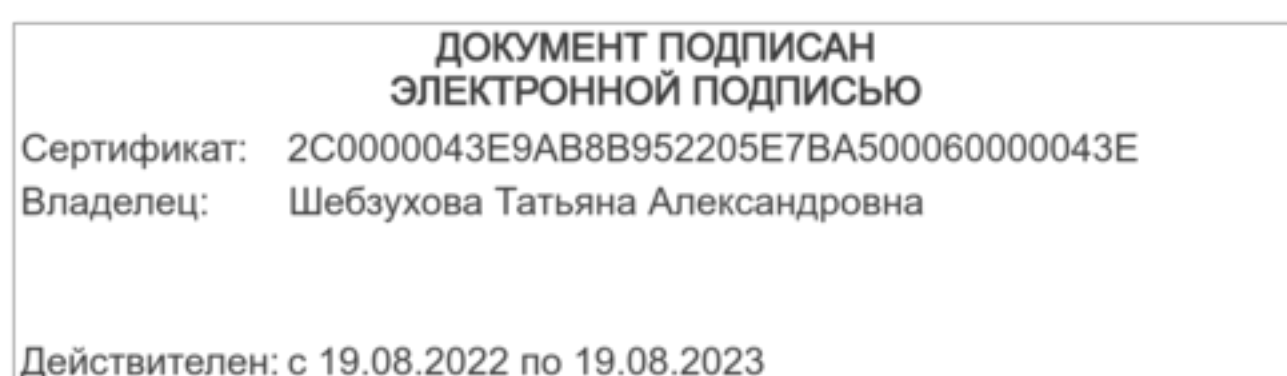
Цель работы: Исследовать работу тиристорного регулятора выпрямленного тока с фазным управлением.

Основы теории:

Схема тиристорного регулятора выпрямленного тока с фазным способом управления представлена на рис. 8.1.

Переменное напряжение частотой 50 Гц, выпрямленное диодным мостиком Д1 – Д4, подаётся на зажимы цепи, состоящей из лампочки Л, нагрузочного сопротивления 220 Ом и тиристора Т. Остальные элементы представляют схему генератора импульсов, предназначенного для фазового управления тиристором. При фазовом способе управления на управляющий электрод тиристора подаются короткие импульсы напряжения, отпирающие тиристор в определённой точке приложенного напряжения. Запирается тиристор при снижении полуволны выпрямленного напряжения до нуля. Среднее значение тока, протекающего через нагрузочное сопротивление, определяется положением отпирающего импульса относительно начала полуволны выпрямленного напряжения, иначе – углом фазового сдвига отпирающего импульса.

Генератор импульсов выполнен на однопереходном транзисторе ТО. При подаче полуволны напряжения на анод запёртого тиристора Т конденсатор заряжается через сопротивления R1, Rп и R2. Как только напряжение заряда достигнет величины, достаточной для отпирания транзистора ТО, транзистор отпирается и конденсатор разряжается по цепи эмиттер – база – управляющий электрод тиристора.



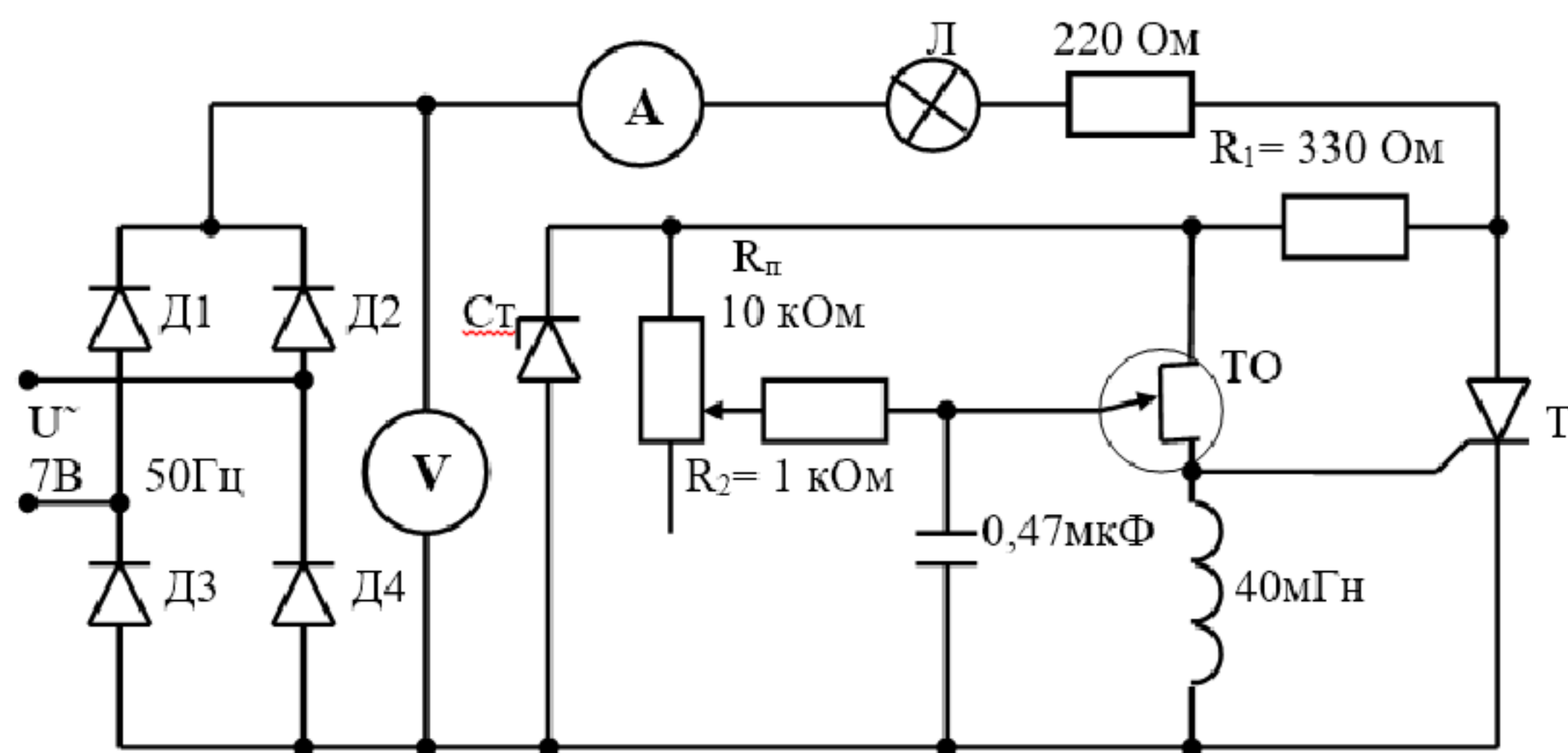


Рисунок 8.1

Тиристор отпирается, создаёт цепь для протекания тока через нагрузку и одновременно шунтирует генератор импульсов. Таким образом, пока тиристор открыт, конденсатор остаётся разряженным. В конце полуволны выпрямленного напряжения тиристор закрывается. Скорость заряда конденсатора и, следовательно, задержка подачи отпирающего импульса по отношению к моменту подачи положительного напряжения на анод тиристора регулируется потенциометром R_p . Индуктивность в цепи базы транзистора предназначена для более чёткого его запираения.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В процессе выполнения данной лабораторной работы необходимо собрать схему тиристорного регулятора тока, опробовать её работу при разных углах отпирания, пронаблюдать на осциллографе кривую изменения напряжения на сопротивлении нагрузки.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Соберите схему, изображённую на рис. 8.1. Установите на мультиметрах предел изменения напряжения 20 В и предел тока – 200 мА, род тока – постоянный. Подайте напряжение питания 7 В, 50 Гц.

2. Вращая рукоятку потенциометра, зафиксируйте минимальное и максимальное значения тока в цепи нагрузки.

3. Замените конденсатор ёмкостью 0,47 мкФ на конденсатор 0,1 мкФ. Зафиксируйте новые значения минимального и максимального напряжений.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННЫМ ПОДПИСАТЕЛЕМ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухов Максим Александрович
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

4. Подключите на зажимы сопротивления нагрузки осциллограф, пронаблюдайте и зарисуйте кривые изменения напряжения на нагрузке при разных углах отпирания тиристора.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

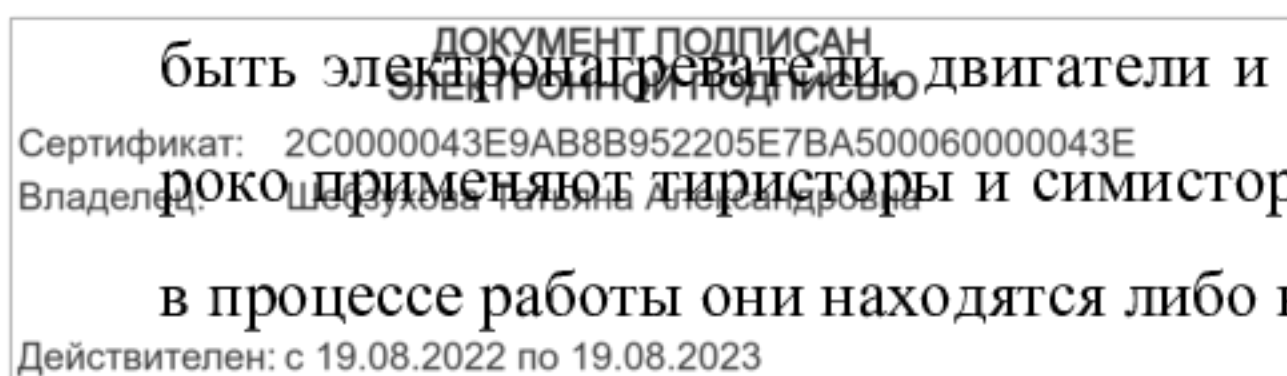
1. Как выглядит фазовый способ управления тиристором?
2. В результате чего запирается тиристор в схеме регулирования величины выпрямленного тока?
3. От чего зависит время задержки управляющего импульса?
4. Опишите работу генератора импульсов.
5. Что называют углом отпирания тиристора?
6. Как изменяется ток в цепи нагрузки при увеличении угла отпирания тиристора?

Часть 3. Тиристорный регулятор напряжения

Цель работы: Изучить принципы регулирования напряжения с использованием полупроводниковых приборов; снять регулировочную и нагрузочную характеристики регулятора напряжения.

Основы теории:

Для управления многими технологическими процессами требуется изменять величину напряжения, подводимого к электроустановке. Такими электроустановками могут быть электронагреватели, двигатели и др. Для регулирования величины напряжения широко применяют тиристоры и симисторы, к.п.д. которых очень высок благодаря тому, что в процессе работы они находятся либо в полностью открытом, либо в полностью закрытом



со-стоянии. Регулирование величины напряжения переменного тока с помощью тиристоров или симисторов можно производить двумя методами. Первый метод – метод фазового управления, при котором величина управляющего сигнала определяет фазу открытия полупроводникового прибора (см. рис. 1). Второй метод – метод, при котором величина управляющего сигнала определяет число пропускаемых в единицу времени к нагрузке целых полупериодов напряжения (рис. 2).

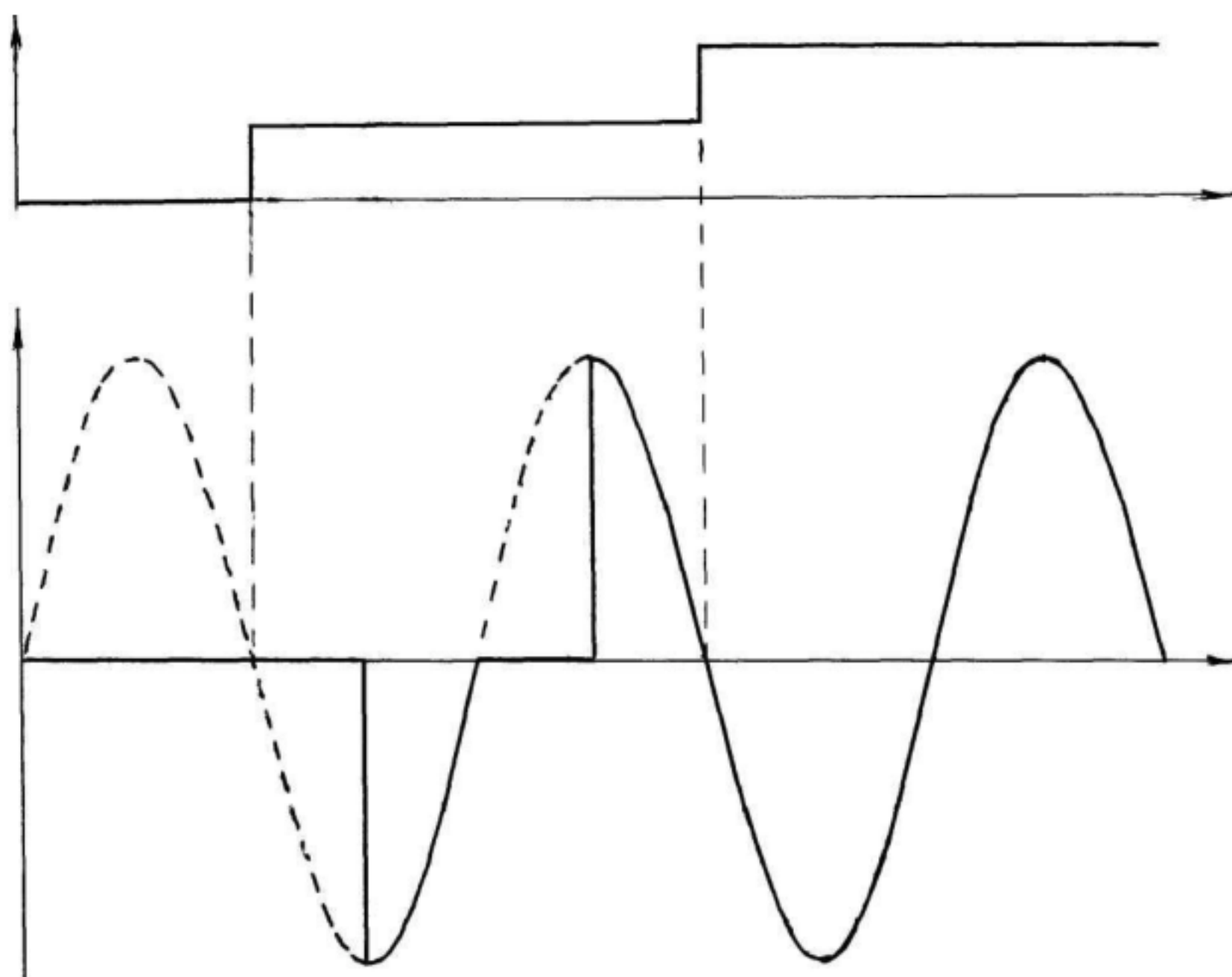


Рисунок 9.1

В данной лабораторной работе используется блок управления, позволяющий осуществлять оба метода изменения напряжения.

При использовании обоих методов действующее и среднее значения выходного напряжения пропорциональны управляющему сигналу.

При использовании фазного метода пульсации напряжения на выходе преобразователя значительно ниже, чем при втором методе. Вместе с тем, при фазном методе управления регулятор напряжения является источником высших гармоник тока, которые отрицательно сказываются на работе систем электроснабжения. В связи с этим при значительных мощностях желательно, там где это возможно, использовать метод регулирования напряжения изменением числа проводящих полупериодов в единицу времени.

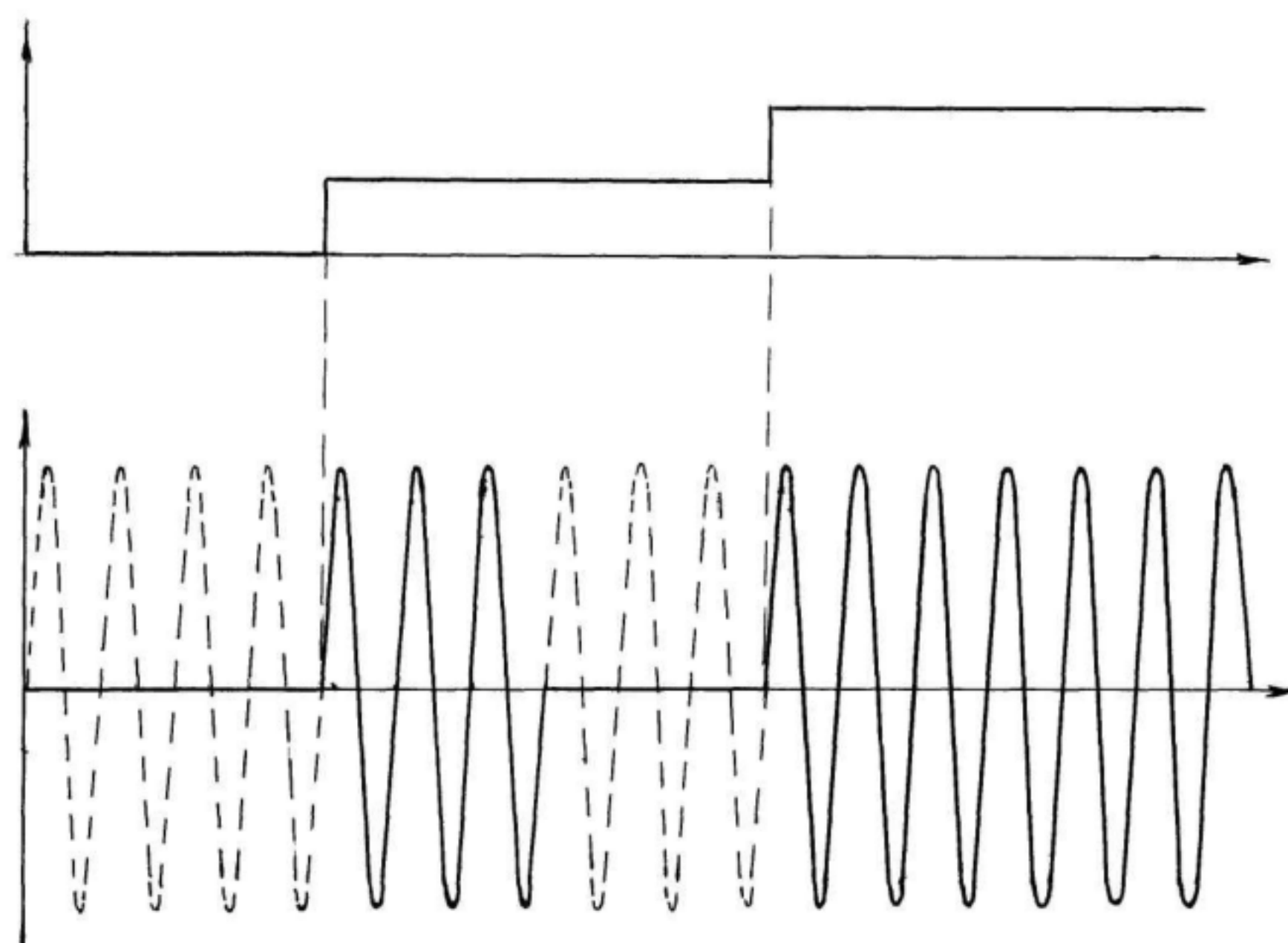


Рисунок 9.2

В лабораторной работе необходимо снять две характеристики:

- регулировочную, представляющую собой зависимость выходного напряжения регулятора от управляющего напряжения при постоянной нагрузке;
- нагрузочную, представляющую собой зависимость напряжения на нагрузке от тока нагрузки при постоянном управляющем сигнале.

Лабораторная установка состоит из блока управления тиристорами (БУСТ), тиристоров, включенных встречно-параллельно в цепь нагрузки каждой фазы, нагрузочного устройства, состоящего из ламп накаливания и задающего потенциометра. Схема лабораторной установки представлена на рис. 3.

Напряжение управления U_u устанавливается с помощью потенциометра 10кОм, подключенного к клеммам 13, 14 и 16 клеммника X1. Трехфазное напряжение 380/220В через автоматический выключатель АВ подается на клеммы 1, 3, 5 клеммника X1, 10, 6, 2 клеммника X2 и на тиристоры. Нагрузкой фазы А является группа ламп накаливания. В цепи фаз В и С в данной лабораторной работе нагрузка отсутствует. Отсутствуют также трансформаторы тока ТТА, ТТВ и ТТС, которые включают при использовании ограничения токовой нагрузки, величина ограничения тока устанавливается резистором 100кОм. Режим работы БУСТ устанавливают с помощью переключателей S1...S6.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

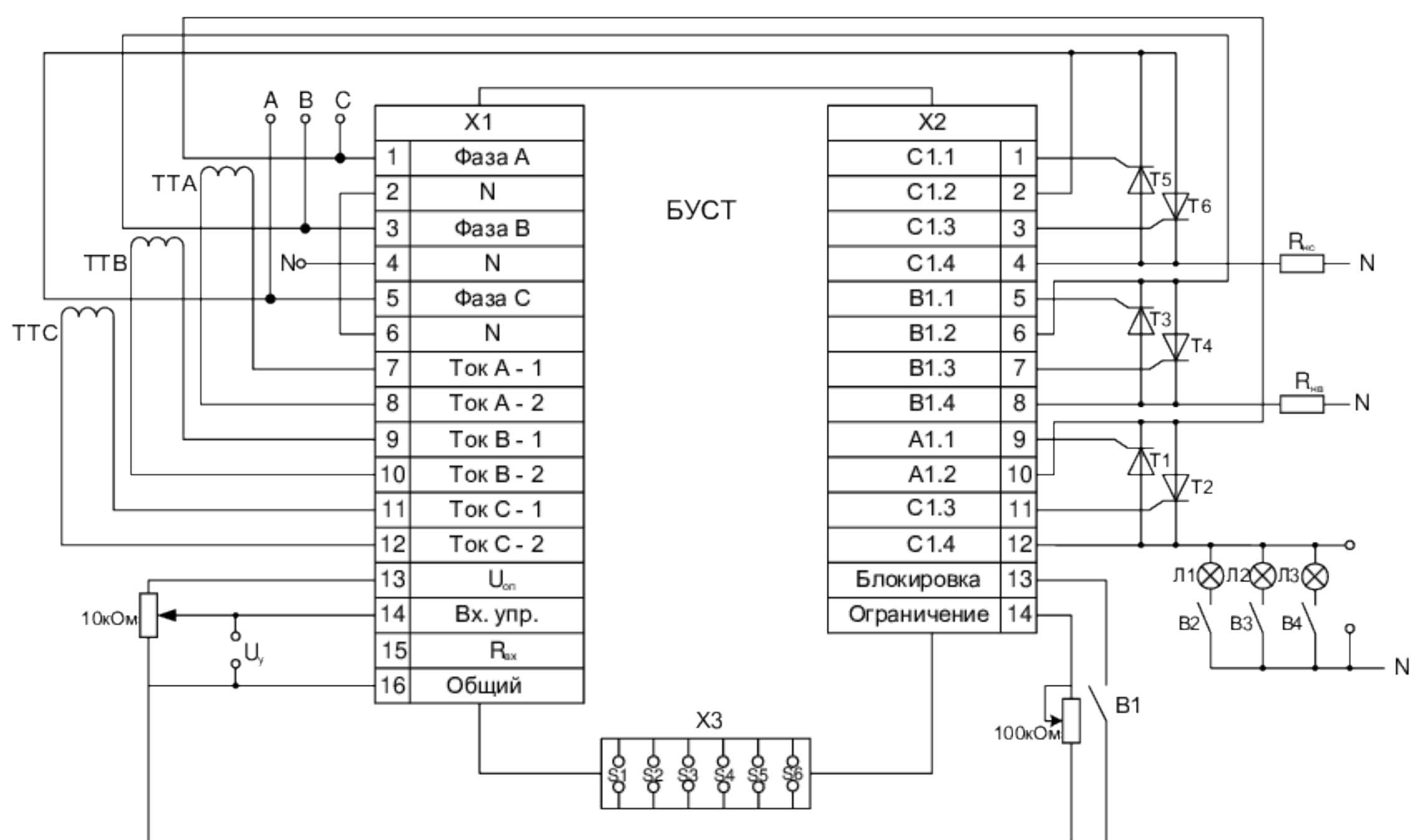


Рисунок 9.3 – Схема лабораторной установки

При установленной перемычке S1 регулирование осуществляется по числу полупериодов, при снятой – фазный способ управления.

Перемычку S2 устанавливают при наличии контроля тока с помощью трансформаторов тока.

Перемычку S3 устанавливают при использовании блока управления в режиме «работа».

Перемычки S4 и S5 устанавливают при использовании фаз В и С.

Перемычку S6 устанавливают при использовании входного управляющего сигнала 4...20мА, при остальных управляющих сигналах ее необходимо снять.

Для индикации уровня управляющего сигнала в приборе имеется десять светодиодов.

Блок управления обеспечивает плавный выход на заданный уровень мощности примерно за 5 секунд.

Уровень токовой защиты настраивается переменным резистором 100кОм, включенным между клеммами 16X1 и 14X2.

Выключателем В1 запрещают запуск формирователя импульсов, при его замкнутом состоянии напряжение на выходе регулятора отсутствует.

Указание по технике безопасности:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
Указание по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шубкова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Указания по выполнению лабораторной работы:

1. На клеммы задающего потенциометра 10кОм подключить вольтметр постоянного тока, установив предел изменения 20В.
2. В цепь нагрузки (фаза А на выходе регулятора – лампы накаливания) включить амперметр переменного тока с пределом измерения 2А.
3. На клеммы нагрузки (фаза А на выходе регулятора – клемма нейтрального провода N) подключить вольтметр переменного тока с верхним пределом измерения не менее 300В.
4. Снять перемычку S1. Подключить часть или всю нагрузку. После проверки подключения приборов преподавателем подать напряжение, включив автоматический выключатель по фазе А.
5. Устанавливая задающим потенциометром 5 – 6 значений напряжения на входе регулятора, снять показания вольтметра, подключенного на выход регулятора напряжения. Значения напряжений занести в таблицу 1.

Таблица 1.

U _y , В								
U _{вых} , В	без перемычки S ₁							
	с перемычкой S ₁							

6. Установить перемычку S1. Повторить испытания п.5.
7. При снятой перемычке S1 и при отсутствии нагрузки задающим потенциометром установить напряжение на выходе в пределах 100...200В. Не изменяя задающего напряжения, включением ламп установить несколько значений нагрузки вплоть до максимальной. При каждом значении нагрузки показания амперметра и вольтметра, подключенного к лампам, занести в таблицу 2.

Таблица 2.

I _n , А								
U _{вых} , В	без перемычки S ₁							
	с перемычкой S ₁							

8. Испытания, описанные в п.7, повторить при установленной перемычке S1.
9. Снять напряжение, отключив автоматический выключатель. После проверки преподавателем результатов измерения отключить измерительные приборы.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Чем объясняются малые потери мощности при регулировании напряжения с помощью тиристоров и симисторов?
2. Опишите два способа регулирования напряжения с помощью тиристоров.
3. Каковы достоинства и недостатки фазового способа регулирования напряжения?
4. Каковы достоинства и недостатки регулирования напряжения числом открываемых периодов?
5. Что понимают под регулировочной характеристикой регулятора напряжения?
6. Что понимают под нагрузочной характеристикой регулятора напряжения?
7. Как изменить способ регулирования напряжения на БУСТ?
8. Какие изменения в схеме БУСТ необходимо выполнить при подключении трехфазной нагрузки?
9. Какие входные устройства и сигналы можно использовать для регулирования напряжения с помощью БУСТ?

Лабораторная работа №8. Интегральные операционные усилители. Операционный усилитель.

Цель работы: Изучить основные свойства операционного усилителя, познакомиться с некоторыми функциями, выполняемыми с помощью операционных усилителей и соответствующими схемами их включения.

Основы теории:

Операционный усилитель (ОУ) – это дифференциальный усилитель постоянного тока с коэффициентом усиления по напряжению $K_U = 10^4 \dots 10^6$. Отличительной особенностью операционных усилителей является их очень высокое входное сопротивление, в связи с чем входной ток усилителей в расчётах обычно принимают равным нулю. Выходное сопротивление операционных усилителей мало, поэтому напряжение на их выходе практически не зависит от нагрузки. В качестве источников питания ОУ используют источники постоянного напряжения обычно со средней точкой. В настоящей лабораторной работе ОУ подключается к источнику питания $\pm 15\text{В}$. Дифференциальный усилитель имеет два входа: прямой, напряжение на котором будем обозначать U^+ , и инверсный, напряжение на котором будем обозначать U^- . Напряжение на выходе ОУ определяется напряжениями на его входах:

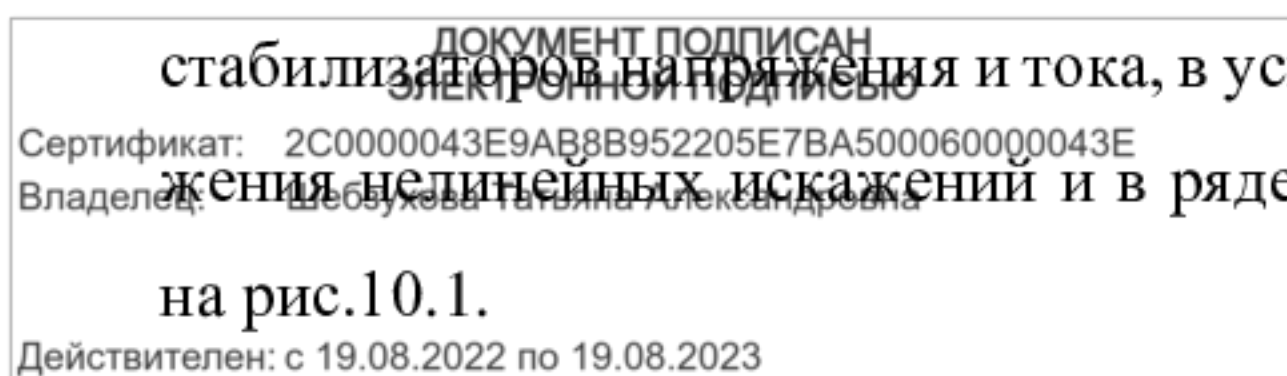
$$U_{\text{вых}} = K_U(U^+ - U^-).$$

Ввиду того, что коэффициент усиления имеет очень большую величину, при разности напряжений на входах, составляющей даже десятые и сотые доли вольта ОУ находится в режиме насыщения, т.е. на его выходе устанавливается максимально возможное напряжение, близкое к напряжению источника питания. Если же усилитель не находится в состоянии насыщения, то разность $U^+ - U^- = U_{\text{вых}} / K_U$ близка к нулю, и в этом случае в расчётах обычно принимают $U^+ = U^-$.

ОУ используют для выполнения целого ряда функций: как компаратор, как усилитель, имеющий строго постоянный коэффициент усиления, не зависящий от нагрузки, как алгебраический сумматор с одинаковыми или разными весовыми коэффициентами, как интегратор и т.д.

В качестве компаратора ОУ работает при отсутствии обратных связей. В этом случае происходит сравнение напряжений на его входах, и выходное напряжение принимает знак «+», если $U^+ > U^-$, и знак «-», если $U^+ < U^-$. Такое сравнение напряжений используют в схемах

стабилизаторов напряжения и тока, в усилителях переменного тока для существенного снижения нелинейных искажений и в ряде других случаев. Схема компаратора представлена на рис.10.1.



Если на вход усилителя подать синусоидальный сигнал, то на выходе будет синусоидальный сигнал с амплитудой, равной амплитуде входного сигнала. Если на вход усилителя подать нулевой потенциал. Сигнал у



Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна



Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

подаётся на инверсный вход, на этот же вход через сопротивление R_{oc} подаётся напряжение с выхода ОУ, таким образом, на этом входе суммируются токи.

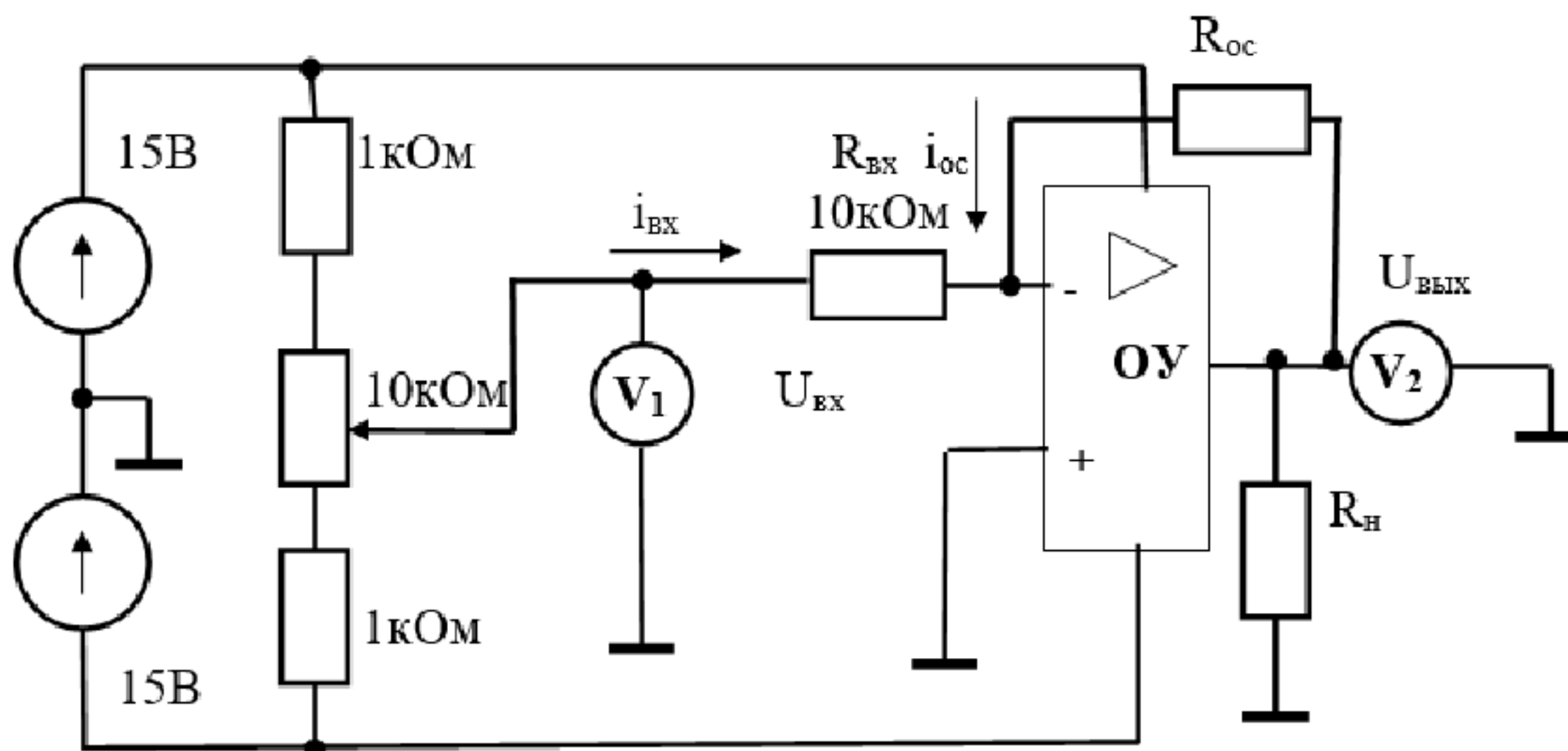


Рисунок 10.3 – Схема инвертирующего усилителя

Как было отмечено выше, входной ток ОУ пренебрежимо мал, поэтому

$$i_{вх} + i_{ос} = 0,$$

но $i_{вх} = U_{вх} / R_{вх}$ и $i_{ос} = U_{вых} / R_{oc}$, поэтому $U_{вых} / R_{oc} = - U_{вх} / R_{вх}$, откуда

$$U_{вых} = - (R_{oc} / R_{вх}) U_{вх} \quad (9.2).$$

Следует коэффициент усиления как неинвертирующего, так и инвертирующего усилителя не зависит от коэффициента усиления ОУ (который при изменении температуры и величины питающего напряжения меняется в широких пределах, оставаясь очень высоким), а определяется сопротивлениями резисторов, включённых во входной цепи и в цепи обратной связи. Резисторы же обладают достаточно стабильными параметрами, поэтому коэффициенты усиления рассмотренных усилителей также достаточно стабильны. Следует также заметить, что выражения справедливы, пока $U_{вых}$ меньше напряжения насыщения.

Если в схеме, изображённой на рис. 10.3 на инверсный вход ОУ подать через сопротивления не одно, а несколько напряжений, причём, любой полярности, то будет выполнена операция алгебраического суммирования этих напряжений с умножением на коэффициенты, равные отношению сопротивления обратной связи к входным сопротивлениям. В этом случае

$$i_{вх1} + i_{вх2} + \dots + i_{вхn} + i_{ос} = 0, \text{ или}$$

$$U_{вх1} / R_{вх1} + U_{вх2} / R_{вх2} + \dots + U_{вхn} / R_{вхn} + U_{вых} / R_{oc} = 0, \text{ откуда}$$

$$U_{вых} = - [(R_{oc} / R_{вх1}) U_{вх1} + (R_{oc} / R_{вх2}) U_{вх2} + \dots + (R_{oc} / R_{вхn}) U_{вхn}] \quad (9.3)$$

Схема алгебраического суммирования двух напряжений с инверсией изображена на рис. 10.4. В этой схеме суммирование осуществляется с одинаковыми весовыми коэффициентами; одно из суммируемых напряжений подаётся от регулируемого источника $0 \dots 15$ В, его полярность остаётся постоянной, второе – с делителя напряжения, его можно изменять как по величине, так и по знаку.

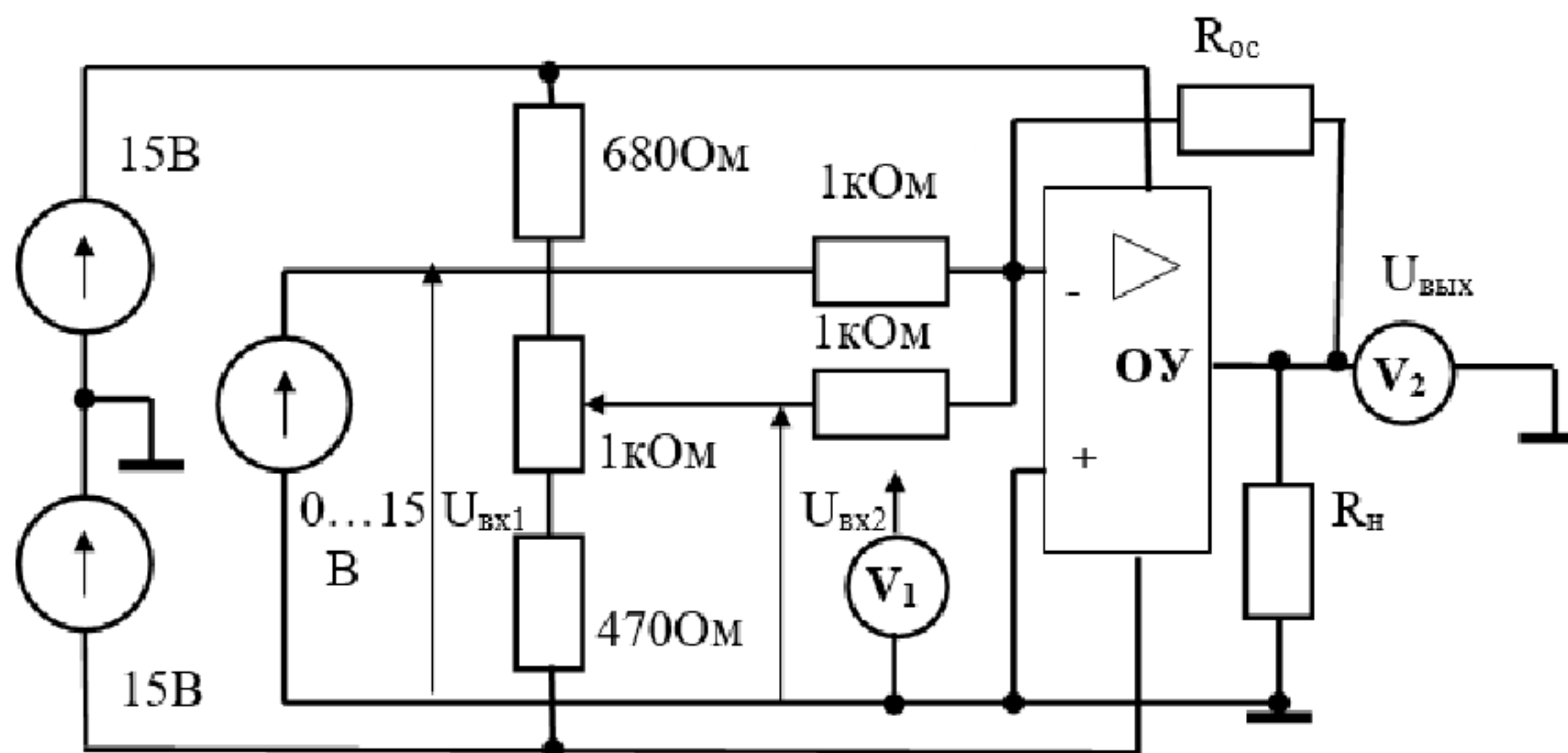


Рисунок 10.4 – Схема алгебраического суммирования

Чтобы ОУ выполнял операцию интегрирования, в цепь отрицательной обратной связи необходимо включить конденсатор, а входное напряжение подать через сопротивление на инверсный вход; второй вход, как и в предыдущей схеме, необходимо подключить к средней точке источника питания. Схема интегрирующего усилителя представлена на рис. 10.5.

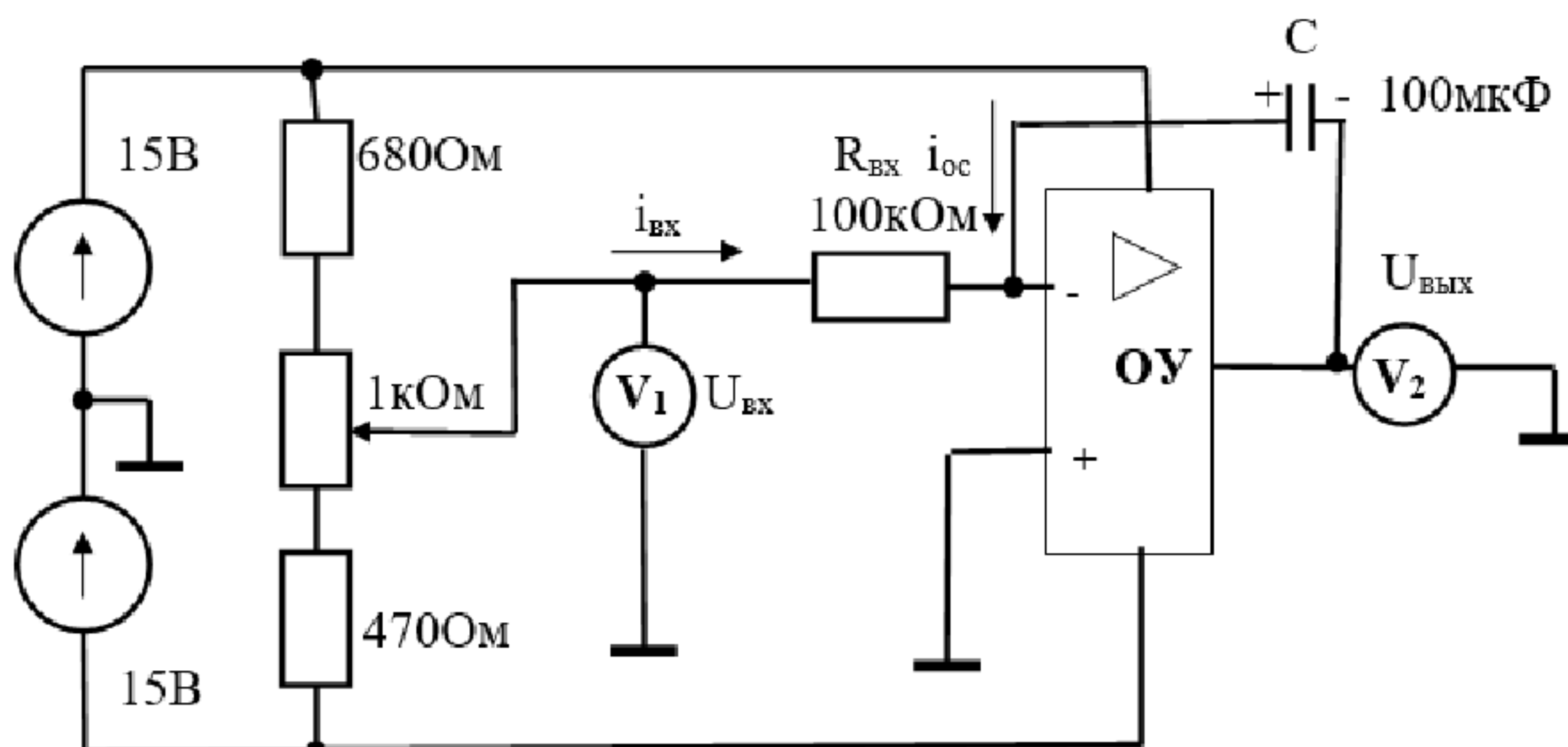


Рисунок 10.5 – Схема интегрирующего усилителя

Усилитель, собранный по схеме рис. 9.5, может выполнять и другие математические операции, вид которых определяется комплексными сопротивлениями входной цепи $Z_{вх}(p)$ и цепи обратной связи $Z_{ос}(p)$. В общем случае входное и выходное напряжения в данной схеме связаны зависимостью:

$$U_{вых}(p) = - [Z_{ос}(p) / Z_{вх}(p)] U_{вх}(p)$$

В частном случае, при интегрировании, $Z_{вх}(p) = R_{вх}$, $Z_{ос}(p) = 1/(Cp)$,

$$U_{вых}(p) = - U_{вх}(p) / (C R_{вх} p),$$

или, если перейти от операторной формы записи к классической,

$$U_{вых} = -1 / (C R_{вх}) \int U_{вх} dt$$

Из последнего выражения следует, что скорость интегрирования определяется произведением $CR_{вх}$, которое называют постоянной времени интегрирования и обозначают обычно буквой τ . Если в данном произведении ёмкость выразить в фарадах, а сопротивление в Омах, то постоянная времени получится в секундах.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

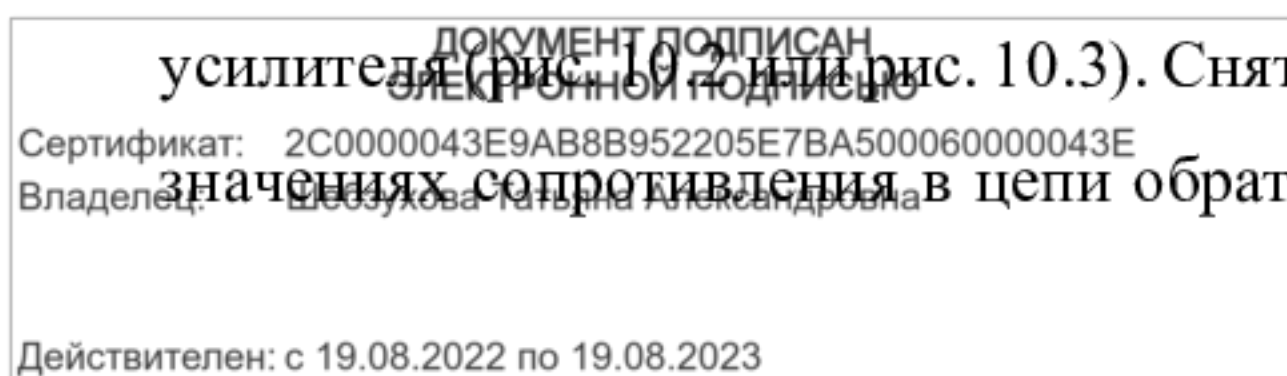
Указания по выполнению лабораторной работы:

При выполнении лабораторной работы необходимо опробовать работу операционного усилителя в следующих режимах: компаратора, неинвертирующего или инвертирующего усилителя, сумматора и интегратора; проверить зависимость коэффициента усиления усилителя от нагрузки, снять амплитудную характеристику усилителя.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Изучить основные теоретические положения.
2. Собрать схему компаратора (рис. 10.1). Подать напряжение питания, изменением положения рукоятки потенциометра установить нулевое напряжение между входами ОУ. Подавая незначительное напряжение между входами ОУ перемещением рукоятки потенциометра, убедиться, что при изменении его знака напряжение на выходе усилителя тоже меняет знак, принимая при этом максимально возможные значения, близкие к напряжению питания.

Собрать по указанию преподавателя схему инвертирующего или неинвертирующего усилителя (рис. 10.2 или рис. 10.3). Снять амплитудные характеристики усилителя при двух значениях сопротивления в цепи обратной связи. Значения сопротивлений и напряжений



на входе усилителя указаны в таблице 10.1, в эту же таблицу внести значения выходного напряжения

Таблица 10.1

R _{ос} 22 кОм	U _{вх} , В	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	U _{вых} , В											
R _{ос} 100 кОм	U _{вх} , В	-1,2	-1	-0,8	-0,6	-0,4	0	0,4	0,6	0,8	1	1,2
	U _{вых} , В											

Вычислить коэффициенты усиления и сравнить их с теоретическими значениями, вычисленными в соответствии с формулами. Включить и выключить на выходе усилителя нагрузку 3.3 или 4.7 кОм, убедиться, что при этом напряжение на выходе усилителя не меняется.

4. Собрать схему алгебраического суммирования двух напряжений (рис.10.4). Установив напряжения на входах, указанные в таблице 10.2, записать в таблицу напряжения на выходе усилителя.

Таблица 10.2.

U _{вх1} , В	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U _{вх2} , В	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
U _{вых} , В												

5. Собрать схему рис. 10.5. Вычислить постоянную времени интегрирования. Подать напряжение питания, установить на входе усилителя напряжение +1 В, убедиться в том, что выходное напряжение изменяется со скоростью, соответствующей вычисленному значению постоянной времени. Поворотом рукоятки потенциометра изменить полярность входного напряжения, убедиться в том, что выходное напряжение после этого уменьшается с постоянной скоростью. Сняв напряжение, заменить конденсатор ёмкостью 100 мкФ на конденсатор 10 мкФ, подав напряжение, убедиться, что напряжение на выходе стало меняться в 10 раз быстрее. При испытаниях интегратора следить за тем, чтобы напряжение на выходе усилителя было всё время отрицательным, это необходимо потому, что в схеме используются электролитические конденсаторы.

6. Закончив эксперименты, построить амплитудные характеристики усилителя.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите основные свойства операционных усилителей.
2. Опишите работу компаратора.
3. Поясните работу инвертирующего и неинвертирующего усилителей.
4. Чем определяются коэффициенты усиления усилителей, собранных на базе операционного усилителя?
5. Как с помощью ОУ осуществляют суммирование напряжений?
6. Как построить схему интегратора на базе ОУ? Чем определяется скорость интегрирования?
7. Чем в общем случае определяется динамический режим ОУ с отрицательной обратной связью?
8. Как напряжение на выходе ОУ зависит от нагрузки?

Лабораторная работа №9. Генераторы. Генератор прямоугольных импульсов.

Цель работы: Изучить принципиальную схему, назначение отдельных её элементов и работу генератора прямоугольных импульсов на базе операционного усилителя.

Основы теории:

Генераторы прямоугольных импульсов широко используются в различных устройствах электронной техники: в электронно-вычислительных машинах, системах связи, системах автоматизации производственных процессов, в бытовой технике и т.д. Существует ряд схем генераторов, которые собирают, используя в качестве базовых элементов либо логические элементы, либо триггеры, либо операционные усилители, либо отдельные транзисторы. Промышленность выпускает генераторы в виде микросхем, они также входят как составные элементы в целый ряд больших интегральных схем.

В настоящей лабораторной работе рассматривается схема автогенератора прямоугольных импульсов, построенная на базе операционного усилителя. Достоинствами такого генератора являются: крутой фронт импульсов, простота регулирования частоты и скважности, отсутствие обратных выбросов. Принципиальная электрическая схема генератора представлена на рис.11.1.

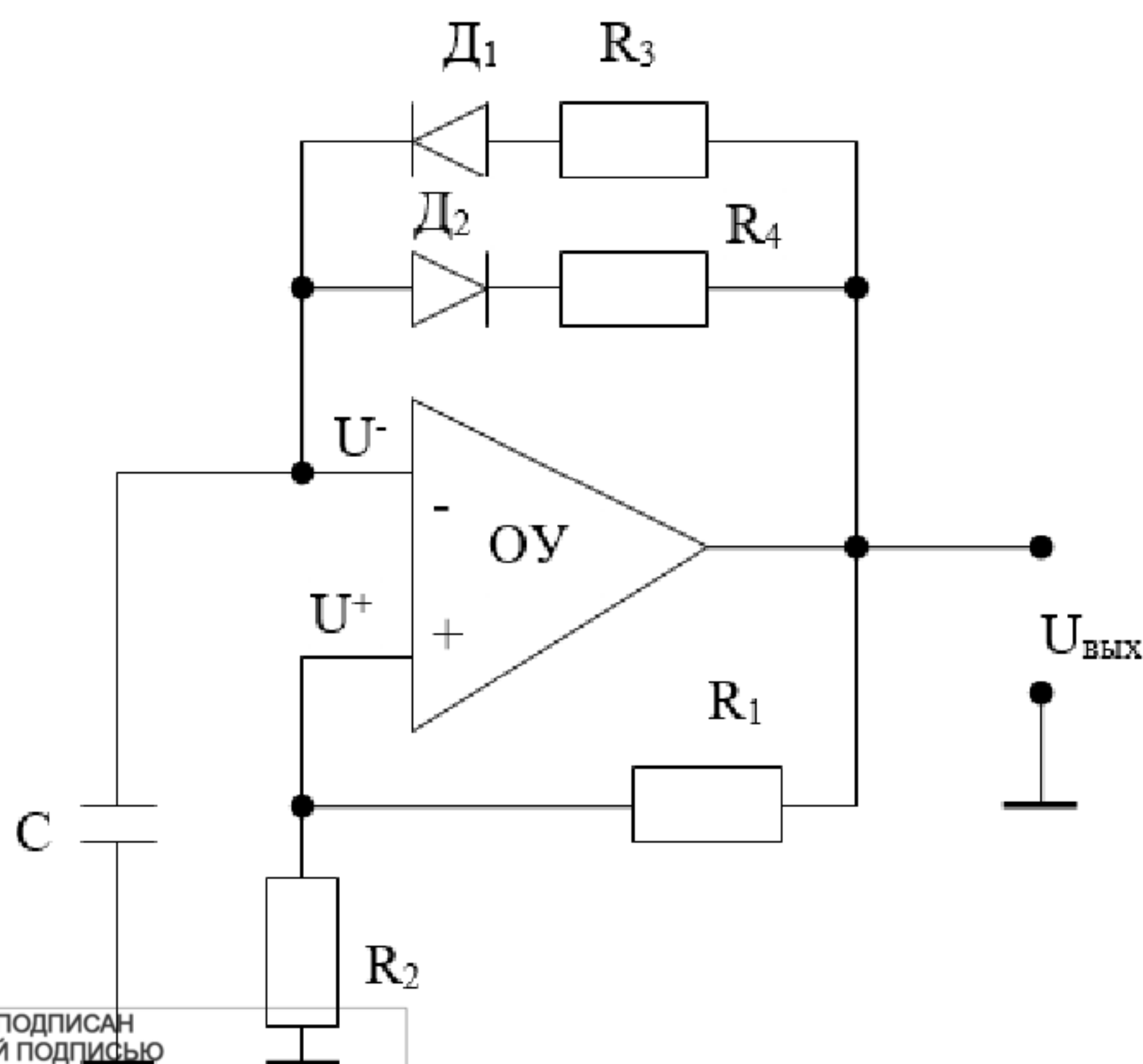


Рисунок 11.1 – Схема генератора прямоугольных импульсов

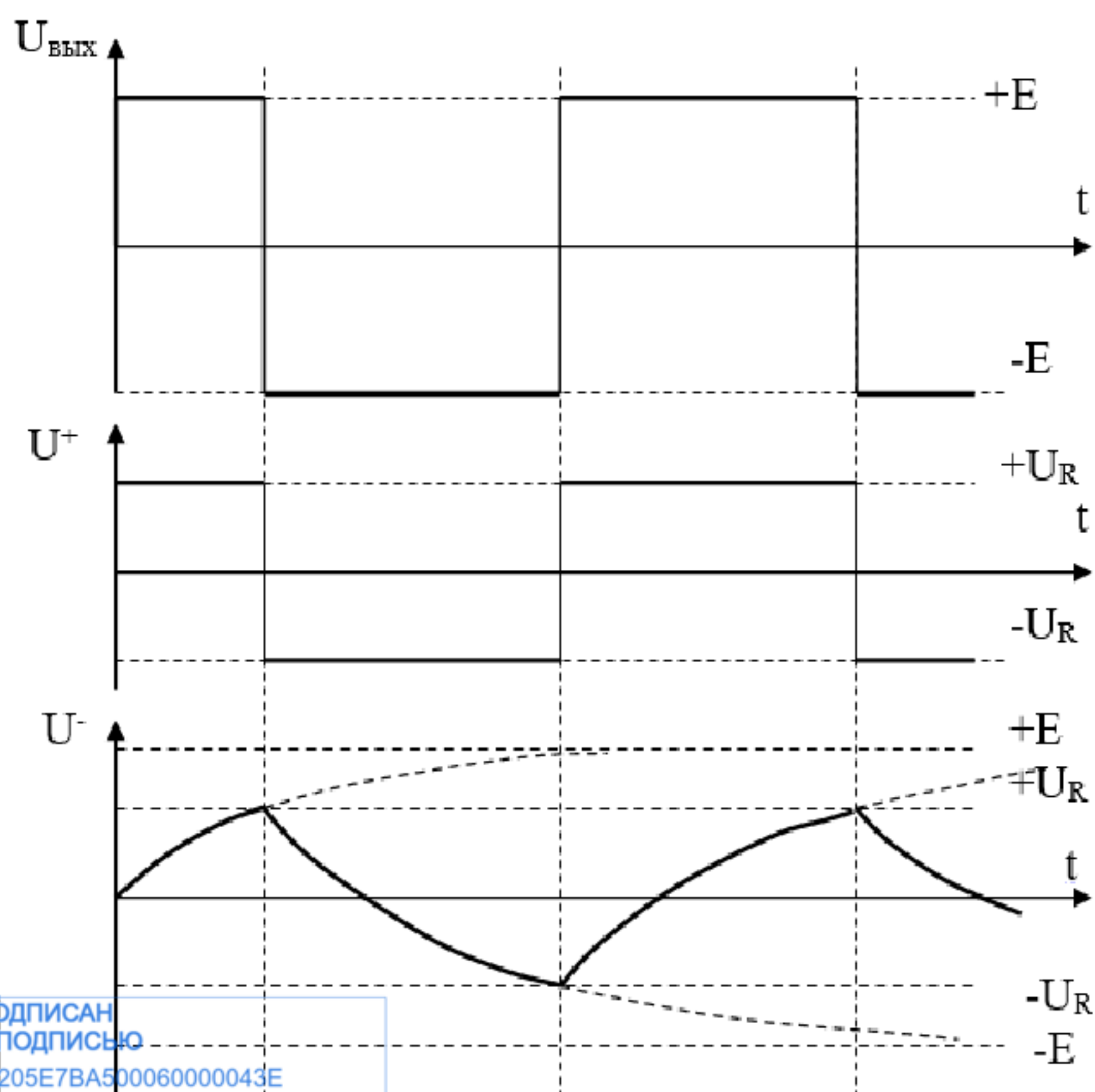
Операционный усилитель имеет безынерционную положительную обратную связь, которая обеспечивается делителем R_1R_2 и инерционную отрицательную, выполненную резисторами R_3 и R_4 и конденсатором C .

Рассмотрим режим автоколебаний этого генератора, приняв $R_3 = R_4$.

Пусть в момент времени $t = 0$ (рис. 11.2) включается источник питания ОУ и выходное напряжение начинает возрастать, тогда через делитель R_1R_2 увеличивается напряжение U^+ , напряжение U^- вследствие наличия конденсатора в цепи обратной связи растет постепенно. Вследствие увеличения U^+ нарастание напряжения U протекает лавинообразно, оно скачкообразно возрастает до напряжения насыщения E , а входное U^+ до

$$U_R = E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \gamma E$$

Напряжение U^- в процессе заряда конденсатора растет по экспоненте, стремясь к значению E , но как только оно незначительно превысит U_R , напряжение на выходе ОУ скачкообразно изменится до значения $-E$, после чего конденсатор начнет перезаряжаться, то есть напряжение U^- станет уменьшаться по экспоненте, стремясь к значению $-E$, а напряжение U^+ в процессе перезаряда конденсатора будет оставаться постоянным, равным $-\gamma E$. Как только U^- станет по абсолютному значению больше U^+ , напряжение на выходе ОУ скачком изменится до $+E$. Далее процесс будет периодически повторяться.



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Рисунок 11.2 – Осциллограмма генератора прямоугольных импульсов
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Первый импульс будет иметь меньшую длительность, поскольку он формируется при заряде конденсатора от 0 до U_R .

$$U^-(t) = E \left(1 - e^{-t/\tau} \right)$$

где $\tau = R_3 C$, в момент переключения $U^-(t) = U_R = \gamma E$, то есть при $t = t_{и1}$.

$$\gamma E = E \left(1 - e^{-t_{и1}/\tau} \right),$$

Откуда длительность первого импульса

$$t_{и1} = \tau \ln \frac{1}{1 - \gamma}.$$

При генерации последующих импульсов конденсатор перезаряжается от напряжения $U_R = \gamma E$ одной полярности, стремясь зарядиться до напряжения E противоположной полярности, то есть процесс перезарядки протекает по закону:

$$U^-(t) = (E + \gamma E) \left(1 - e^{-t/\tau} \right) - \gamma E,$$

процесс перезарядки прекращается при $U^-(t) = \gamma E$, откуда длительность последующих импульсов будет

$$t_u = \tau \ln \frac{1 + \gamma}{1 - \gamma},$$

период следования импульсов $T = 2t_{и1}$.

Скважность сигнала

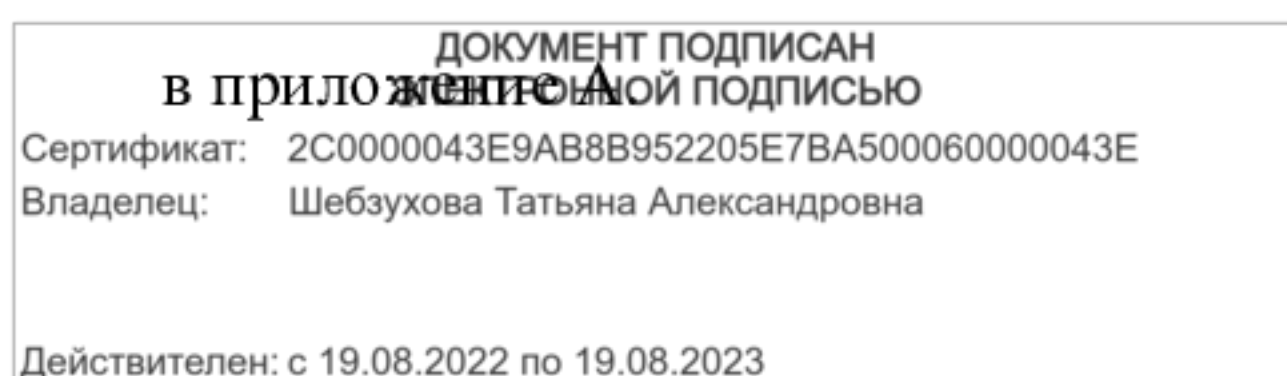
$$\frac{T}{t_u} = 2.$$

Для получения скважности q , отличной от 2, необходимо принять соответствующие различные значения R_3 и R_4 :

$$R_4 = R_3 (q - 1).$$

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены



Указания по выполнению лабораторной работы:

1. Собрать схему генератора, изображенную на рис. 10.1, приняв следующие значения параметров элементов:

$$R_1=4,7\text{кОм}, R_2=1\text{кОм}, R_3= R_4=1\text{Мом}, C=0,01\text{мкФ}.$$

(Преподавателем могут быть заданы другие значения параметров).

Для питания операционного усилителя использовать два источника постоянного тока 15В, включив их так, как показано на рис. 11.3.

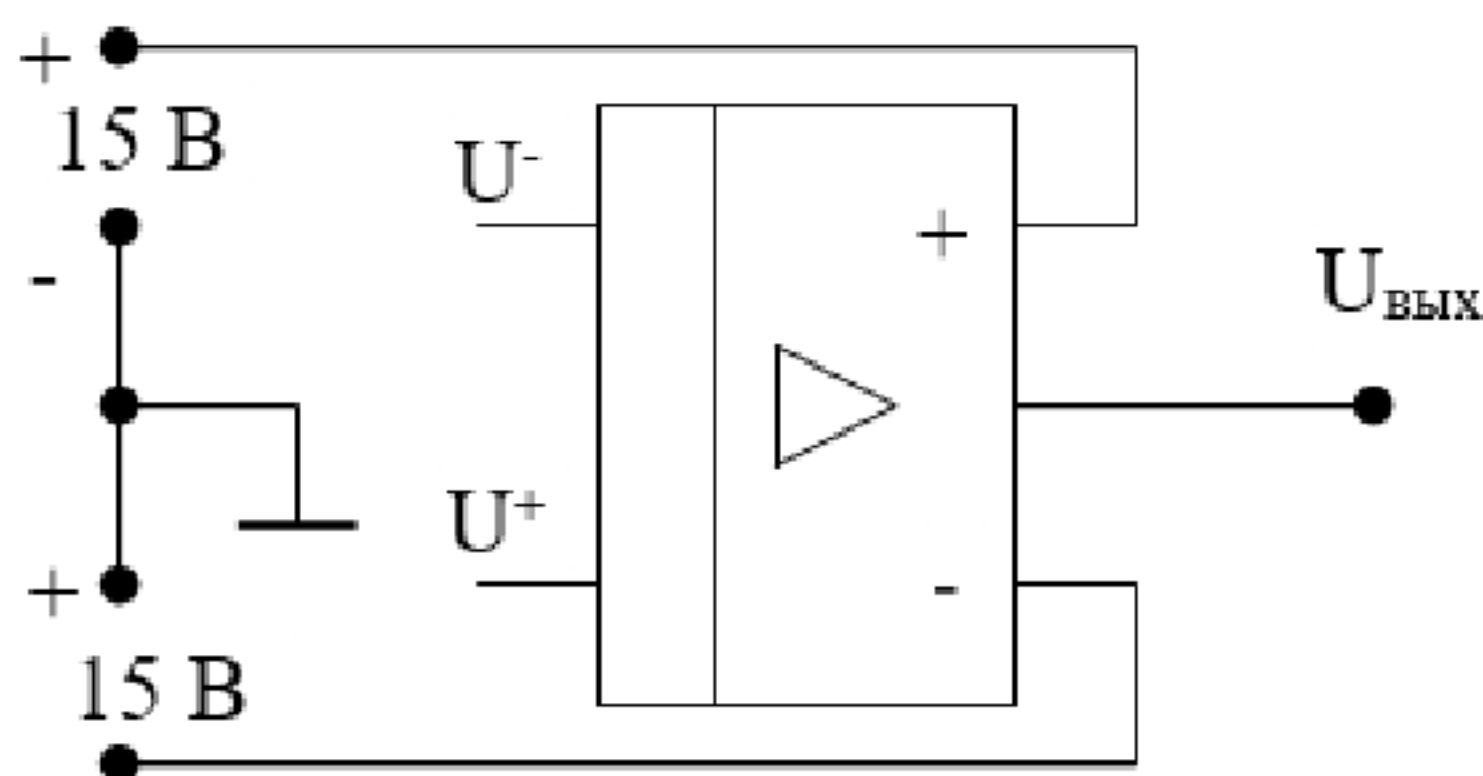


Рисунок 11.3 – Принципиальная схема испытания генератора прямоугольных импульсов

Выходное напряжение генератора подать на вход осциллографа.

2. После проверки собранной схемы преподавателем подать напряжение на осциллограф и на источники питания. Наблюдая на экране осциллографа форму выходного напряжения генератора, убедиться, что она имеет прямоугольную форму, причём, длительность положительного импульса равна длительности отрицательного.

3. В цепи отрицательной обратной связи резистор R_3 сопротивлением 1 Мом заменить резистором 100 кОм. Убедиться, что длительность положительного импульса стала в 10 раз короче длительности отрицательного.

4. В цепи положительной обратной связи параллельно резистору R_2 сопротивлением 1 кОм включить второй такой же резистор. При этом коэффициент делителя напряжения уменьшится и станет равным

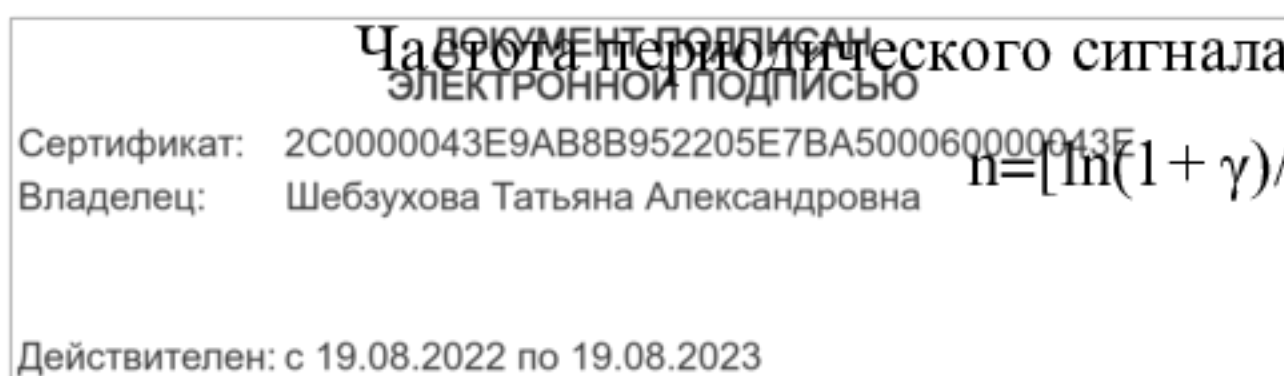
$$\gamma_1=0,5/(4,7+0,5)=0,0961,$$

до включения второго резистора его значение было

$$\gamma=1/(4,7+1)=0,175.$$

Частота периодического сигнала изменилась в n раз, где

$$n=[\ln(1+\gamma)/(1-\gamma)]/[\ln(1+\gamma_1)/(1-\gamma_1)]=1.834.$$



Наблюдая сигнал выходного напряжения на экране осциллографа, убедиться в увеличении его частоты.

5. С помощью осциллографа пронаблюдать форму напряжения U .

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какое электронное устройство называют автогенератором?
2. Опишите работу автогенератора прямоугольных импульсов на базе операционного усилителя.
3. Какими способами можно изменить частоту сигнала, рассматриваемого в данной работе генератора?
4. Как изменить скважность сигнала генератора?
5. Объясните роль положительной обратной связи в формировании фронта сигналов генератора.
6. Как изменится частота сигнала генератора при увеличении сопротивления R_1 делителя напряжения?

Лабораторная работа №10. Аналоговые электроизмерительные приборы. Аналоговые электромеханические измерительные приборы

Цель работы: Измерение тока, напряжения, мощности, $\cos \varphi$ электромеханическими измерительными приборами.

Основы теории:

Как известно, аналоговыми измерительными приборами называют приборы, показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины. Эти приборы отличаются относительной простотой, дешевизной, высокой надёжностью, разнообразием применения и выпускаются до класса точности 0,05.

Электромеханические приборы принадлежат к классу аналоговых и состоят из двух основных частей: измерительной цепи и измерительного механизма.

Измерительная цепь служит для преобразования измеряемой величины в другую, непосредственно воздействующую на измерительный механизм.

В измерительном механизме электрическая энергия преобразуется в механическую энергию перемещения подвижной части.

Момент, возникающий в приборе под действием измеряемой величины и поворачивающий подвижную часть в сторону возрастающих показаний однозначно должен определяться измеряемой величиной x и в общем случае должен зависеть от угла поворота α подвижной части:

$$M = F(x, \alpha).$$

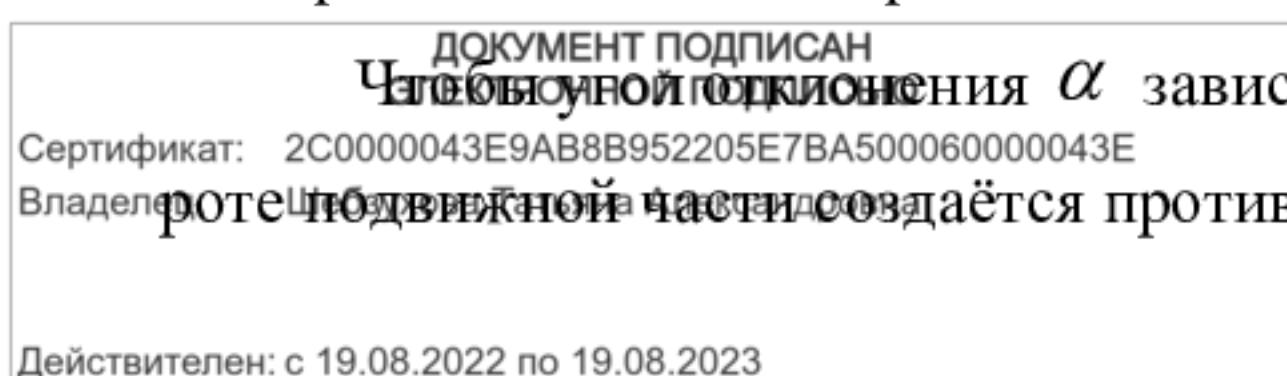
Для электромеханических приборов может быть написано общее выражение вращающего момента, вытекающее из уравнений Лагранжа второго рода, являющихся общими уравнениями динамики системы:

$$M = \frac{dW_e}{d\alpha},$$

где W_e - энергия электромагнитного поля, сосредоточенная в измерительном механизме.

По способу создания вращающего момента электромеханические приборы подразделяются на следующие основные группы: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и др.

Угловой отклонение α зависит от измеряемой величины, в приборе при повороте подвижной части создаётся противодействующий момент



$$M_{\alpha} = W \cdot \alpha,$$

где W зависит только от свойств упругого элемента (спиральных пружин или тонких нитей).

Зависимость между углом отклонения и током:

-для **магнитоэлектрических приборов** может быть представлена выражением

$$W \cdot \alpha = B \cdot s \cdot w \cdot I; \text{ отсюда } \alpha = \frac{B \cdot s \cdot w}{W} I,$$

-для **электромагнитных приборов**:

$$W \cdot \alpha = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}; \text{ отсюда } \alpha = \frac{1}{2W} I^2 \frac{dL}{d\alpha},$$

-для **электродинамических приборов**:

$$W \cdot \alpha = I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{dM_{1 \leftrightarrow 2}}{d\alpha}; \text{ отсюда } \alpha = \frac{1}{W} I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{dM_{1 \leftrightarrow 2}}{d\alpha}.$$

На основании вышеизложенного не представляет труда составить принципиальные измерительные схемы для измерения:

- тока и напряжения прямым методом (Рис. 1.1),
- электрического сопротивления косвенным методом (Рис. 1.1),
- активной мощности прямым методом (Рис. 1.2),
- $\cos \varphi$ прямым методом (Рис.1.3),
- $\cos \varphi$ косвенным методом (Рис. 1.4).

Указание по технике безопасности:

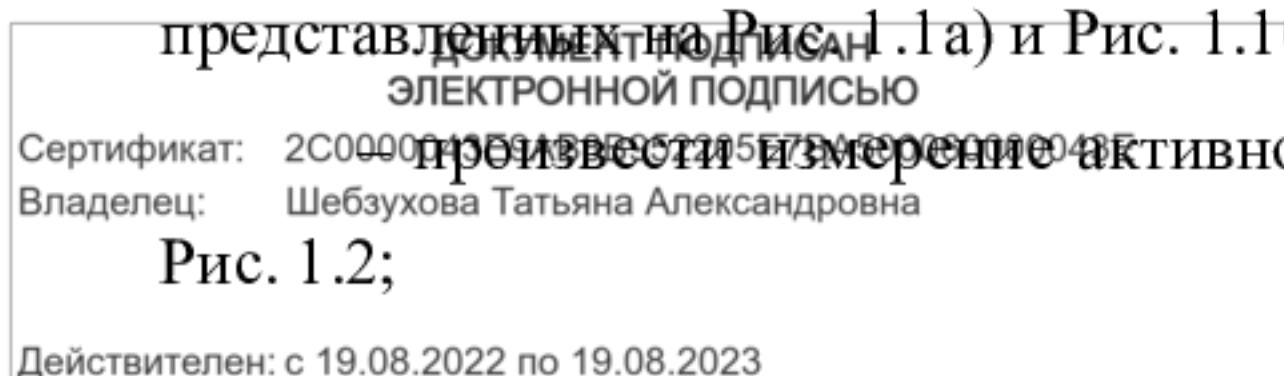
Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

- произвести измерение силы постоянного тока, протекающего через нагрузку, в схеме, представленной на Рис. 1.1 а);
- произвести измерение напряжения переменного тока на нагрузке (между точками «а» и «в») в схемах, представленных на Рис. 1.1 б);
- произвести измерение сопротивления нагрузки косвенным методом в схемах, представленных на Рис. 1.1 а) и Рис. 1.1 б);

– произвести измерение активной мощности нагрузки в схеме, представленной на Рис. 1.2;



– произвести измерение $\cos \varphi$, создаваемого нагрузкой, в схемах, представленных на Рис. 1.3 и Рис. 1.4.

Порядок выполнения работы:

Изучить основные теоретические положения.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) без подключения вольтметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «=12В»; $R_H=30...150 \text{ Ом}$. Выполнить не менее 10 измерений, при различных значениях R_H . Результаты измерений занести в таблицу.

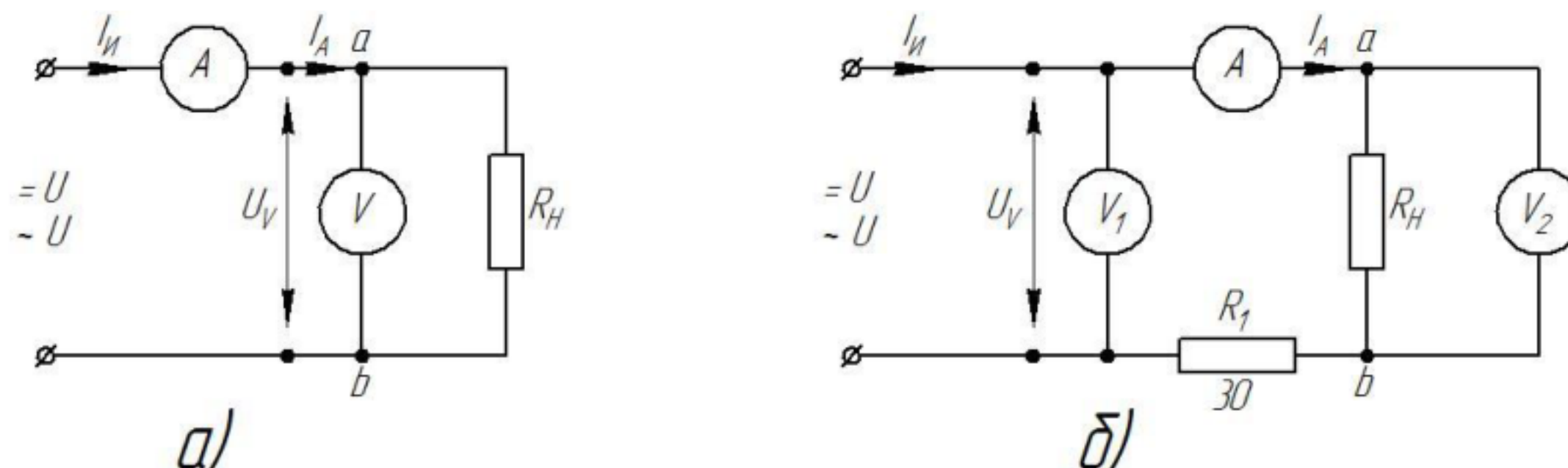


Рисунок 1.1. Схемы электрические принципиальные для измерения силы тока, протекающего через нагрузку; напряжения на нагрузке и измерения сопротивления нагрузки косвенным методом.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) без подключения вольтметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве амперметра использовать переносной прибор **M253**, в качестве источника постоянного напряжения использовать источник «=12В»; $R_H=30...150 \text{ Ом}$. Выполнить не менее 10 измерений, правильно выбирая предел в соответствии с результатами, полученными в п. 1.2.2. Результаты занести в таблицу с указанием выбранного предела измерений.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_1 и амперметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве источника переменного напряжения использовать вторичное линейное напряжение трансформаторного блока; $R_1=30 \text{ Ом}$; $R_H=5...100 \text{ Ом}$. Выполнить не менее 10 измерений. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_1 и амперметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве вольтметра V_2 использовать переносной прибор **Э515**, в качестве источника переменного напряжения использовать вторичное линейное напряжение трансформаторного блока; $R_1=30 \text{ Ом}$;

$R_H=5...100 \text{ Ом}$. Выполнить не менее 10 измерений, правильно выбирая предел в соответствии с результатами, полученными в п. 1.2.4. Результаты занести в таблицу с указанием выбранного предела измерений.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННО-ПОДПИСАНО
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Чебуруков Татьяна Александровна
Действителен с 19.08.2022 по 19.08.2023

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=30...50$ Ом, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=50...100$ кОм, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_2 и сопротивления R_1 на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=30...50$ Ом, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_2 и сопротивления R_1 на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=50...100$ кОм, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.2 на стенде «**Теоретические основы электротехники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=15В**». Последовательно подключая в качестве нагрузки $R_H=100, 150, 220, 330$ Ом, произвести измерение активной мощности нагрузки. Результаты измерений занести в таблицу

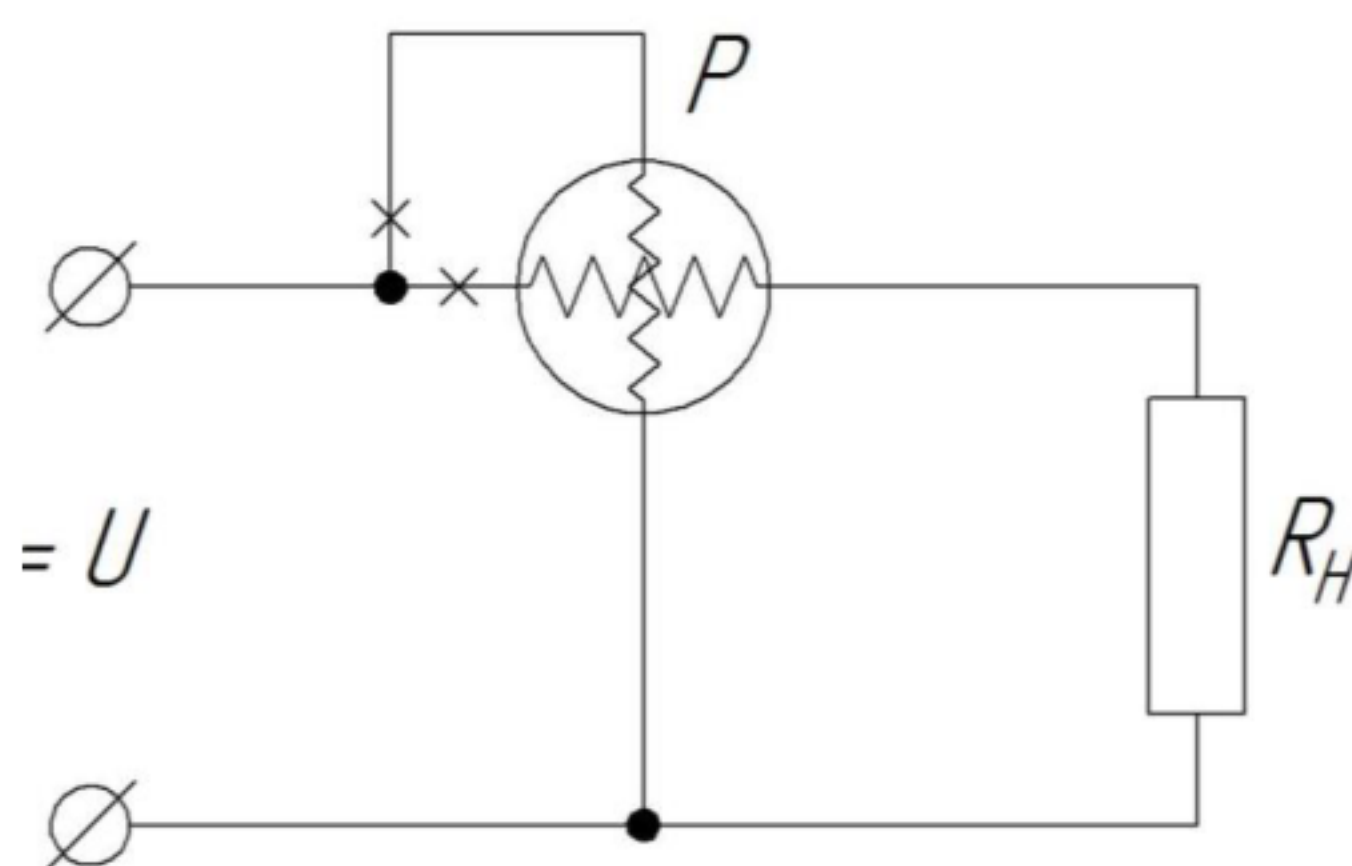


Рисунок 1.2. Схема электрическая принципиальная измерения активной мощности нагрузки.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.3 на стенде «**Теоретические основы электротехники**». В качестве источника переменного напряжения использовать источник 23В; в качестве Z_H — последовательно соединённые $R=100$ Ом и $C_1=100$ мкФ, $C_2=20$ мкФ, C_3

=10мкФ. Последовательно меняя конденсаторы произвести измерения $\cos\varphi$ прямым методом. Результаты измерений занести в таблицу.

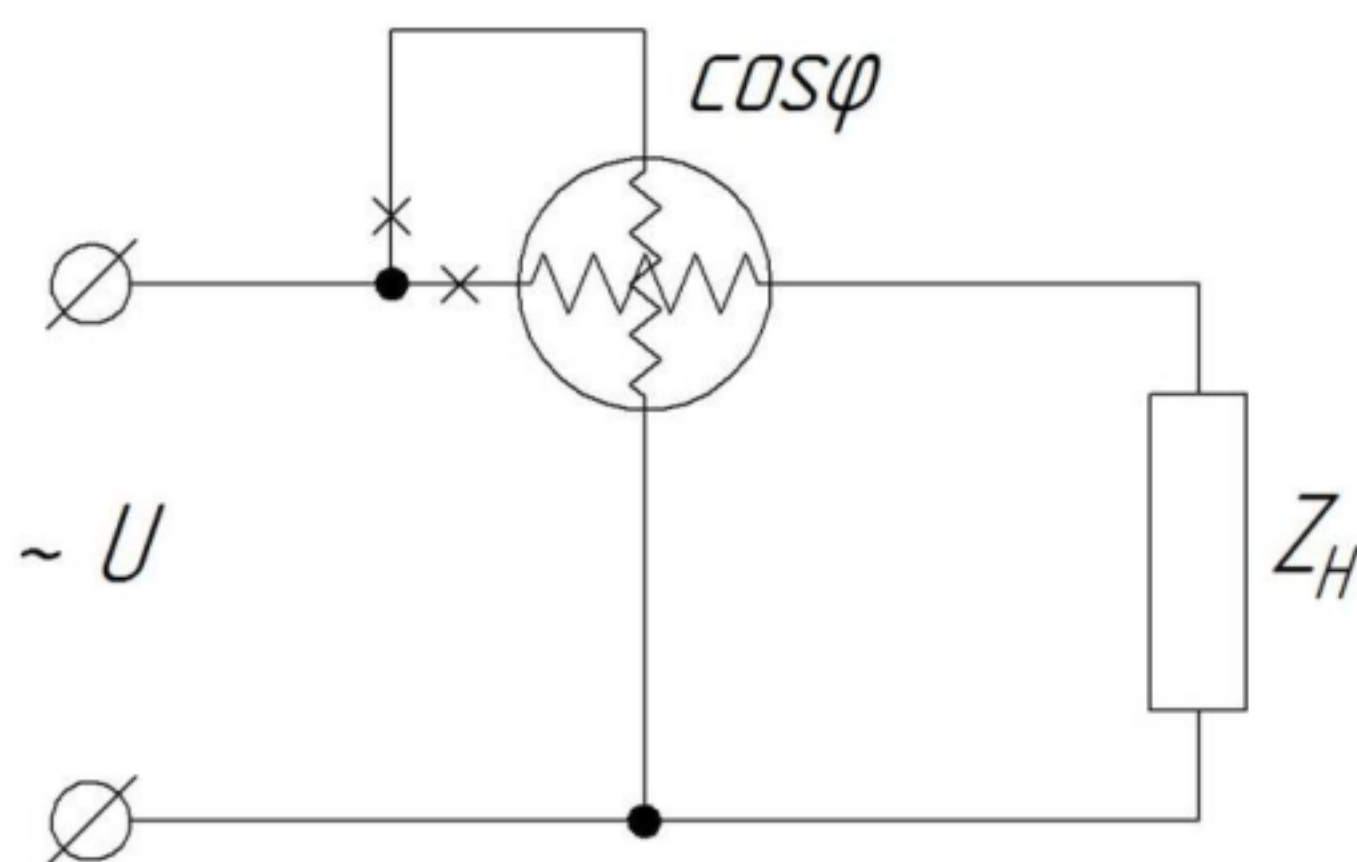


Рисунок 1.3. Схема электрическая принципиальная измерения $\cos\varphi$ прямым методом

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.4 на стенде «**Теоретические основы электротехники**». В качестве источника переменного напряжения использовать источник 23В; в качестве Z_H – последовательно соединённые $R=100$ Ом и $C_1=100$ мкФ, $C_2=20$ мкФ, $C_3=10$ мкФ. Последовательно меняя конденсаторы произвести измерения $\cos\varphi$ косвенным методом. Результаты измерений занести в таблицу.

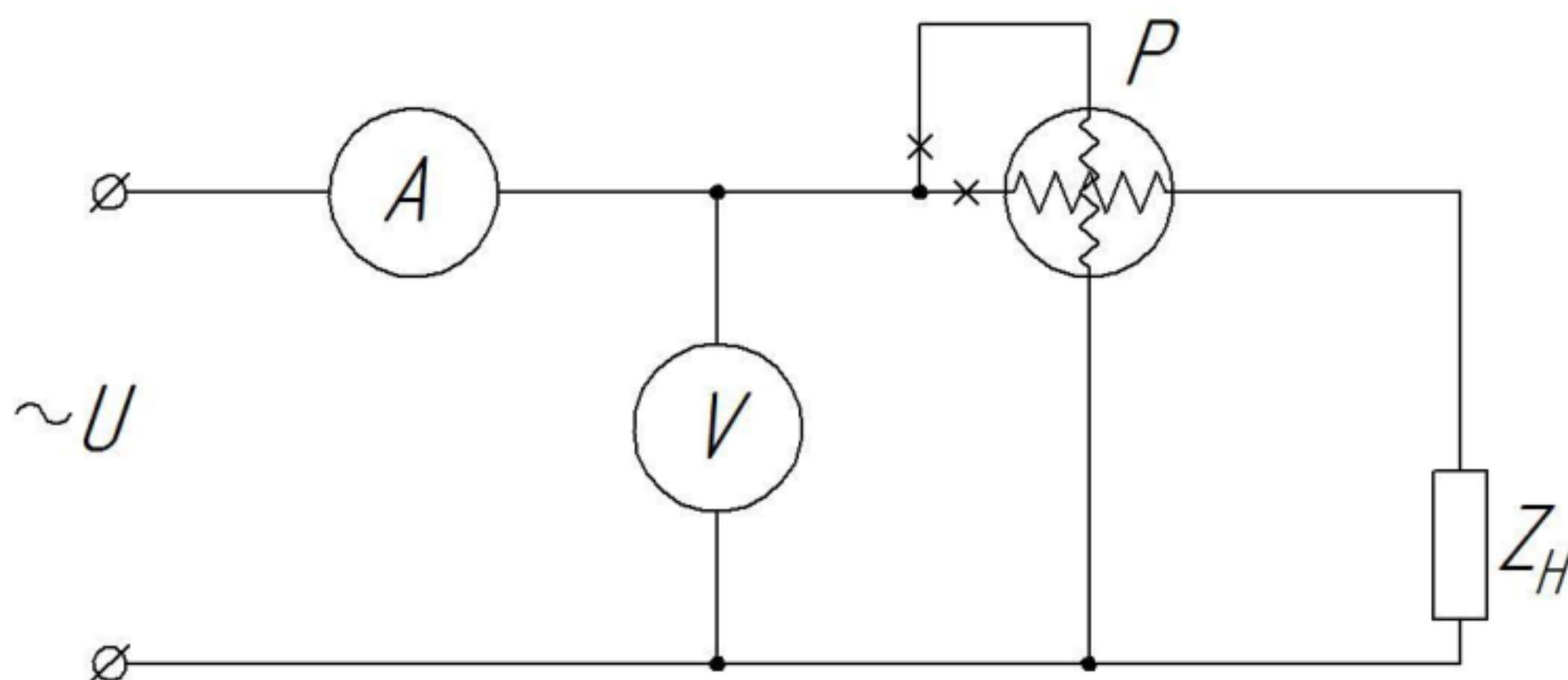


Рис.1.4. Схема электрическая принципиальная измерения $\cos\varphi$ косвенным методом.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какие измерительные приборы относятся к классу аналоговых.
2. Поясните принцип работы измерительных приборов магнитоэлектрической системы.
3. Поясните принцип работы измерительных приборов электромагнитной системы.
4. Поясните принцип работы измерительных приборов электродинамической системы.
5. Опишите устройство измерительного прибора магнитоэлектрической системы.
6. Опишите устройство измерительного прибора электромагнитной системы.
7. Опишите устройство измерительного прибора электродинамической системы.
8. Какие физические величины позволяют измерять приборы соответственно магнитоэлектрической, электромагнитной и электродинамической системы.
9. Что означает значок (*) на клеммах ваттметра электродинамической системы.
10. Что означает значок ($\cong$) на шкале прибора электромагнитной системы.

Лабораторная работа №11. Общая теория мостовых схем. Потенциометры и измерительные мосты

Цель работы: Измерение активного сопротивления 4-х плечным мостом постоянного тока.

Основы теории:

Мостовые схемы широко применяются в электроизмерительной технике для измерения сопротивления, индуктивности, ёмкости, добротности катушек, взаимной индуктивности, угла потерь конденсаторов, частоты.

На основе мостовых схем строятся приборы для измерения неэлектрических величин – температуры, малых перемещений и т.д.

Схема одинарного моста приведена на Рис. 2.1. В диагональ «б-г», называемую выходной, включается нагрузка (гальванометр или, в общем случае, нуль-индикатор) с сопротивлением Z_0 .

Ток в диагонали моста наиболее рационально можно рассчитать методом эквивалентного генератора:

$$I_{б-г} = I_0 = \frac{\dot{U}_{б-г\text{ эк}}}{Z_{\text{эк}} + Z_0}$$

Напряжение между точками «б» и «г» моста $U_{б-г\text{ эк}}$ при разомкнутой диагонали можно определить на основании второго закона Кирхгофа:

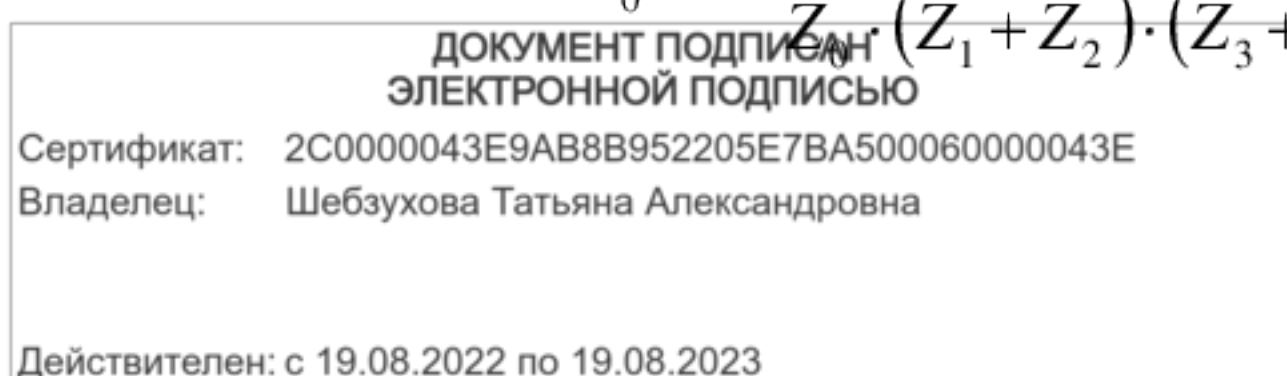
$$\dot{U}_{б-г\text{ эк}} = \dot{U} \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - \frac{Z_3}{Z_3 + Z_4} \right) = \dot{U} \left(\frac{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}{(Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4)} \right)$$

Входное сопротивление моста $Z_{\text{вх}}$ при разомкнутых ЭДС относительно точек «б» и «г» определяется выражением:

$$Z_{б-г} = Z_{\text{эк}} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + \frac{Z_3 \cdot Z_4}{Z_3 + Z_4} = \frac{(Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}{(Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4)}$$
$$Z_{\text{эк}} + Z_0 = \dot{U} \frac{Z_0 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}$$

Таким образом:

$$I_0 = \dot{U} \frac{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}{Z_0 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}$$



Равновесие моста имеет место при подборе плеч таким образом, чтобы $\dot{I}_0 = 0$, а это возможно лишь при $Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$.

Т.к. $Z_1 = R_1 + jX_1$; $Z_2 = R_2 + jX_2$; $Z_3 = R_3 + jX_3$; $Z_4 = R_4 + jX_4$, то, подставив выражения комплексных сопротивлений в уравнение равновесия моста, получим два равенства для мнимых и вещественных членов:

$$\begin{aligned} R_1 \cdot R_4 - X_1 \cdot X_4 &= R_2 \cdot R_3 - X_2 \cdot X_3 \\ R_1 \cdot jX_4 + R_4 \cdot jX_1 &= R_2 \cdot jX_3 + R_3 \cdot jX_2 \end{aligned}$$

Наличие двух уравнений равновесия свидетельствует о необходимости регулирования не менее двух параметров моста переменного тока для достижения его равновесия.

Комплексные сопротивления плеч моста могут быть представлены и в показательной форме:

$$Z_1 = z_1 \cdot e^{j\varphi_1}; Z_2 = z_2 \cdot e^{j\varphi_2}; Z_3 = z_3 \cdot e^{j\varphi_3}; Z_4 = z_4 \cdot e^{j\varphi_4}.$$

Тогда равновесие моста возможно при

$$z_1 \cdot e^{j\varphi_1} \cdot z_4 \cdot e^{j\varphi_4} = z_2 \cdot e^{j\varphi_2} \cdot z_3 \cdot e^{j\varphi_3}$$

$$\begin{aligned} &\text{или} \quad z_1 \cdot z_4 = z_2 \cdot z_3, \\ &\quad \varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3 \end{aligned}$$

Последнее условие ($\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$) указывает при каком расположении плеч, в зависимости от их характера, можно уравновесить мост. Если смежные плечи, например третье и четвертое, имеют чисто активные сопротивления R_3 и R_4 , т.е. $\varphi_3 = \varphi_4 = 0$, то два других смежных плеча (первое и второе) должны иметь – одно индуктивный, а другое ёмкостный характер. Если противоположные плечи имеют чисто активный характер, то одно из двух противоположных должно иметь индуктивный характер, а другое – ёмкостный.

Эти требования и определяют различные схемы для измерения физических величин, перечень которых приведён в начале основных теоретических положений к данной лабораторной работе.

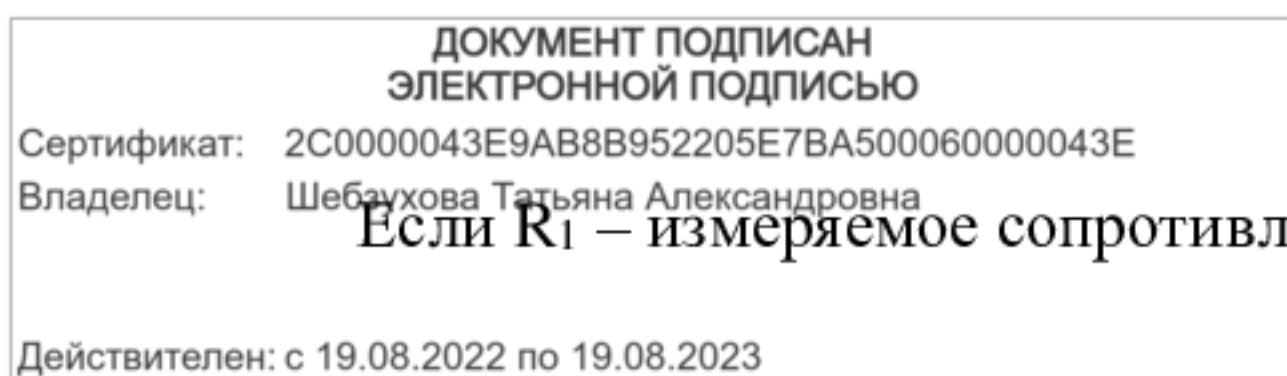
При измерении активного сопротивления уравнение равновесия приобретает вид:

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3,$$

откуда:

$$R_1 = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4}.$$

Если R_1 – измеряемое сопротивление R_x , то:



$$R_x = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4}.$$

Принято называть и, соответственно, использовать R_3 и R_4 в качестве плеч отношений, а R_2 в качестве плеча сравнения.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

- произвести измерение активного сопротивления с помощью мостовой схемы, собранной на стенде,
- получить практический опыт работы с универсальным мостом Винстона.

Порядок выполнения работы:

Изучить основные теоретические положения.

Собрать на стенде «Теоретические основы электротехники» схему Рис.2.1., где: R_1 – измеряемое сопротивление (например 500 Ом), R_2 – магазин сопротивлений Р 33, R_3 и R_4 – магазины сопротивлений Р 34, G - измерительный прибор МУ-62, U – регулируемый источник напряжения 0...15В блока «Генератора постоянных напряжений».

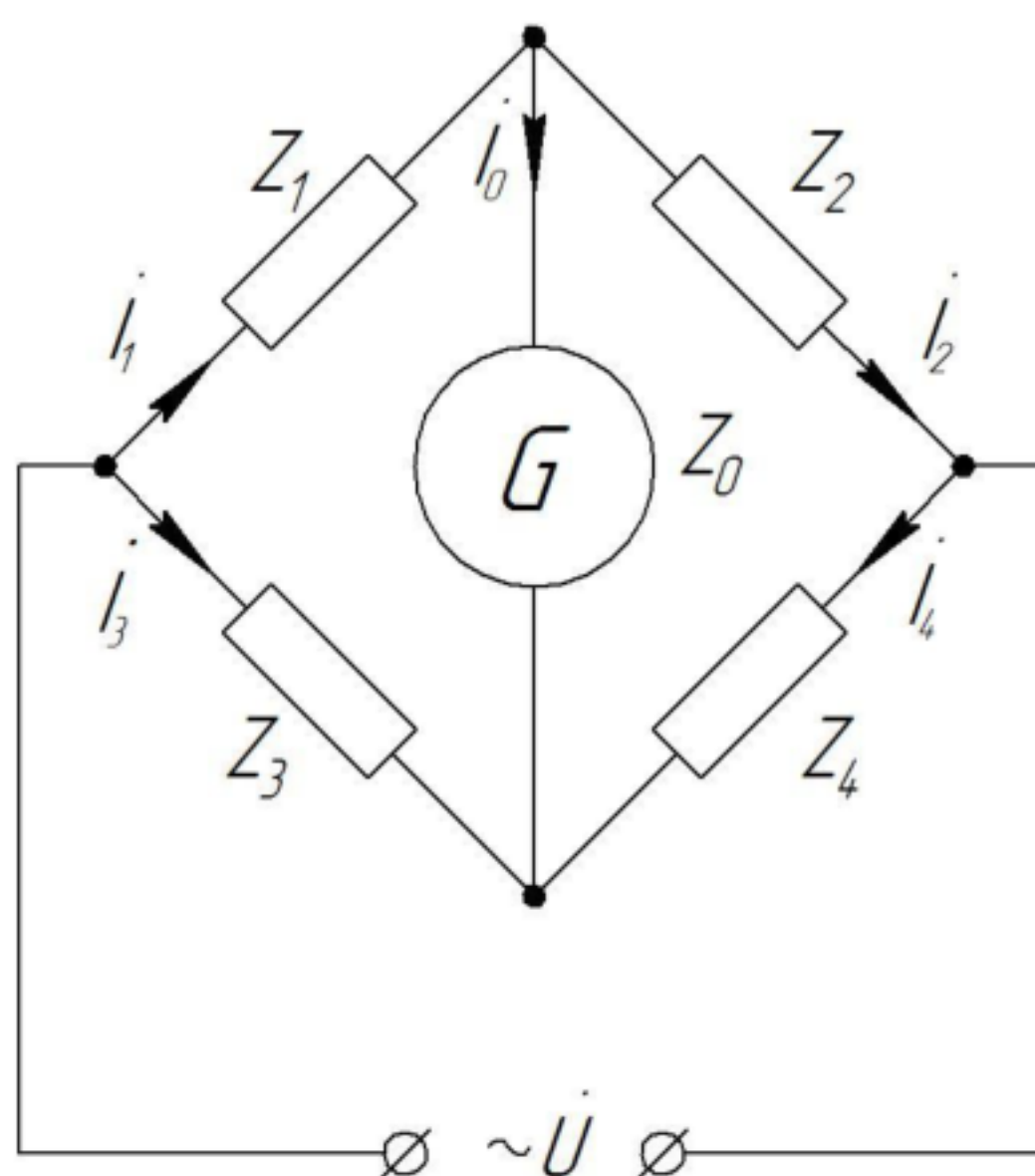


Рисунок 2.1. Схема электрическая принципиальная одинарного моста

Установить
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C010004379A5000020057BA5000600000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 $R_3 = R_4 = 200 \text{ Ом}$,
 R_2 – установлен произвольно,
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

МУ-62 -200мА,

U – плавно повышать напряжение до регистрации измерительным прибором тока $I_0 = 50 \dots 75$ мА.

Балансируем мостовую схему, вращая курбелли магазина R_2 :

если при увеличении номинала сопротивлений ток I_0 возрастает, то номинал сопротивлений уменьшаем, пока ток через прибор станет равным нулю;

если при уменьшении номинала сопротивлений ток I_0 возрастает, то номинал сопротивлений увеличиваем, пока ток через прибор станет равным нулю;

при нулевых показаниях прибора убеждаемся, что $R_x = R_2$.

Установить:

$R_3 = 400$ Ом,

убеждаемся, что $R_x = 0,5 R_2$.

Установить:

$R_4 = 400$ Ом,

Мост Винстона представляет собой переносной лабораторный прибор, предназначенный для определения повреждений в воздушных электролиниях и кабельных сетях, а также для измерения сопротивлений.

Все измерения проводятся на постоянном токе по нулевому методу путём уравнивания моста при помощи плеч сопротивления с использованием в качестве нуль-индикатора чувствительного стрелочного гальванометра с нулём в середине шкалы. Метод моста применяется главным образом при лабораторных измерениях, где требуется высокая точность.

Балансировка осуществляется следующим образом:

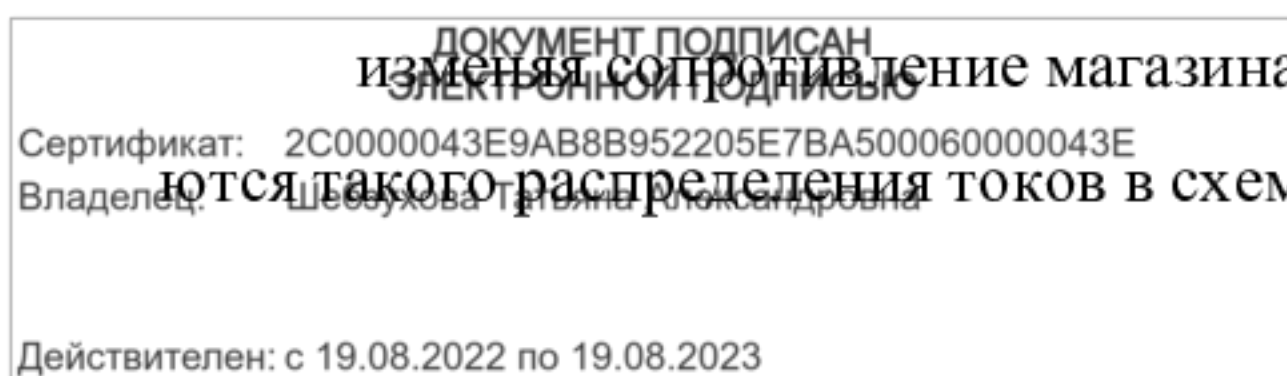
на плечах отношений R_3 и R_4 подбираются сопротивления с десятичными соотношениями (1:10; 1:100; 1:1000 или другие),

на плече сравнения R_2 подбирается для начала сопротивление, предположительно равное измеряемому, разделённое на отношение R_3/R_4 ,

замыкается ключ батареи и, кратковременно нажимая ключ гальванометра, наблюдают за стрелкой гальванометра,

если стрелка гальванометра обнаруживает резко выраженное стремление отклониться от нулевой отметки шкалы – это значит, что взятое в магазине R_2 сопротивление значительно отличается от измеряемого,

изменяя сопротивление магазина R_2 и меняя отношение R_3/R_4 , постепенно добиваются такого распределения токов в схеме, при котором ток в диагонали моста, содержащем



гальванометр, станет равным нулю. В этом случае при замыкании ключей батареи и гальванометра стрелка гальванометра не отклоняется.

когда условия распределения тока в схеме будут достигнуты, значение измеряемого сопротивления определится по известной формуле моста.

Подключить к мосту Винстона отрезок медного провода диаметром 0,1 мм и длиной приблизительно 10 см. Произвести измерение сопротивления медного провода балансировкой моста.

Подключить к мосту Винстона последовательно ряд сопротивлений: 150 Ом; 4,6 кОм; 22 кОм; 122 кОм. Произвести измерение этих сопротивлений балансировкой моста.

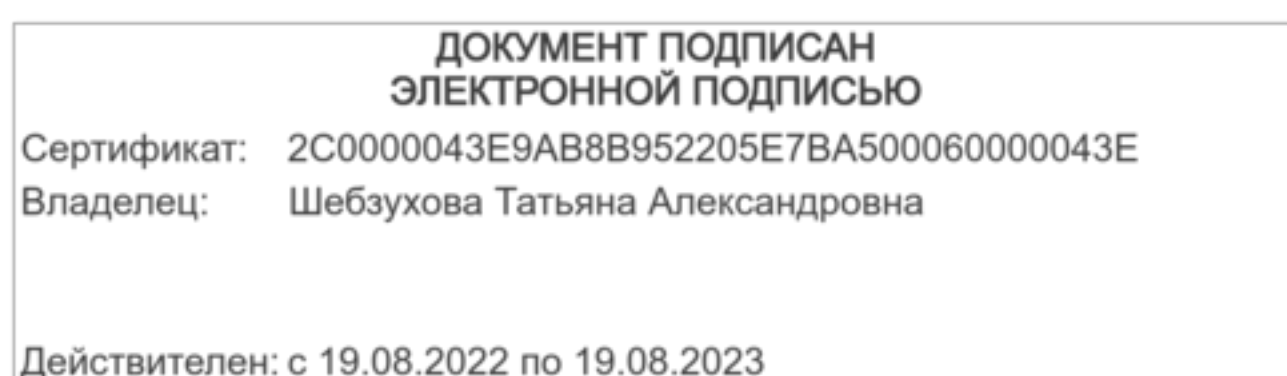
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Приведите основное уравнение мостовой измерительной схемы.
2. Назовите ряд чисел, как результат деления R_3/R_4 , наиболее приемлемых в процессе измерения сопротивлений мостовым методом.
3. Можно ли при измерении активных сопротивлений питать мостовую схему переменным током.
4. Изложите порядок балансировки мостовой схемы.
5. Изложите порядок балансировки одинарного измерительного моста.
6. Что ограничивает верхний номинал сопротивлений, измеряемых мостовым методом.
7. Что ограничивает нижний номинал сопротивлений, измеряемых мостовым методом.

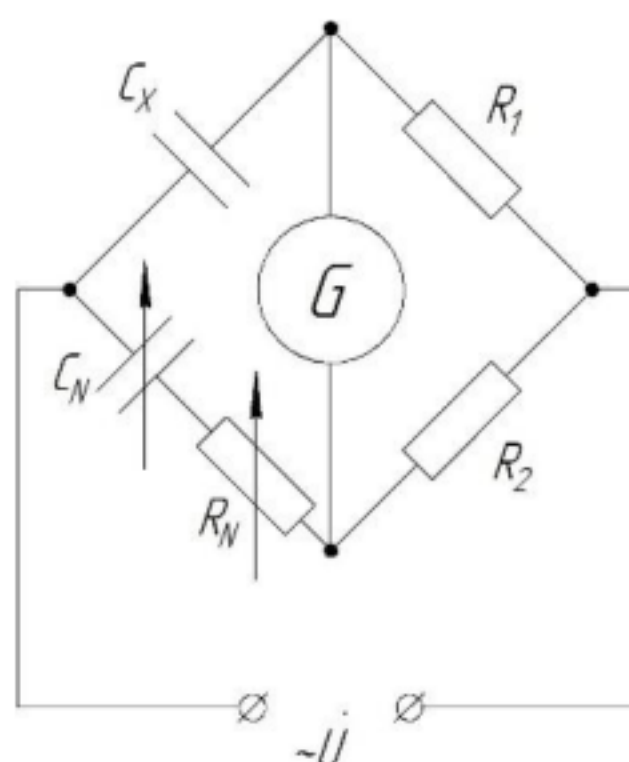


Лабораторная работа №12. Мосты переменного тока для измерения ёмкости и угла потерь конденсаторов, индуктивности и добротности катушек и частоты. Потенциометры и измерительные мосты

Цель работы: Измерение индуктивности и добротности катушек и ёмкости конденсаторов 4-х плечным мостом переменного тока.

Основы теории:

Схема моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего малыми потерями:



-характер плеч:

$$Z_1 = R_x + j \frac{1}{\omega \cdot C_x}, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R_N + j \frac{1}{\omega \cdot C_N}, \quad Z_4 = R_2,$$

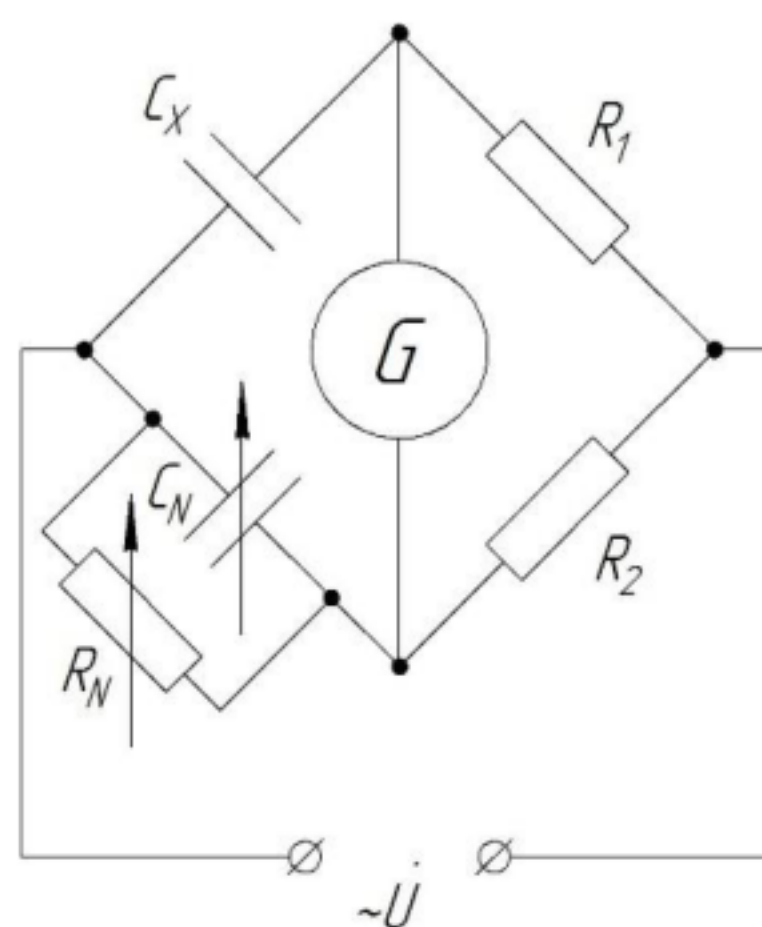
-условие равновесия:

$$\left(R_x + j \frac{1}{\omega \cdot C_x} \right) \cdot R_2 = \left(R_N + j \frac{1}{\omega \cdot C_N} \right) \cdot R_1,$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_N \cdot \frac{R_1}{R_2}, \quad C_x = C_N \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad \operatorname{tg} \Delta = \omega \cdot R_x \cdot C_x = \omega \cdot R_N \cdot C_N.$$

Схема моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего большими потерями:



-характер плеч:

$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + j\omega \cdot C_x}, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_N} + j\omega \cdot C_N}, \quad Z_4 = R_2,$$

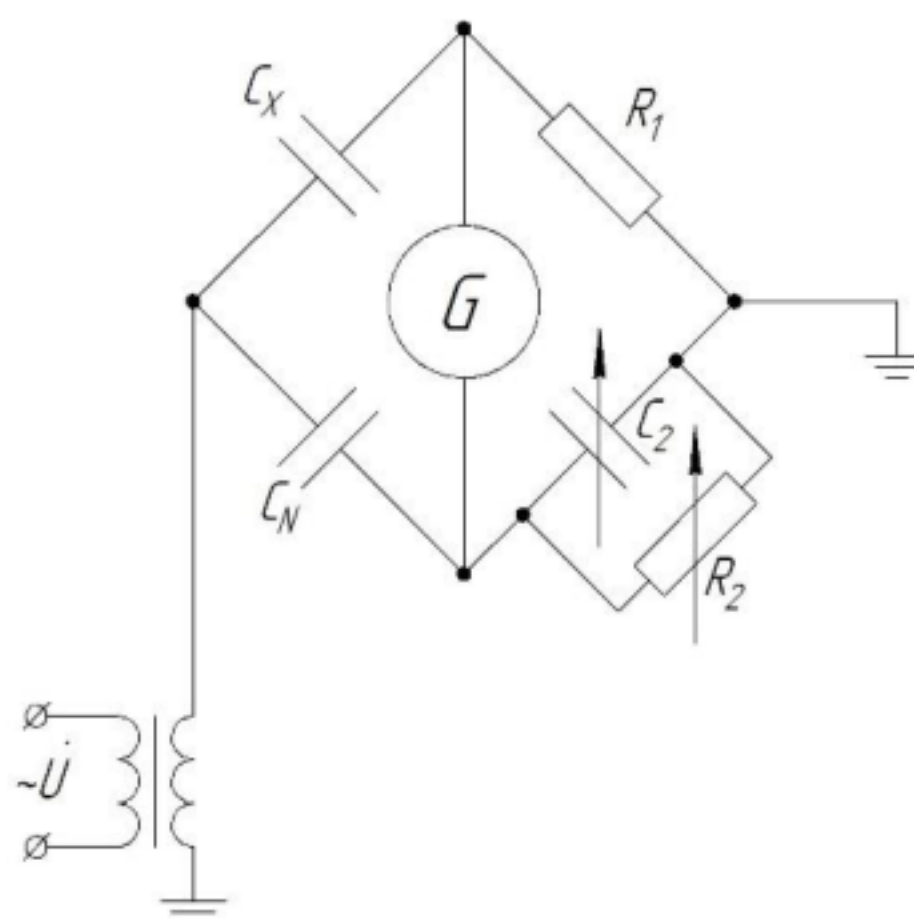
-условие равновесия:

$$\frac{R_2}{\frac{1}{R_x} + j\omega \cdot C_x} = \frac{R_1}{\frac{1}{R_N} + j\omega \cdot C_N},$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_N \cdot \frac{R_1}{R_2}, \quad C_x = C_N \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad \operatorname{tg} \Delta = \frac{1}{\omega \cdot R_x \cdot C_x} = \frac{1}{\omega \cdot R_N \cdot C_N}.$$

3.1.3. Схема моста переменного тока для определения потерь в диэлектрике:



-характер плеч:

$$Z_1 = R_x + j \frac{1}{\omega \cdot C_x}, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = j \frac{1}{\omega \cdot C_N}, \quad Z_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega \cdot C_2},$$

-условие равновесия:

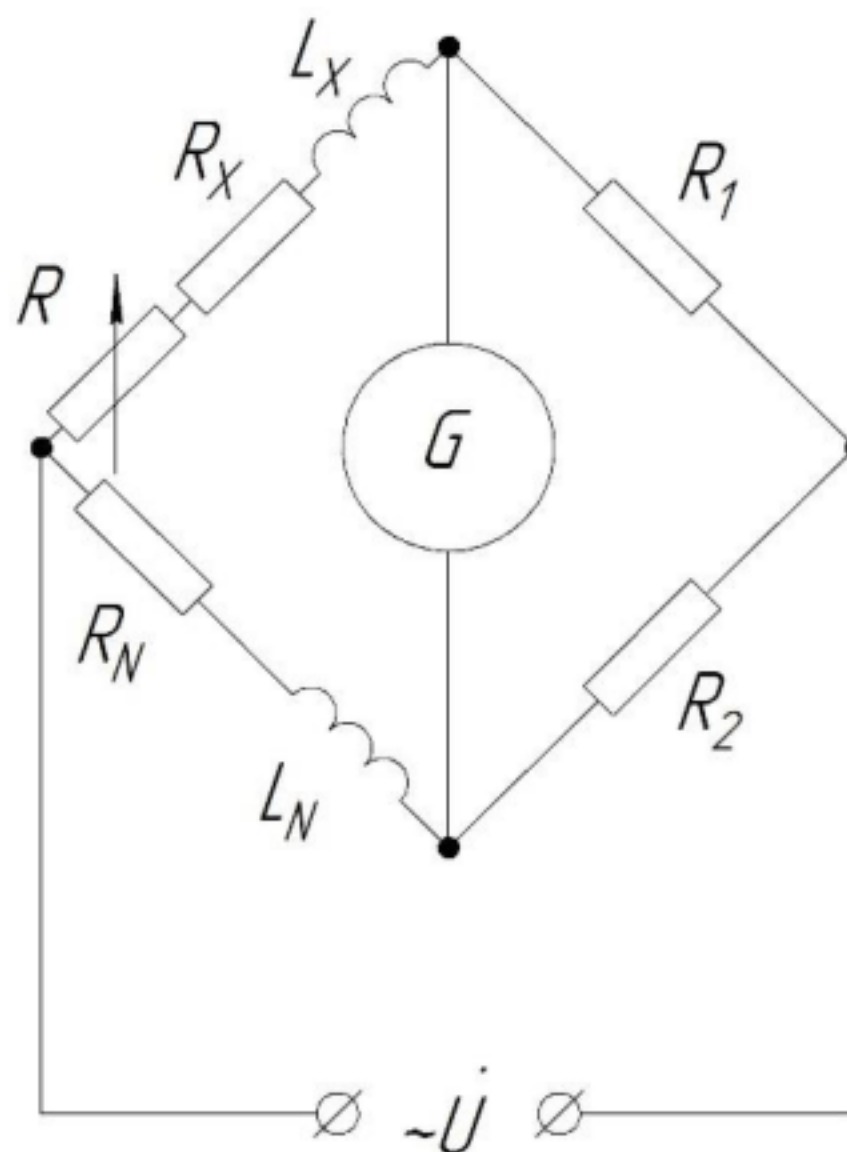
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебунин Александр Владимирович
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$\cdot \frac{R_x + \frac{1}{j\omega \cdot C_x}}{R_1} = \frac{1}{j\omega \cdot C_N} \left(\frac{1}{R_2} + j\omega \cdot C_2 \right),$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_1 \cdot \frac{C_2}{C_N}, \quad C_x = C_N \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad \operatorname{tg} \Delta = \omega \cdot R_x \cdot C_x.$$

Схема моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с малым активным сопротивлением $R_x \ll R_N$



- характер плеч:

$$Z_1 = R + R_x + j\omega \cdot L_x, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R_N + j\omega \cdot L_N, \quad Z_4 = R_2,$$

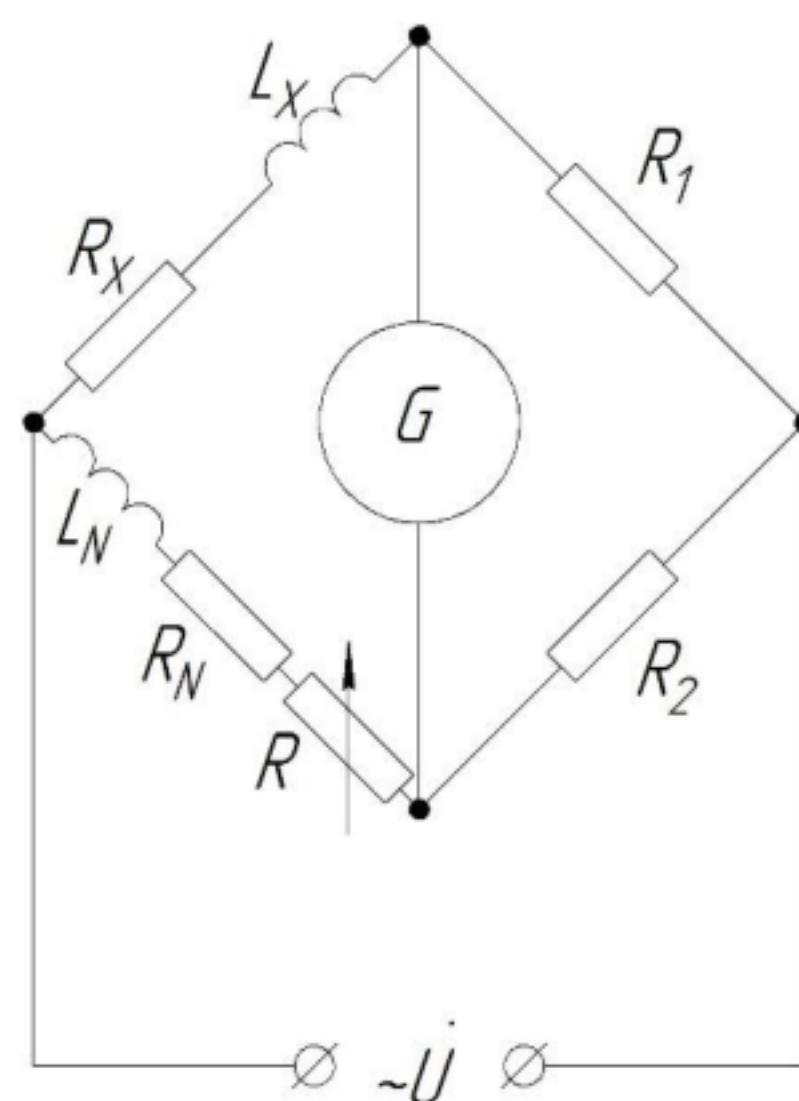
-условие равновесия:

$$(R + R_x + j\omega \cdot L_x) \cdot R_2 = (R_N + j\omega \cdot L_N) \cdot R_1,$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_N \cdot \frac{R_1}{R_2} - R, \quad L_x = L_N \cdot \frac{R_1}{R_2}.$$

Схема моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с большим активным сопротивлением $R_x \gg R_N$



- характер плеч:

$$Z_1 = R_x + j\omega \cdot L_x, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R + R_N + j\omega \cdot L_N, \quad Z_4 = R_2,$$

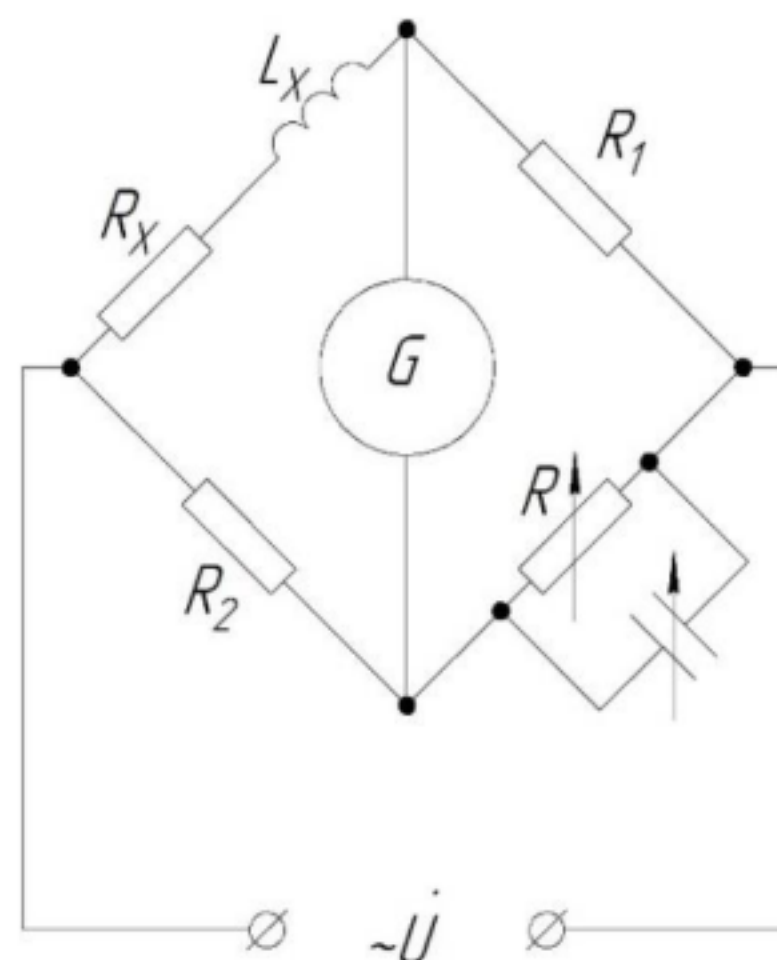
-условие равновесия:

$$(R_x + j\omega \cdot L_x) \cdot R_2 = (R + R_N + j\omega \cdot L_N) \cdot R_1,$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = (R_N + R) \cdot \frac{R_1}{R_2} - R, \quad L_x = L_N \cdot \frac{R_1}{R_2}.$$

Схема моста переменного тока для определения индуктивности и добротности катушек с использованием образцового конденсатора:



- характер плеч:

$$Z_1 = R_x + j\omega \cdot L_x, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R_2, \quad Z_4 = \frac{R}{1 + j\omega \cdot C},$$

-условие равновесия:

$$\frac{(R_x + j\omega \cdot L_x) \cdot R}{1 + j\omega \cdot C \cdot R} = R_1 \cdot R_2,$$

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

-определение измеряемых величин:

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R}, \quad L_x = C \cdot R_1 \cdot R_2.$$

По полученным значениям R_x и L_x или C и R определяют добротность катушки:

$$Q = \frac{\omega \cdot L_x}{R_x} = \omega \cdot C \cdot R,$$

На основании вышеизложенного перед непосредственным измерением следует произвести предварительные расчёты ожидаемых значений элементов моста переменного тока.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

При выполнении данной лабораторной работы необходимо получить навыки измерения параметров резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности с помощью измерителя иммитанса Е7-15.

Изучить основные теоретические положения.

Ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации ИЗМЕРИТЕЛЯ ИММИТАНСА Е7-15.

Измеритель иммитанса предназначен для измерения иммитансных параметров электрорадиокомпонентов: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности.

Прибор измеряет следующие параметры:

- ёмкость (C);
- индуктивность (L);
- сопротивление (R);
- проводимость (G);
- фактор потерь (D)
- добротность (Q).

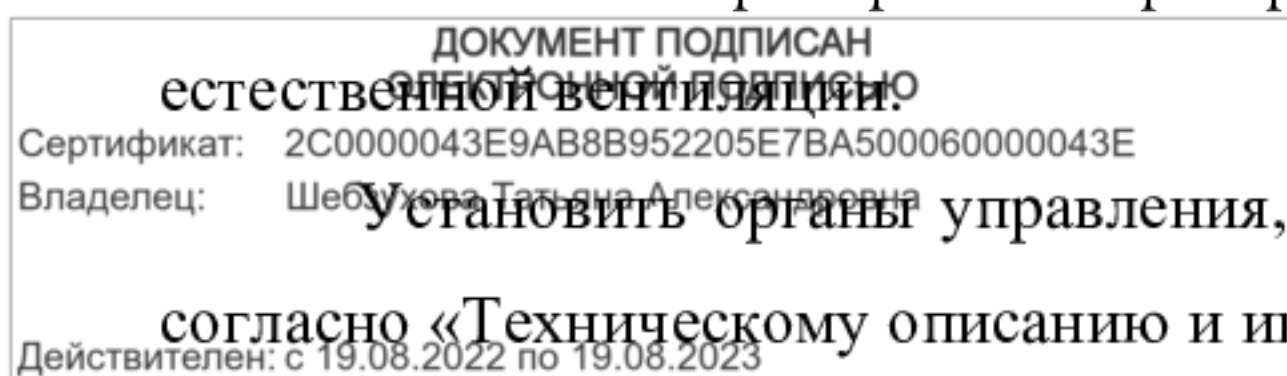
Порядок выполнения работы:

Разместить прибор на лабораторном стенде, обеспечив удобство работы и условия

естественной вентиляции.

Установить органы управления, настройки и подключения в исходное положение

согласно «Техническому описанию и инструкции по эксплуатации 2.724.014 ТО»



Для проведения измерения достаточно подключить измеряемый объект к зажимам прибора и установить нужный режим измерения.

Подключить к зажимам прибора любой резистор из набора стенда «ТОЭ». Установить ПАРАМЕТР «R|G». Установить ПРЕДЕЛ «АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР». Прибор выдаст на дисплее значение сопротивления резистора.

Установить ПРЕДЕЛ «ФИКС». Изменяя номер предела, добиться условия, когда прибор выдаст на дисплее значение проводимости резистора. Сравнить полученные данные с номиналом резистора.

Подключить к зажимам прибора любую катушку индуктивности из набора стенда «ТОЭ». Установить ПАРАМЕТР «L|C». Установить ПРЕДЕЛ «АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР». Установить ЧАСТОТА «100Гц». Прибор выдаст на дисплее значение индуктивности катушки.

Установить ЧАСТОТА «1кГц». Прибор выдаст на дисплее значение индуктивности катушки. Убедиться, что значения индуктивностей одной и той же катушки на разных частотах различны.

Установить ПАРАМЕТР «D|Q». Прибор выдаст на дисплее значение добротности катушки. Сравнить полученные данные с номиналом катушки индуктивности.

3.2.3.4. Подключить к зажимам прибора любой конденсатор из набора стенда «ТОЭ». Установить ПАРАМЕТР «L|C». Установить ПРЕДЕЛ «АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР». Прибор выдаст на дисплее значение ёмкости конденсатора. Сравнить полученные данные с номиналом конденсатора.

Установить ПАРАМЕТР «D|Q». Прибор выдаст на дисплее значение тангенса угла потерь конденсатора. Если 0,02 то убедиться, что на дисплее высвечивается схема последовательного соединения. Если 0,02 то убедиться, что на дисплее высвечивается схема параллельного соединения.

Содержание отчета:

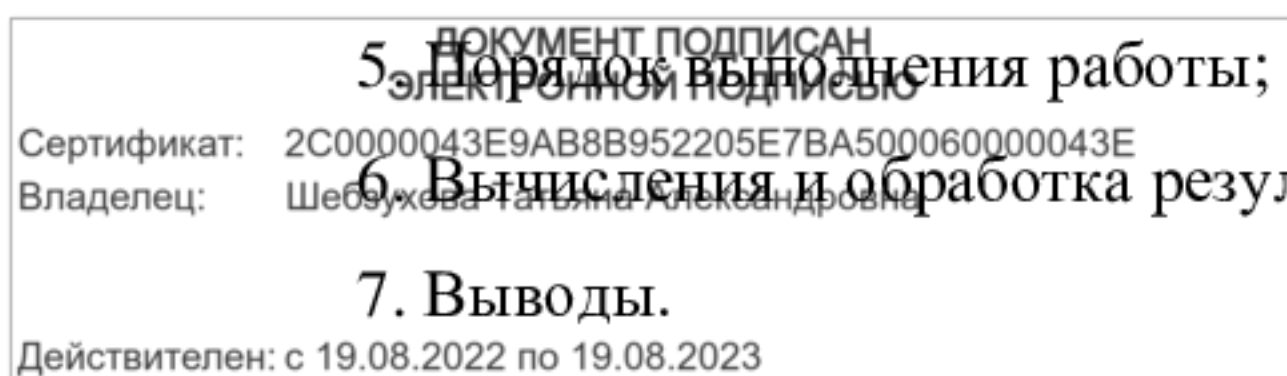
Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;

5. Порядок выполнения работы;

6. Вычисления и обработка результатов;

7. Выводы.



Контрольные вопросы:

1. Приведите векторную диаграмму конденсатора с малыми диэлектрическими потерями.
2. Приведите векторную диаграмму конденсатора с большими диэлектрическими потерями.
3. Приведите схему моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего малыми потерями и формулы расчётных величин.
4. Приведите схему моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего большими потерями и формулы расчётных величин.
5. Приведите схему моста переменного тока для определения потерь в диэлектрике и формулы расчётных величин.
6. Приведите схему моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с малым активным сопротивлением и формулы расчётных величин.
7. Приведите схему моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с большим активным сопротивлением и формулы расчётных величин.
8. Приведите схему моста переменного тока для определения индуктивности и добротности катушек с использованием образцового конденсатора и формулы расчётных величин.

Лабораторная работа №13. Электронные измерительные приборы. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы

Цель работы: Измерение тока, напряжения, сопротивления, частоты электронными измерительными приборами.

Основы теории:

Цифровыми измерительными приборами (ЦИП) называются приборы, автоматически вырабатывающие дискретные сигналы измерительной информации, показания которых представляются в цифровой форме. В цифровых приборах в соответствии со значением измеряемой величины образуется код, а затем в соответствии с кодом измеряемая величина представляется на отсчётном устройстве в цифровой форме. Код выдаёт аналогоцифровой преобразователь (АЦП) в соответствии со значением измеряемой величины. Подаётся код в ЭВМ, автоматическое устройство или регистрирующее отсчётное устройство, которое отражает значение измеряемой величины в цифровой форме.

Для образования кода непрерывная измеряемая величина дискретизируется во времени и квантуется по уровню.

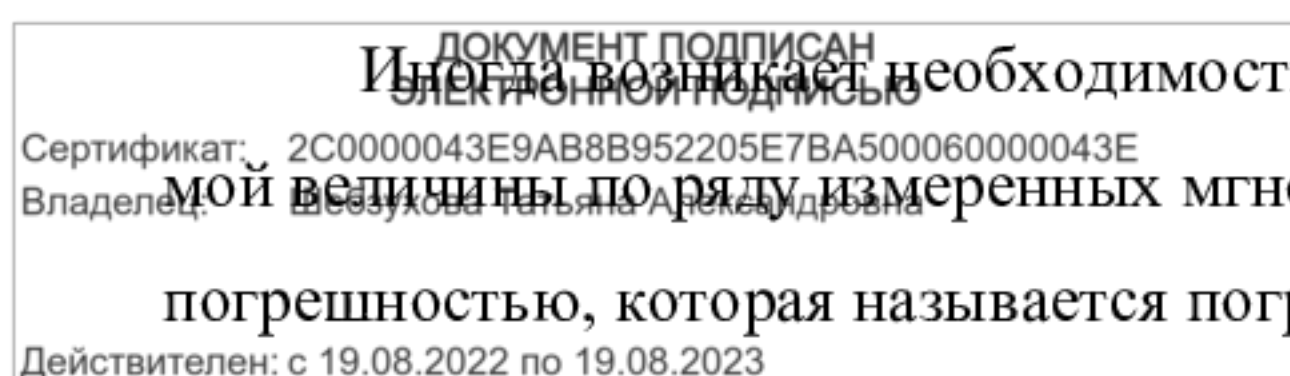
Дискретизацией непрерывной во времени величины $x(t)$ называется операция преобразования $x(t)$ в прерывную во времени, т.е. в величину, значения которой отличны от нуля и совпадают с соответствующими значениями $x(t)$ только в определённые моменты времени. Промежуток между двумя соседними моментами времени дискретизации называется шагом дискретизации.

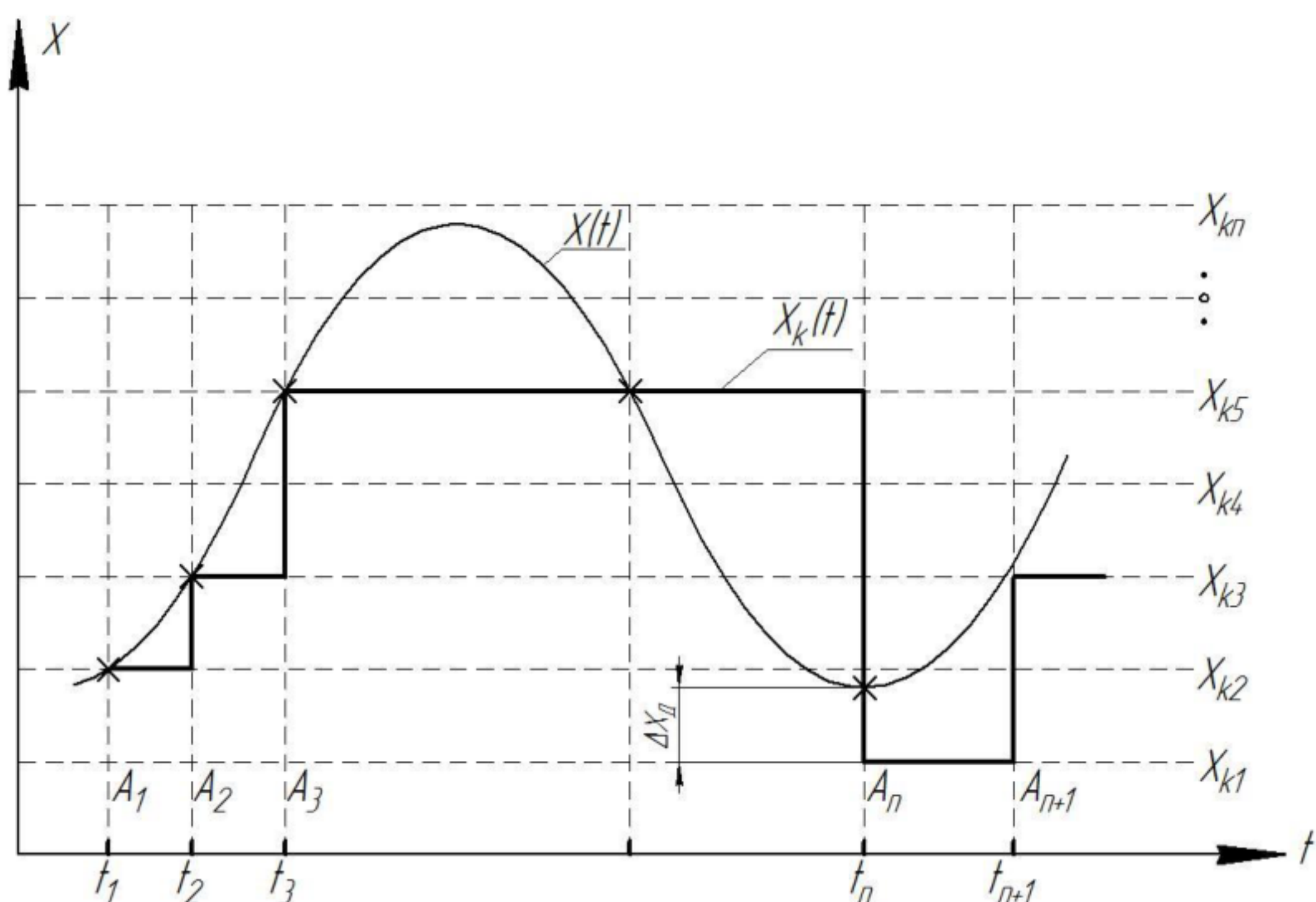
Квантованием по уровню непрерывной величины $x(t)$ называется операция преобразования $x(t)$ в квантованную величину $x_k(t)$. Квантованная величина - величина, которая может принимать в заданном диапазоне определённое значение. Фиксированные значения квантованной величины называются уровнями квантования. Разность между двумя ближайшими уровнями называется ступенью, или шагом квантования.

Квантование непрерывной измеряемой величины по уровню и дискретизация во времени представлены на Рис. 4.1.

Как видно из рисунка в результате квантования измеряемой величины по уровню возникает погрешность дискретности, т.к. в большинстве случаев измерений имеется разность между показаниями ЦИП и значениями измеряемой величины в моменты измерений.

Иногда возникает необходимость восстановить все значения непрерывной измеряемой величины по ряду измеренных мгновенных значений. Практически это возможно, но с погрешностью, которая называется погрешностью аппроксимации.





Квантование непрерывной измеряемой величины по уровню и дискретизация во времени.

Если ЦИП и АЦП предназначены для получения результатов измерений, по которым будут восстанавливаться все промежуточные непрерывные значения измеряемой величины, то быстродействие таких приборов и преобразователей выбирается с учётом допустимой погрешности аппроксимации и характера изменения измеряемой величины.

Выбор ЦИП для измерения конкретной величины производится с учётом основных характеристик цифровых приборов:

- предел основной допускаемой погрешности:

где:

- x_k –верхний предел диапазона измерений;

- a_0 и b_0 – постоянные числа, которые для ЦИП нормируются и выбираются из определённого ряда по ГОСТ 13600-XX.

Класс точности ЦИП определяется совокупностью $a_0 \setminus b_0$.

- диапазон измерений** - область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности прибора;

- порог чувствительности** - наименьшее изменение измеряемой величины, вызывающее изменение показаний прибора;

- разрешающая способность** – значение одной единицы младшего разряда отсчётного устройства;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННЫМ ПОДПИСАНОМ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Швецова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

-быстродействие – число измерений, выполняемых прибором с нормируемой погрешностью в единицу времени.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

При выполнении данной лабораторной работы необходимо получить навыки измерения электрических величин и параметров с помощью цифрового мультиметра АРРА - 505.

Изучить основные теоретические положения.

Ознакомиться с руководством по эксплуатации цифрового мультиметра АРРА - 505.

Цифровой мультиметр АРРА – 505 является многофункциональным прибором и предназначен для:

- измерения постоянного и переменного напряжения,
- измерения постоянного и переменного тока,
- измерения сопротивления,
- измерения ёмкости,
- измерения частоты,
- измерения температуры и т.д.

Цифровой мультиметр АРРА – 505 обладает следующими функциональными возможностями:

- испытание р-п переходов,
- звуковая прозвонка цепей,
- цифровая шкала,
- линейная шкала,
- авто и ручное переключение диапазонов и т.д.

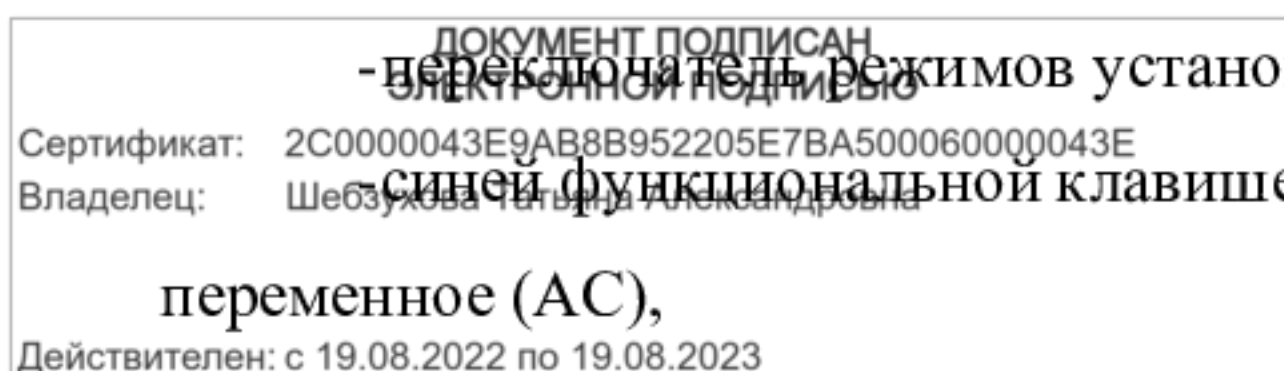
Порядок выполнения работы:

Измерение напряжения

-измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,

-переключатель режимов установить в положение mV(меньше 200 мВ) или V,

-синей функциональной клавишей выбирать режим измерения: постоянное (DC) или переменное (AC),



- подключая щупы измерительных проводов параллельно источникам питания «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ» считывать результат с экрана ЖК-дисплея в аналоговой и цифровой форме.

Обратить внимание, что в режиме АС вычисляется среднеквадратическое значение и определяется частота сигнала.

Измерение силы тока:

-измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и А или mA/красный,

-переключатель режимов установить в положение mA(меньше 200 mA) или А,

-синей функциональной клавишей выбрать режим измерения: постоянное (DC) или переменное (AC),

- подключая щупы измерительных проводов последовательно (в разрыв цепи) электрических схем, собранных от источников питания «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ» считывать результат с экрана ЖК-дисплея в аналоговой и цифровой форме.

Обратить внимание, что в режиме АС вычисляется среднеквадратическое значение и определяется частота сигнала.

Измерение сопротивления

-измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,

-переключатель режимов установить в положение Ω ,

-синей функциональной клавишей выбрать режим измерения Ω ,

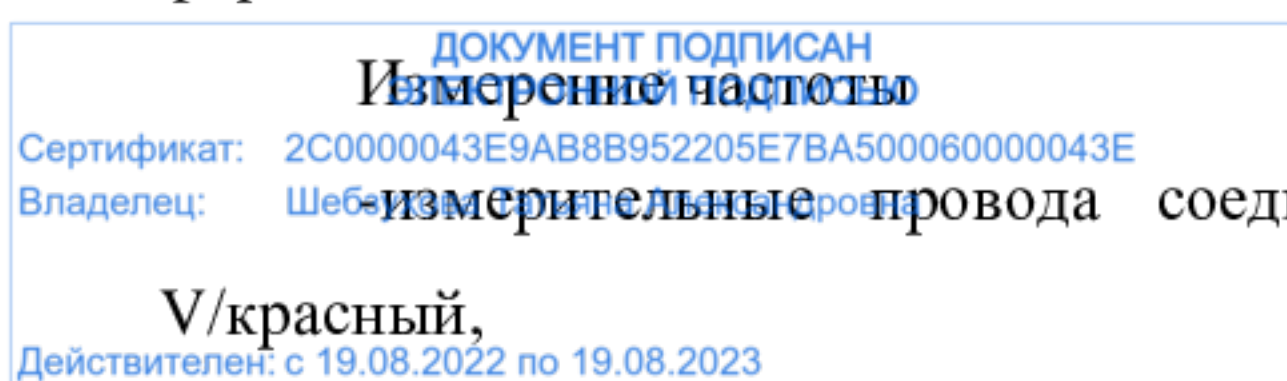
-последовательно подключая щупы измерительных проводов параллельно выводам набора резисторов стенда «ТОЭ» считывать результат с экрана ЖК-дисплея в цифровой форме.

Измерение ёмкости

-измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,

-переключатель режимов установить в положение **C** ,

-последовательно подключая щупы измерительных проводов параллельно выводам набора конденсаторов стенда «ТОЭ» считывать результат с экрана ЖК-дисплея в цифровой форме.



- переключатель режимов установить в положение Hz\DF,
- синей функциональной клавишей выбрать режим измерения Hz (частота), DF (коэфф. заполнения),

-последовательно подключая щупы измерительных проводов параллельно переменным источникам питания «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ» и, изменяя частоту сигнала, считывать результат с экрана ЖК-дисплея в цифровой форме.

Обратить внимание, что одновременно с измерением частоты определяется период следования сигнала.

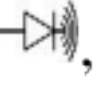
Измерение температуры

-к входным гнездам подключить адаптер термопары: COM\ - и V \+. Через адаптер подключить термопару К-типа,

- переключатель режимов установить в положение C° / F° ,
- синей функциональной клавишей выбрать шкалу измерений: C° или F° ,
- датчик температуры поместить в измеряемую среду,
- считать результат с экрана ЖК-дисплея.

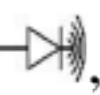
Испытание p-n переходов

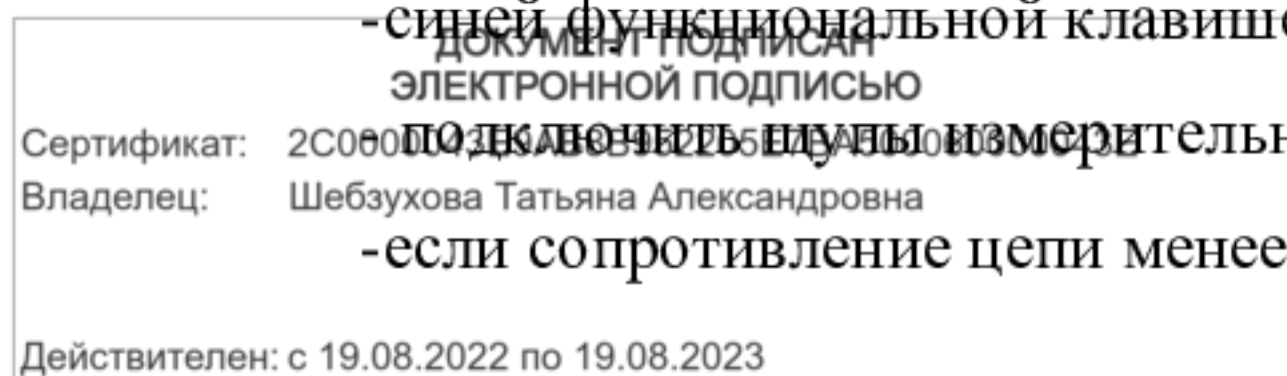
-измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,

- переключатель режимов установить в положение $\rightarrow$ ,
- синей функциональной клавишей выбрать режим измерения: $\rightarrow$ ,
- подключить щупы измерительных проводов параллельно нагрузке,
- считать результат с экрана ЖК-дисплея:
- прямое включение p-n перехода: исправен при показаниях 0,4...0,9В; неисправен при показаниях 0 (короткое замыкание) или OL (обрыв);
- обратное включение p-n перехода: исправен при показаниях OL; неисправен при других показаниях.

Звуковой прозвон цепей

-измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,

- переключатель режимов установить в положение $\rightarrow$ ,
- синей функциональной клавишей выбрать режим измерения: $\rightarrow$ ,
- подключить щупы измерительных проводов параллельно нагрузке,
- если сопротивление цепи менее 50Ом, включается непрерывный звуковой сигнал.



Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы принципиальные особенности построения ЦИП.
2. Объясните необходимость дискретизации непрерывной во времени измеряемой величины $x(t)$ для её дальнейшего преобразования в АЦП.
3. Объясните необходимость квантования по уровню непрерывной во времени измеряемой величины $x(t)$ для её дальнейшего преобразования в АЦП.
4. Чем определяется порог чувствительности ЦИП.
5. Приведите формулу основной допускаемой погрешности ЦИП.
6. Чем определяется быстродействие ЦИП.
7. Чем определяется разрешающая способность ЦИП.
8. Каковы основные преимущества ЦИП перед аналоговыми и электромеханическими измерительными приборами.

Лабораторная работа №14. Электронные измерительные приборы. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы.

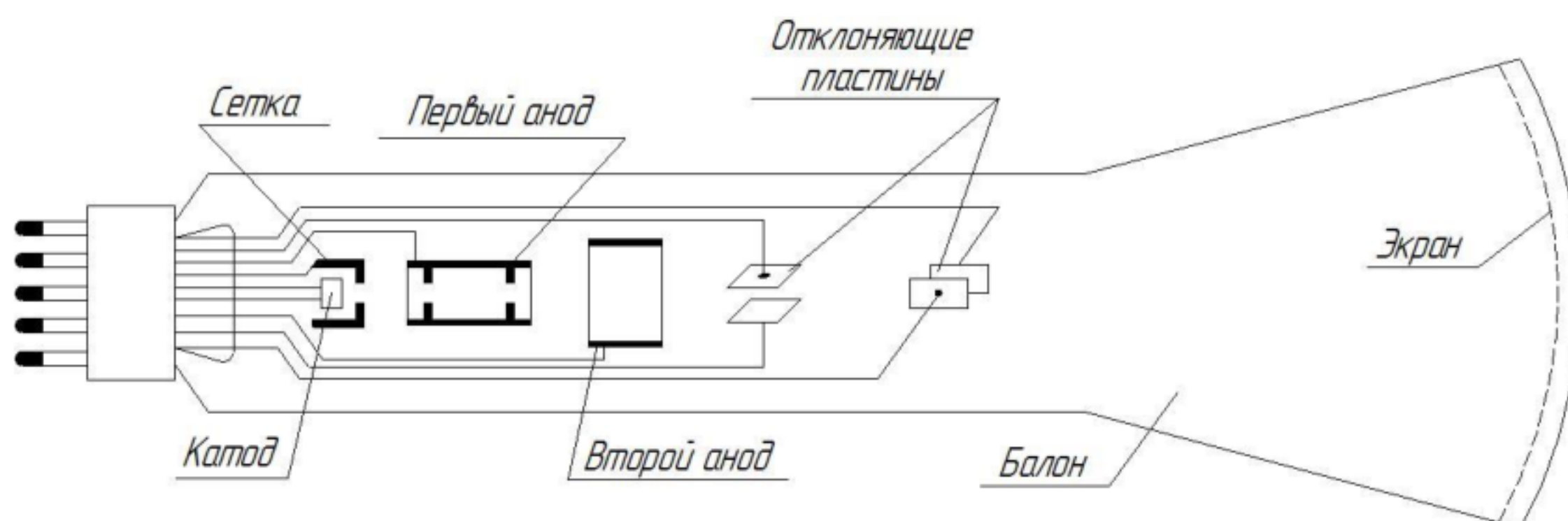
Цель работы: Исследование периодических процессов с помощью электронно-лучевого осциллографа.

Основы теории:

В основу работы электроннолучевого осциллографа положено управление движением пучка электронов воздействием на него исследуемым напряжением.

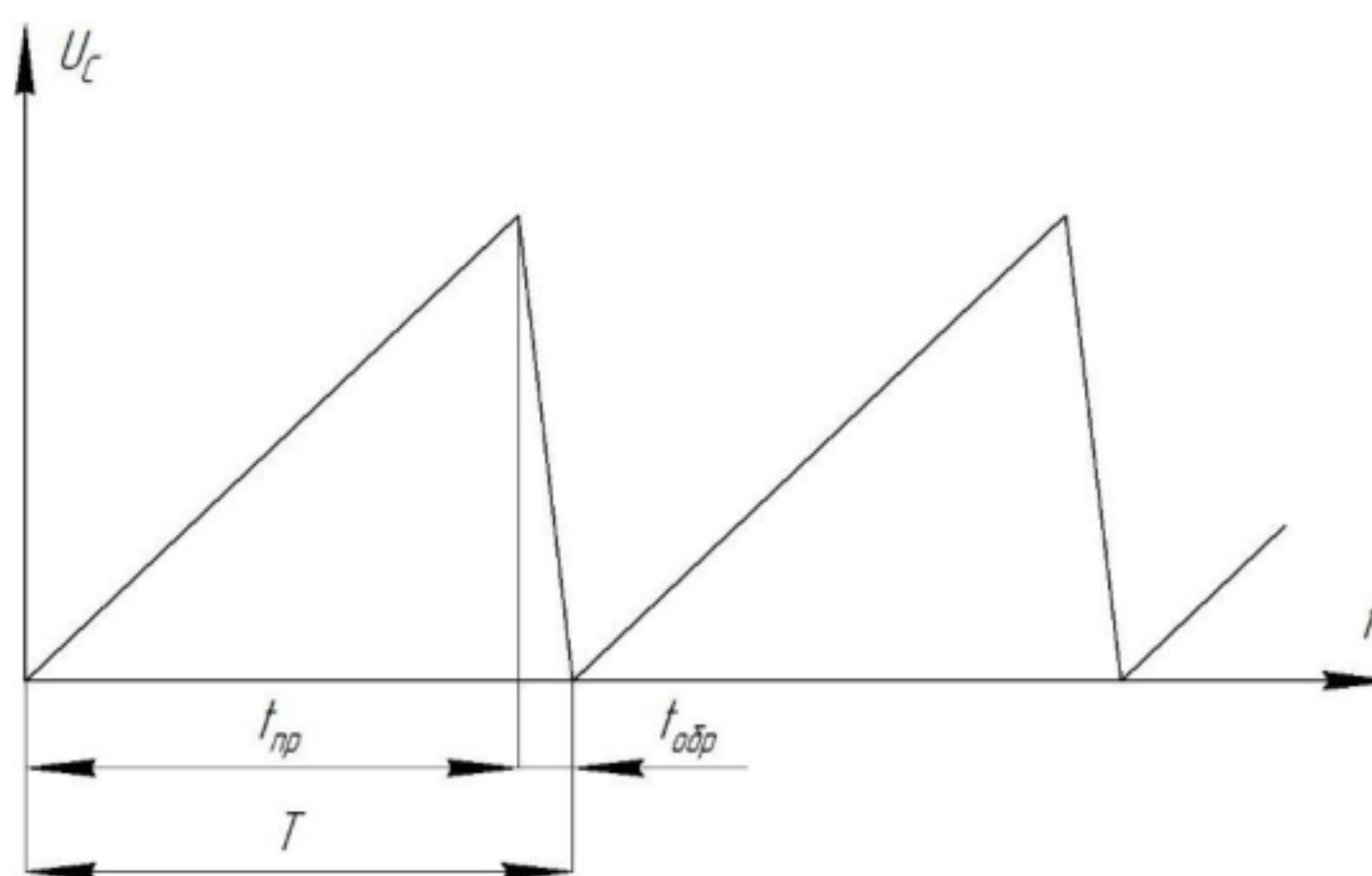
Для этого в его схеме предусматриваются устройства, обеспечивающие стабильность его характеристик, коррекцию амплитудных и фазовых погрешностей, периодическую калибровку чувствительности и масштаба времени и другие меры, улучшающие метрологические характеристики прибора.

Центральным измерительным узлом осциллографа является электроннолучевая трубка, преобразующая значение исследуемого напряжения в перемещение электронного луча. Устройство электроннолучевой трубки схематично представлено на Рис. 5.1.



Устройство электроннолучевой трубки.

Для наблюдения и фотографирования исследуемого напряжения во времени используют линейную временную развёртку, позволяющую непосредственно наблюдать на экране кривую исследуемого напряжения в прямоугольной системе координат. Для чего на горизонтально отклоняющую пару пластин подают линейно изменяющееся напряжение, график изменения которого представлен на Рис. 5.2. Меняя частоту генератора развёртки, добиваются синхронизации частот, т.е. такого соотношения частот развёртки и сигнала, при котором изображение получается неподвижным.



Линейно изменяющееся напряжение временной развёртки.

Электроннолучевой осциллограф является универсальным измерительным прибором с очень широкой областью применения.

В данной лабораторной работе будет рассмотрено его применение для измерения частоты и фазы при сравнении двух колебаний синусоидальной формы методом фигур Лиссажу.

Подавая на одну из пар пластин синусоидальное напряжение определённой частоты, а на другую – исследуемое напряжение, можно в ряде случаев по виду фигуры Лиссажу судить о частоте и сдвиге фазы неизвестного напряжения. На Рис. 5.3. показаны фигуры Лиссажу для нескольких простых случаев соотношения частот и углов сдвига фаз. Определение частоты этим способом основано на том, что любая фигура Лиссажу вписывается в прямоугольник, стороны которого соответственно равны удвоенным амплитудам складываемых колебаний. Отношение числа касаний неподвижной фигуры на экране с одной из вертикальных сторон прямоугольника n к числу касаний той же фигуры с одной из горизонтальных его сторон m характеризует кратность частот сравниваемых колебаний.

Если напряжение измеряемой частоты f_x подано на вход Y осциллографа, а напряжение неизвестной частоты f_0 – на вход X, то получим соотношение

$$\frac{f_x}{f_0} = \frac{m}{n}, \text{ из которого определяем частоту } f_x.$$

Иногда добиться неподвижности фигуры Лиссажу трудно вследствие неустойчивости сравниваемых частот. Измерив частоту вращения фигуры Δf , можно внести поправку:

$$f_x = f_0 \frac{m}{n} \pm \Delta f.$$

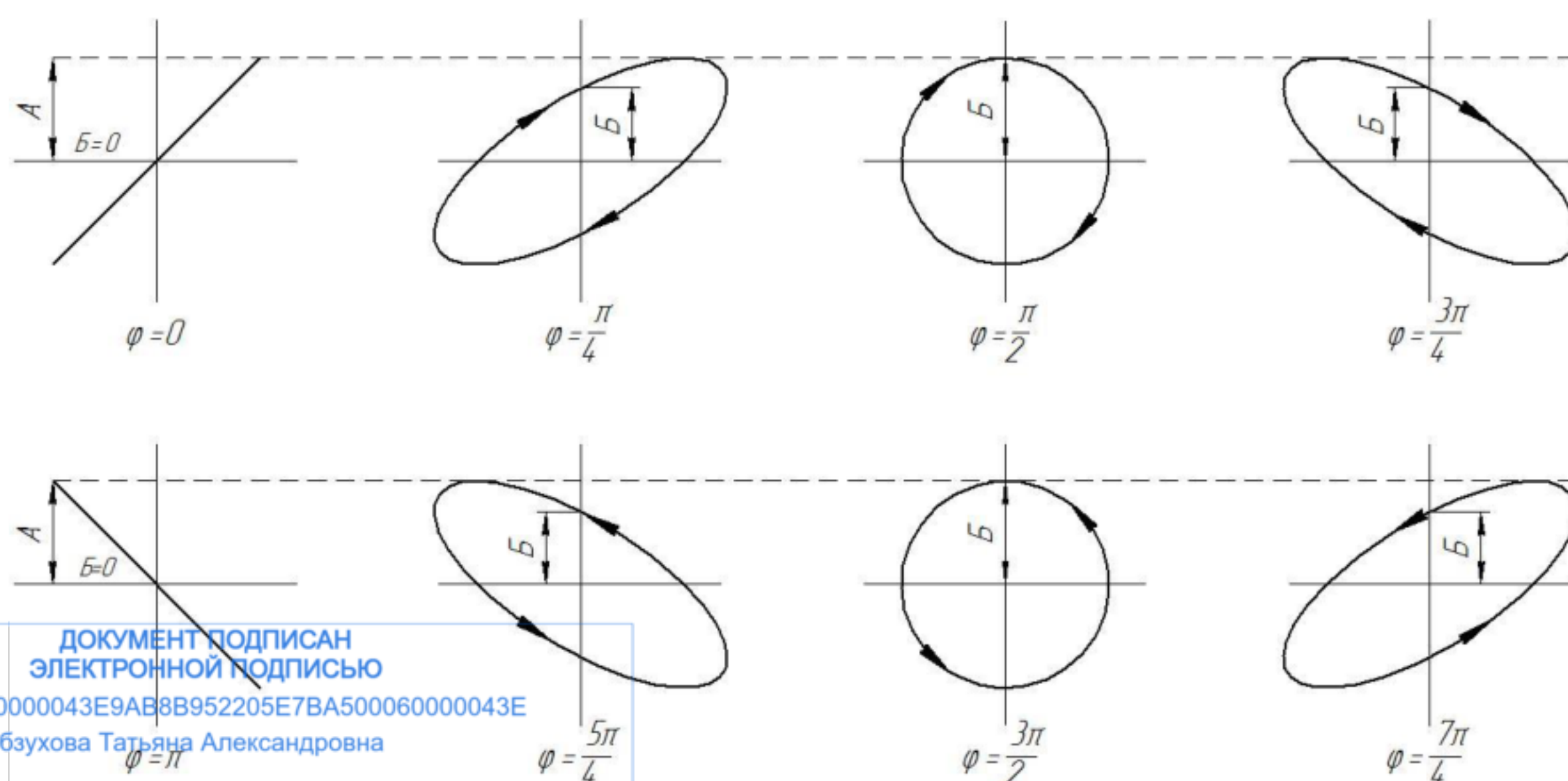
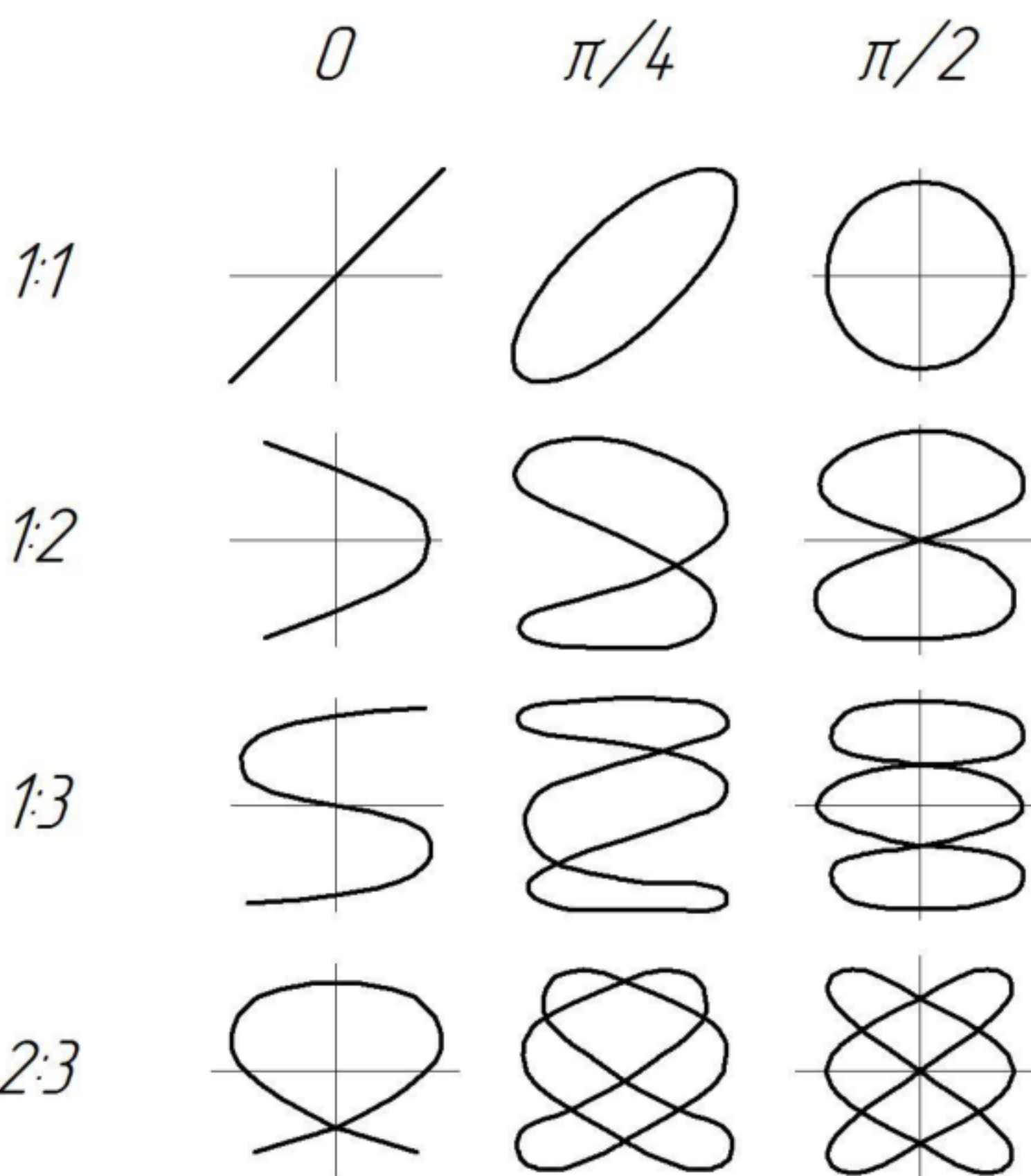
Знак поправки зависит от направления вращения фигуры.

С помощью фигур Лиссажу можно измерить сдвиг фаз между двумя напряжениями. На Рис. 5.4. представлены фигуры Лиссажу, которые могут быть получены на экране осциллографа при подаче на два его входа двух синусоидальных колебаний одинаковой частоты и амплитуды, но отличающихся по фазе. Если на полученной осциллограмме построить оси, как это показано на Рис. 5.4., то искомый сдвиг фаз определится из соотношения:

$$\varphi = \arcsin \frac{B}{A}.$$

Сдвиг фаз

Отношение частот



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с электроннолучевым осциллографом GOS-620FG;

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с генератором сигналов низкочастотным ГЗ-112;

Определить частоту исследуемого синусоидального колебания;

Определить фазовый сдвиг между двумя подаваемыми на входы осциллографа синусоидальными напряжениями;

Порядок выполнения работы:

Изучить основные теоретические положения.

Подготовить осциллограф к работе:

- ручку «INTEN - Яркость» установить в крайнее левое положение,
- ручку «TIME/DIV - Развёртка» установить в положение «X-Y»,
- переключатель «SOURCE - Источник» установить в положение «LINE - синхронизация развёртки от сети»,
- переключатель «TRIGGER MODE – Выбор режима запуска развёртки» установить в положение «AUTO – автоколебательный режим»,
- переключатель «VERTIKAL MODE – Режим усилителя» установить в положение «DUAL – два сигнала на экране»,
- переключатель «AS-GND-DS – закрытый вход-вход отключён-открытый вход» установить в положение «AS» или «DS»,
- положение остальных ручек и переключателей выбирается в зависимости от цели и задач исследования.

Включить осциллограф, отрегулировать яркость и фокус лучей соответствующими ручками.

Подать на вход «X» синусоидальный сигнал «неизвестной» частоты от встроенного генератора GOS-620FG или от «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда

«ТОЭ». ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебухова Татьяна Александровна

Подать на вход «Y» синусоидальный сигнал «ожидаемой» частоты от генератора ГЗ-112 или от «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ».

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Изменяя частоту сигнала, подаваемого на вход «Y» наблюдать на экране осциллографа фигуры Лиссажу.

По форме фигур Лиссажу, представленных на Рис.5.3. и наблюдаемых на экране осциллографа определить неизвестную частоту; сравнить её с показанием частотомера, если сигнал подавался от «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ».

Подать на входы «X» и «Y» осциллографа синусоидальные сигналы одинаковой амплитуды и частоты от «Блока постоянных и переменных напряжений» двух стендов «ТОЭ».

Наблюдать на экране осциллографа фигуры Лиссажу.

По форме фигур Лиссажу, представленных на Рис.5.4. и наблюдаемых на экране осциллографа определить фазовый сдвиг между двумя подаваемыми сигналами.

Для изменения фазового сдвига между двумя подаваемыми сигналами «качнуть» частоту одного из них (на короткое время незначительно изменить её, а затем установить прежнее её значение).

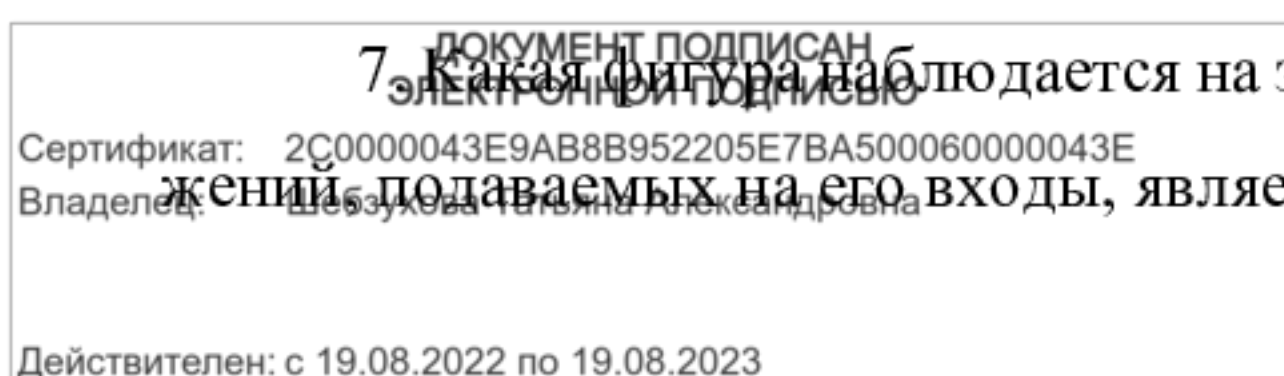
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите принцип работы электроннолучевого осциллографа.
2. Опишите принцип работы электроннолучевой трубки.
3. Что представляет собой процесс синхронизации осциллографа.
4. Как правильно выбрать масштаб развёртки и масштаб амплитуды исследуемого сигнала.
5. Что представляют собой фигуры Лиссажу.
6. Как получить изображение фигур Лиссажу на экране осциллографа.
7. Какая фигура наблюдается на экране осциллографа, если отношение частот напряжений, подаваемых на его входы, является иррациональным числом.



8. Какая фигура наблюдается на экране осциллографа, если напряжения, подаваемые на его входы, совпадают по частоте и по фазе.

9. Какая фигура наблюдается на экране осциллографа, если напряжения, подаваемые на его входы, совпадают по частоте, но отличаются по фазе на 90 градусов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Лабораторная работа №15. Цифровые измерительные приборы. Измерения сопротивления изоляции.

Цель работы: Измерение сопротивления изоляции проводниковых материалов и электрических машин.

Основы теории:

Мегомметр, мегаомметр— прибор для измерения больших значений сопротивлений. Отличается от омметра тем, что измерение сопротивления производится на высоких напряжениях, которые прибор сам и генерирует (обычно 100, 500, 1000 или 2500 вольт).

В приборах старых конструкций (Рис.7.1. и Рис.7.2.) для получения напряжений обычно используется встроенный механический генератор, работающий по принципу динамомашины. В настоящее время мегомметры также выполняются в виде электронных устройств, работающих от батарей (Рис.7.3.).



Мегомметр М1101М.



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Мегомметр с ручным генератором напряжения MEG 912-PI



Современный цифровой Мегаомметр Е6-32

Наиболее часто мегомметры применяется для измерения сопротивления изоляции кабелей.

Мегаомметры также используется для измерения высокого сопротивления изолирующих материалов (диэлектриков) проводов и кабелей, разъёмов, трансформаторов, обмоток электрических машин и других устройств, а также для измерения поверхностных и объёмных сопротивлений изоляционных материалов. По этим значениям вычисляют коэффициенты абсорбции (увлажненности) и поляризации (старения изоляции).

Измерение мегомметром сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции характеризует ее состояние в данный момент времени и не является стабильным, так как зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются температура и влажность изоляции в момент проведения измерения.

В ГОСТ 183-XX нормы сопротивления изоляции не определены, так как абсолютных критериев минимально допустимого сопротивления изоляции не существует. Они могут

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

быть установлены в стандартах на конкретные виды машин или в ТУ с обязательным указанием температуры, при которой должны проводиться измерения, и методов пересчета показаний приборов, если измерения проводились при иной температуре обмоток.

Измерения проводятся мегомметром, номинальное напряжение которого выбирается в зависимости от номинального напряжения обмотки. Для обмоток с номинальным напряжением до 500 В (660) В применяют мегомметры на 500 В, для обмоток с напряжением до 3000 В — мегомметры на 1000 В, для обмоток с номинальным напряжением 3000 В и более — мегомметры на 2500 В и выше.

Степень увлажнённости изоляции определяется не только по показаниям прибора в момент отсчета, но и характером изменения показания мегомметра в процессе измерения, которое проводят в течение 1 мин. Запись показаний прибора делают через 15 с (обычное время установления показаний) после начала измерения (R_{15}'') и в конце измерения — через 60 с после начала (R_{60}''). Отношение этих показаний $K_A = R_{60}''/R_{15}''$ называют коэффициентом абсорбции. Его значение определяется отношением тока поляризации к току утечки через диэлектрик — изоляцию обмотки. При влажной изоляции коэффициент абсорбции близок к 1. При сухой изоляции R_{60} на 30-50 % больше, чем R_{15} .

Мегомметром измеряется также сопротивление изоляции термопреобразователей, заложенных в машины, и проводов, соединяющих термопреобразователи с панелью выводов.

Сопротивление этой изоляции измеряется по отношению к корпусу и к обмоткам машины. Она не рассчитана на работу при высоких напряжениях, поэтому измерение ее сопротивления должно проводиться прибором с номинальным напряжением не выше 250 В.

Помимо сопротивления изоляции обмоток при проведении испытаний на месте установки машины измеряют также сопротивление изоляции подшипников, которая устанавливается для предотвращения протекания подшипниковых токов в машинах со стояковыми подшипниками.

Таким образом, сопротивление изоляции разных обмоток одной и той же машины, имеющих разное номинальное напряжение, например обмоток ста-тора и ротора синхронного двигателя, нужно измерять разными мегомметрами с различными номинальными напряжениями.

Указания по технике безопасности:

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебаужба Татьяна Александровна

в приложение А.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с мегомметрами;

Измерить сопротивление изоляции одножильного медного провода, многожильного медного провода, одножильного алюминиевого провода, многожильного кабеля;

Измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и магнитопроводом, измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и его корпусом; измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора.

Измерить сопротивление изоляции между статорными обмотками трёхфазного электродвигателя и его корпусом, измерить сопротивление изоляции между валом ротора и корпусом этого же электродвигателя.

Изучить основные теоретические положения.

Измерить сопротивление изоляции одножильного медного провода:

-выводы мегомметра M1101M подключить к медной жиле и изоляции одножильного медного провода,

-вращая ручку встроенного генератора в течение 60 сек., произвести измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,

- к медной жиле и изоляции этого же одножильного медного провода подключить выводы мегомметра Ф402/2;

- удерживая кнопку подачи высокого напряжения в течение 60 сек., произвести измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,

-по той же, что и для Ф4102/2 методике произвести измерение сопротивления изоляции мегомметром Е6-24.

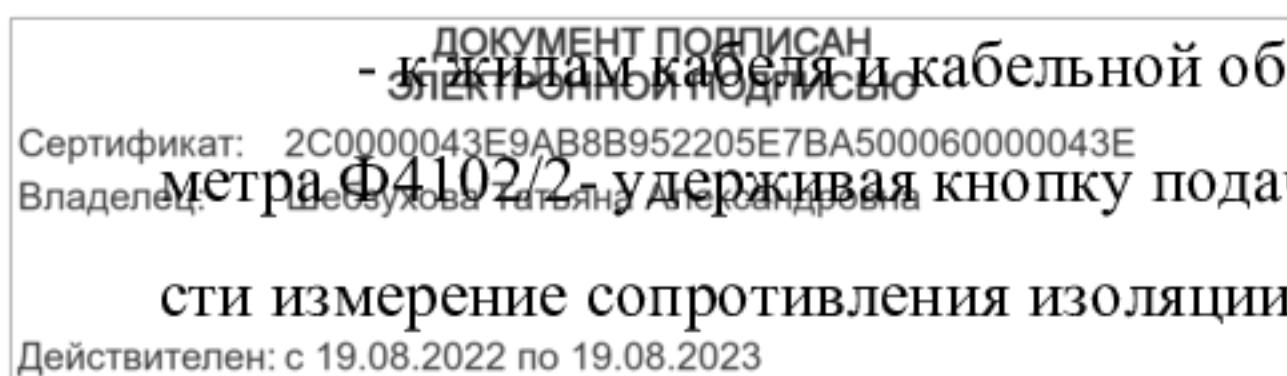
Измерить сопротивление изоляции многожильного медного провода по методу п.7.2.6.

Измерить сопротивление изоляции многожильного кабеля:

- выводы мегомметра M1101M поочерёдно подключать к жилам кабеля и кабельной оболочке.

-вращая ручку встроенного генератора в течение 60 сек., произвести измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,

- к жилам кабеля и кабельной оболочке этого же кабеля подключить выводы мегомметра Ф4102/2, удерживая кнопку подачи высокого напряжения в течение 60 сек., произвести измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,



- по той же, что и для Ф4102/2 методике произвести измерение сопротивления изоляции мегомметром Е6-24.

По освоенной методике измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и магнитопроводом, измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и его корпусом; измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора.

По освоенной методике измерить сопротивление изоляции между статорными обмотками трёхфазного электродвигателя и его корпусом, измерить сопротивление изоляции между валом ротора и корпусом этого же электродвигателя.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите устройство электромеханического мегомметра.
2. Опишите устройство электронного мегомметра.
3. Приведите векторную диаграмму токов, протекающих через диэлектрик, при приложении к нему переменного синусоидального напряжения.
4. Каким образом оценить степень увлажнённости изоляции при измерении её сопротивления.
5. Почему для измерения сопротивления изоляции требуется столь длительное время
6. Существует ли принципиальная разница между методами измерения сопротивления изоляции электромеханическими и электронными мегомметрами.
7. Каково значение напряжения, прикладываемого к диэлектрику или электроаппарату, при измерении его сопротивления изоляции.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Лабораторная работа №19. Модулирование электрических колебаний

Цель работы: Получение модулированных электрических колебаний и определение параметров модуляции.

Основы теории:

Биения. Колебательный процесс, получающийся в результате сложения двух синусоидальных колебаний с равными амплитудами A и близкими, но не равными частотами ω_1 и ω_2 , даёт колебание, которое называется биением.

Пусть $f(t) = A \cdot \sin \omega_1 t + A \sin \omega_2 t$

Используя известное тригонометрическое преобразование

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha - \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2}$$

$f(t)$ представляем следующим образом:

$$f(t) = 2A \cos \Omega t \cdot \sin \omega \cdot t, \text{ где}$$

$$\Omega = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \text{ и } \omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2},$$

Причём $\Omega \ll \omega$.

График результирующего колебания представлен на Рис.8.1.

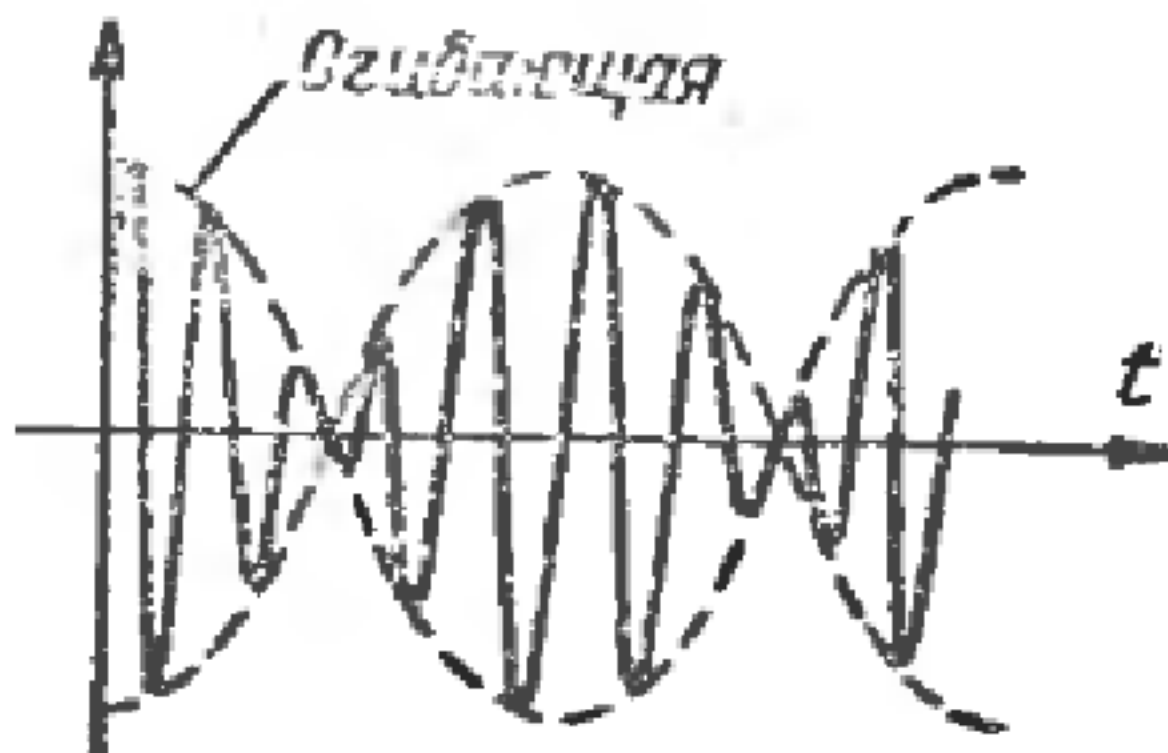


Рис. 8.1. Биения

Возникновение биений при сложении двух синусоидальных колебаний с равными амплитудами и близкими, но не равными частотами используется на практике в различных целях, в частности как средство, позволяющее установить, что складываемые колебания имеют неодинаковые частоты (например при настройке колебательных контуров).

Модулированные колебания. Модулированным колебанием $f(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ называется колебание, в котором амплитуда A , частота ω , фаза φ , или и те и другие вместе изменяются во времени.

Колебание, в котором изменяется только амплитуда A , а угловая частота ω и фаза φ неизменны, называется колебанием, модулированным по амплитуде.

Колебание с изменяющейся угловой частотой ω , но неизменными амплитудой A и фазой φ называют колебанием, модулированным по частоте.

Колебание, в котором изменяется только фаза φ , а амплитуда A и угловая частота ω неизменны, называют колебанием, модулированным по фазе.

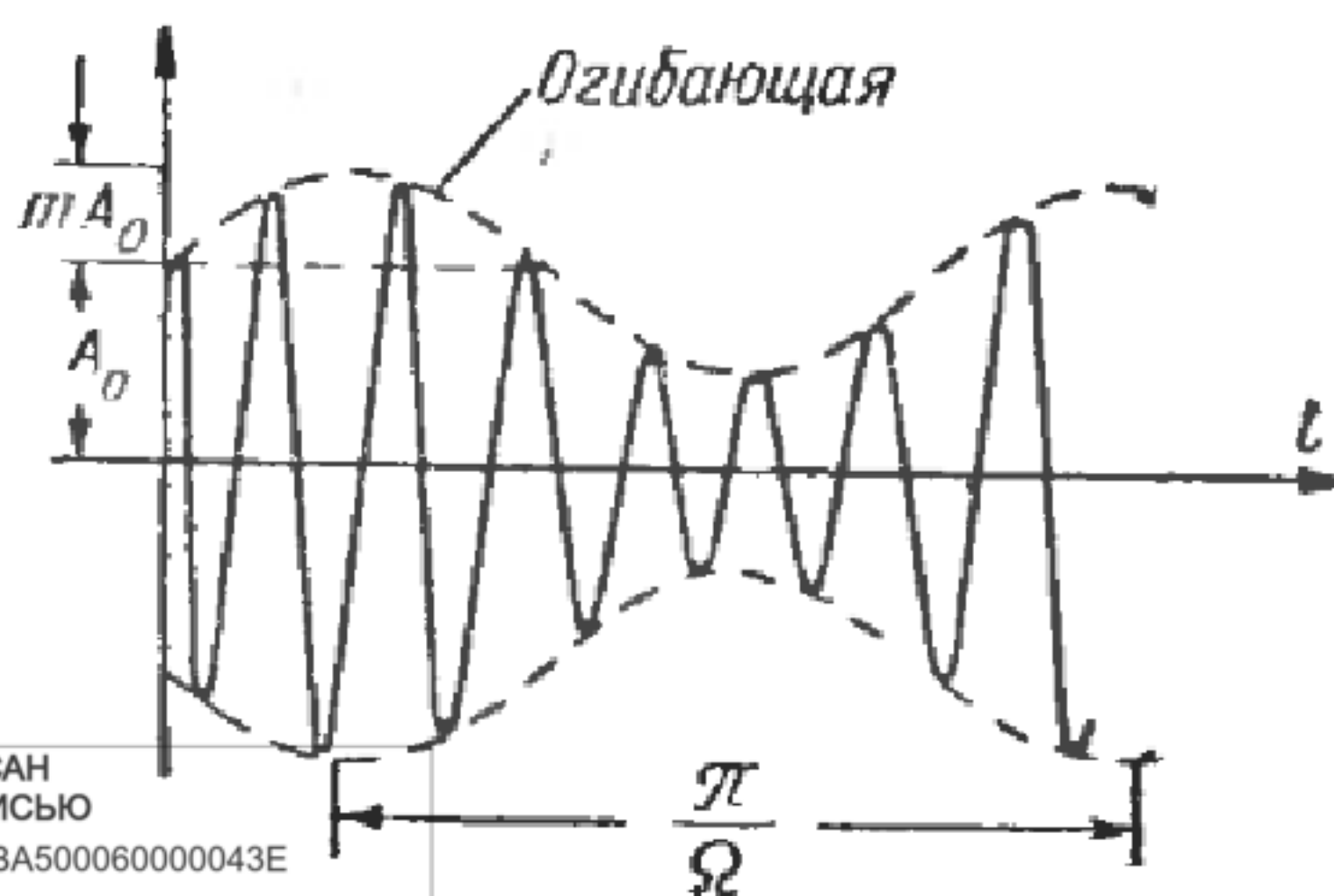
Простейшим амплитудно - моделированным колебанием является колебание, в котором амплитуда моделирована по закону синуса: $f(t) = A_0 (1 + m \cdot \sin \Omega t) \cdot \sin(\omega t + \varphi)$, где $\Omega \ll \omega$; m называют глубиной модуляции, как правило $m < 1$. График такого колебания представлен на Рис. 8.2.; на нём огибающая показана пунктиром.

Воспользовавшись известным тригонометрическим тождеством

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \sin(\alpha + \beta),$$

колебание $f(t) = A_0 (1 + m \cdot \sin \Omega t) \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ можно представить в виде суммы трёх колебаний:

$$f(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi) + \frac{m \cdot A_0}{2} \cdot \cos[(\omega - \Omega) \cdot t + \varphi] - \frac{m \cdot A_0}{2} \cdot \cos[(\omega + \Omega) \cdot t + \varphi]$$



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Рис. 8.2. Простейшее амплитудно моделированное колебание

Частоту ω называют несущей, а частоты $(\omega - \Omega)$ и $(\omega + \Omega)$ боковыми частотами.

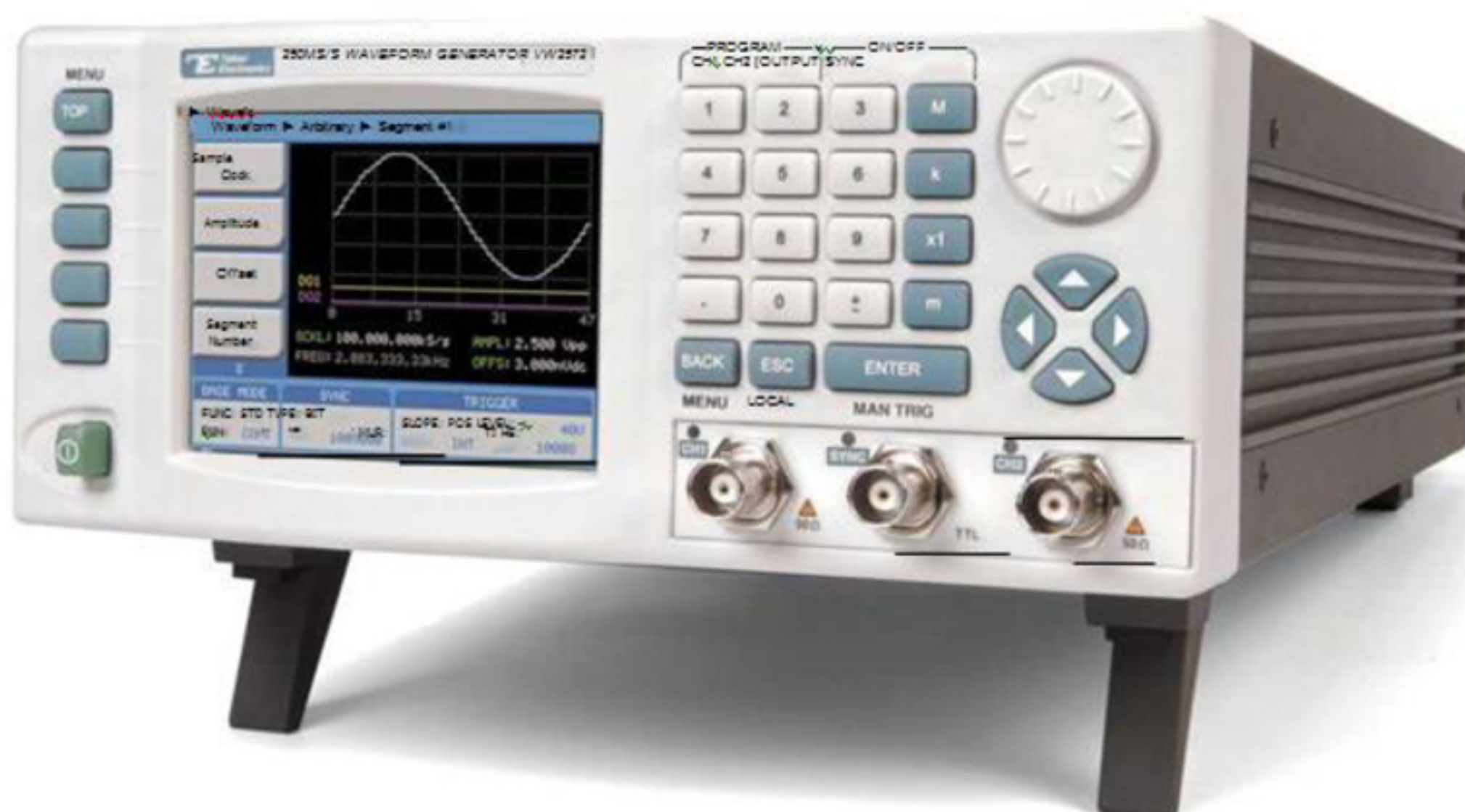
Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с генератором произвольных электрических колебаний TABOR WW 2572A и осциллографами – мультиметрами Fluke 190-204 и АКИП - 4125/4.



Генератор произвольных электрических колебаний TABOR WW 2572A

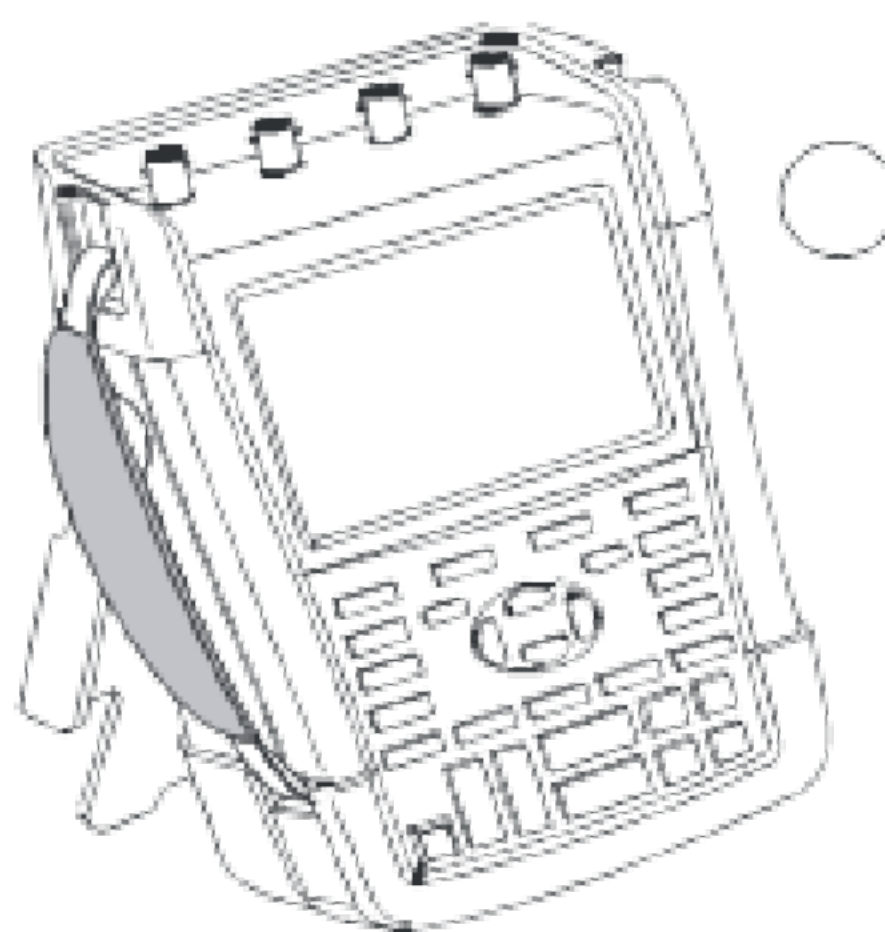


Осциллограф – мультиметр АКИП - 4125/4.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



Осциллограф – мультиметр Fluke 190-204.

На генераторе произвольных электрических колебаний TAVOR WW 2572A получить модулированное по амплитуде электрическое колебание, используя первоначальные заводские настройки.

Для чего, войдя в меню, в качестве формы сигнала выбрать сигнал модулированный; вид модуляции - амплитудная. Частоту модулирующего сигнала и глубину модуляции оставить первоначальными.

Далее через меню в качестве выхода установить канал №1 и включить его.

Подключить к каналу №1 генератора канал №1 осциллографа - мультиметра АКИП – 4125/4.

Наблюдать на дисплее осциллографа – мультиметра модулированный по амплитуде сигнал.

Убедиться по показанию осциллографа – мультиметра, что несущая частота составляет 1МГц.

8.2.3. Отключить от генератора осциллограф – мультиметр АКИП – 4125/4 и подключить к каналу №1 генератора канал А осциллографа - мультиметра Fluke 190-204.

Наблюдать на дисплее осциллографа – мультиметра модулированный по амплитуде сигнал.

Изменяя частоту модулирующего сигнала от 10 кГц до 200 кГц наблюдать на дисплее осциллографа – мультиметра модулированный по амплитуде сигнал.

Произвести зарисовку графика модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204 при частотах модулирующего сигнала 10 кГц, 100 кГц и 200 кГц.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

8.2.4. При частоте модулирующего сигнала 200 кГц изменяя глубину модуляции от 10% до 100% наблюдать на дисплее осциллографа – мульти-метра модулированный по амплитуде сигнал.

Произвести зарисовку графика модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204 при глубине модуляции 10%, 50%, 100%.

8.2.5. Зарисовав график модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204, определить установленную преподавателем частоту модулирующего сигнала.

8.2.6. Зарисовав график модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204, определить установленную преподавателем глубину модуляции.

8.2.7. Отключить от генератора осциллограф – мультиметр Fluke 190-204 и подключить к каналу №1 генератора канал №1 осциллографа - мультиметра АКИП – 4125/4.

Повторить действия п.п. 8.2.3. и 8.2.4. с использованием осциллографа - мультиметра АКИП – 4125/4 без зарисовки графиков колебаний.

8.2.8. Произвести отключение используемых в лабораторной работе приборов.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое биение.
2. Представить график биения и математическую формулу записи сигнала.
3. Что представляет собой процесс модуляции электрического сигнала.
4. Представить график модулированного по амплитуде сигнала и математическую формулу записи сигнала.

формулу записи сигнала

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебухова Татьяна Александровна

5. Что означает модуляция электрического сигнала по частоте.

6. Что означает модуляция электрического сигнала по фазе.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

7. Описать приёмы работы с генератором произвольных электрических колебаний TABOR WW 2572A.

8. Описать приёмы работы с осциллографом – мультиметром Fluke 190-204.

9. Описать приёмы работы с осциллографом – мультиметром АКИП – 4125/4.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1.2 Перечень основной литературы:

1. Шошин, Е. Л. Электроника. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / Е. Л. Шошин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 238 с. — ISBN 978-5-4497-0508-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100742.html>

2. Электроника : учебное пособие / В. И. Никулин, Д. В. Горденко, С. В. Сапронов, Д. Н. Резеньков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 198 с. — ISBN 978-5-4497-0520-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94213.html>

5.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника : учебно-методическое пособие / К. П. Латышенко. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 209 с. — ISBN 978-5-4487-0458-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79677.html>

2. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебное пособие / А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. — ISBN 978-5-9729-0346-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86566.html>

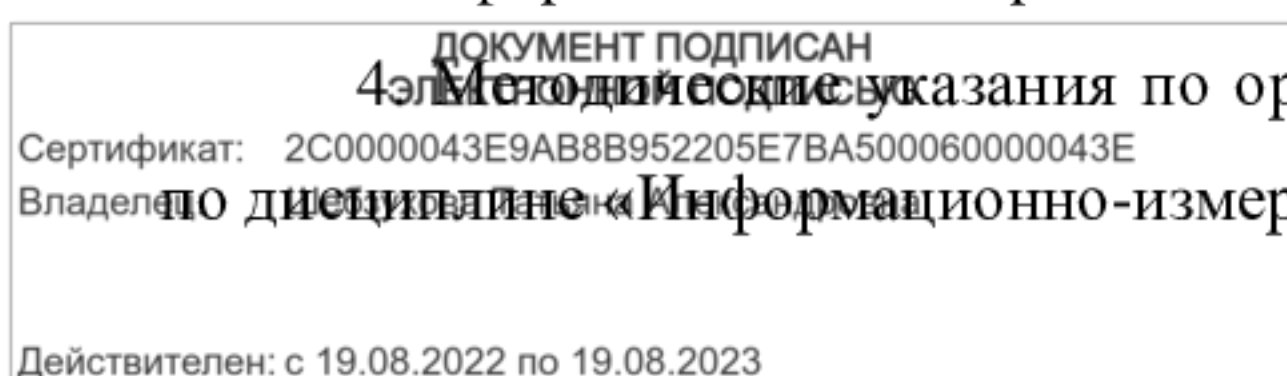
5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».

3. Методические указания по выполнению расчетно-графических работы по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».

4. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».



***5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет,
необходимых для освоения дисциплины***

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Указание по технике безопасности

До начала работы студенты обязаны изучить правила техники безопасности при работе с электроустановками. Об изучении правил техники безопасности и получении инструктажа студенты расписываются в специальном журнале. Студенты, не изучившие правила техники безопасности и не прошедшие инструктаж, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

Учебная группа (или подгруппа) разбивается на бригады, число которых указывается преподавателем, а состав бригад комплектуется студентами на добровольных началах. Список группы (подгруппы), разбитой на бригады, староста предоставляет преподавателю, ведущему лабораторные занятия.

Каждая из бригад выполняет лабораторную работу в соответствии с графиком, находящемся в лаборатории.

Перед каждым занятием студент обязан подготовиться к выполнению лабораторной работы по данному методическому пособию и рекомендуемой литературе. Перед началом работы преподаватель проверяет знания студентов по содержанию выполняемой работы. Плохо подготовленные студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Работая в лаборатории, необходимо соблюдать следующие правила:

К выполнению лабораторной работы следует приступать только после полного уяснения ее содержания и получения допуска к ней.

2. Начинать работу следует с ознакомления с приборами и оборудованием, применяемыми в данной работе.

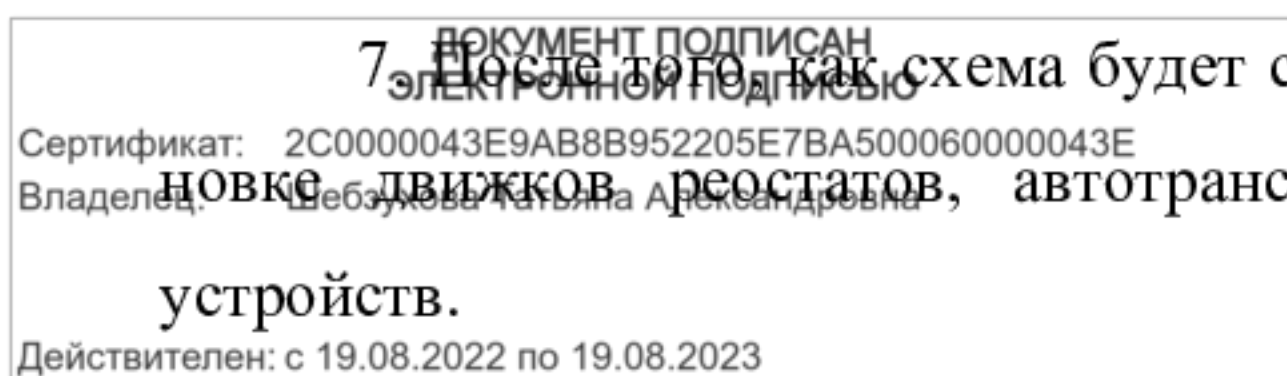
3. На лабораторном столе должны находиться только предметы, необходимые для выполнения данной работы.

4. Расположение аппаратуры на рабочем столе должно быть таким, чтобы схема соединений получилась наиболее простой, наглядной и работа с аппаратурой была удобной.

5. Желательно, чтобы схему собирал один из членов бригады, а другие контролировали.

6. При сборке сложных схем следует вначале соединить главную, последовательную цепь, начиная сборку от одного зажима источника тока и заканчивая на другом, а затем уже подключить параллельные цепи.

7. После того, как схема будет собрана, необходимо убедиться в правильной установке движков реостатов, автотрансформаторов и рукояток других регулирующих устройств.



8. Собранная схема обязательно должна быть проверена преподавателем или старшим лаборантом и только с их разрешения может быть включена под напряжение.

9. При включении схемы особое внимание следует обратить на показания амперметров и других измерительных приборов. В случае резкого движения стрелки амперметра к концу шкалы схему необходимо немедленно отключить от источника напряжения.

10. Необходимо бережно относиться к аппаратуре, используемой в работе. Обо всех замеченных неисправностях или повреждениях студент должен немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.

11. После выполнения работы студент обязан, не разбирая схемы показать полученные данные преподавателю. Если результаты измерений верны, то преподаватель их подписывает. Эксперимент с неправильными результатами следует повторить.

12. Схему следует разбирать только после ее отключения от сети.

13. Категорически запрещается:

- трогать руками оголенные провода и части приборов, находящиеся под напряжением, даже если оно невелико;
- производить изменения в схеме при подключенном источнике питания;
- заменять или брать оборудование, или приборы с других рабочих мест
- без разрешения преподавателя или лаборанта;
- отходить от приборов и машин, находящихся под напряжением или оставлять схему под напряжением при обработке результатов измерений;
- перегружать приборы током или напряжением, превышающим номинальное значение.

Проверку наличия, подаваемого к схеме или элементам схемы напряжения необходимо производить только контрольной лампочкой или вольтметром, соблюдая правила техники безопасности.

При работе в лаборатории следует строго соблюдать меры предосторожности, так как электрический ток, проходящий через тело человека, величиной в 0,025 А уже является опасным для жизни.