

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский Национальный
Технический Университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по
дисциплине
«Конструирование элементов приборов и
систем» для студентов дневной и заочной
форм обучения специальности 7.09.09.01-
“Приборы точной механики”

Севастополь
2004

УДК 681.2: 620.1.08(7)

Исследование преобразователей: Метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Конструирование элементов, приборов и систем”/Разраб. Л.А.Глеч.- Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2004.-52 с.

Целью методических указаний является приобретение студентами практических навыков проведения экспериментальных исследований различных преобразователей, используемых в приборных устройствах и измерительных системах и выполнения теоретических расчетов их характеристик.

Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 7.09.09.01- “Приборы точной механики”.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры “Приборостроение” 26 августа 2003г., протокол №1

Допущено учебно-методическим центром и научно-методическим советом СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: А.П. Васютенко, доц. кафедры “Приборостроение”, канд. техн. наук.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волосов С.С. Основы автоматизации измерений /С.С.Волосов, Б.Н.Марков, Е.И.Педь – М.: Машиностроение, 1984.-368с.
2. Волосов С.С. Приборы для автоматического контроля в машиностроении /С.С.Волосов, Е.Н. Педь. – М.: Изд-тво стандартов, 1975.-335с.
3. Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники /Б.С.Гершунский. – Киев: Вища шк., 1987.-422с.
4. Исаков Ю.А. Основы промышленной электроники /Ю.А.Исаков. – Киев: Техника, 1976.-544с.
5. Квартин М.И. Электромеханические и магнитные устройства автоматики и их расчет /М.И.Квартин. – М.: Высш. шк., 1973.-344с.
6. Лаврова А.Т. Элементы автоматических приборных устройств /А.Т.Лаврова. – М.: Машиностроение, 1975.- 456с.
7. Павлов Б.И. Механизмы приборов и систем управления /Б.И.Павлов. – Л.: Машиностроение, 1972.-230с.
8. Подлесный Н.И. Элементы систем автоматического управления и контроля /Н.И. Подлесный, Р.Г. Рубанов. – Киев: Вища шк., 1975.- 272с.
9. Рабинович А.Н. Приборы и системы автоматического контроля размера деталей и машин /А.Н.Рабинович. – Киев: Техника, 1979.-395с.
10. Электрические измерения неэлектрических величин / Под ред. П.В. Новицкого. – Л.: Энергия, 1975.-576с.
11. Элементы приборных устройств (Основной курс). В 2-х частях / Под ред. О.Ф.Тищенко. – М.: Высш. шк., 1982.-4.1.304с.- 4.2.264с.
- 12.Элементы приборных устройств: Курсовое проектирование. В 2-х частях /Под ред. О.Ф. Тищенко. - М.: Высш. шк., 1978.-ч.1.328с.-ч.2.232с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

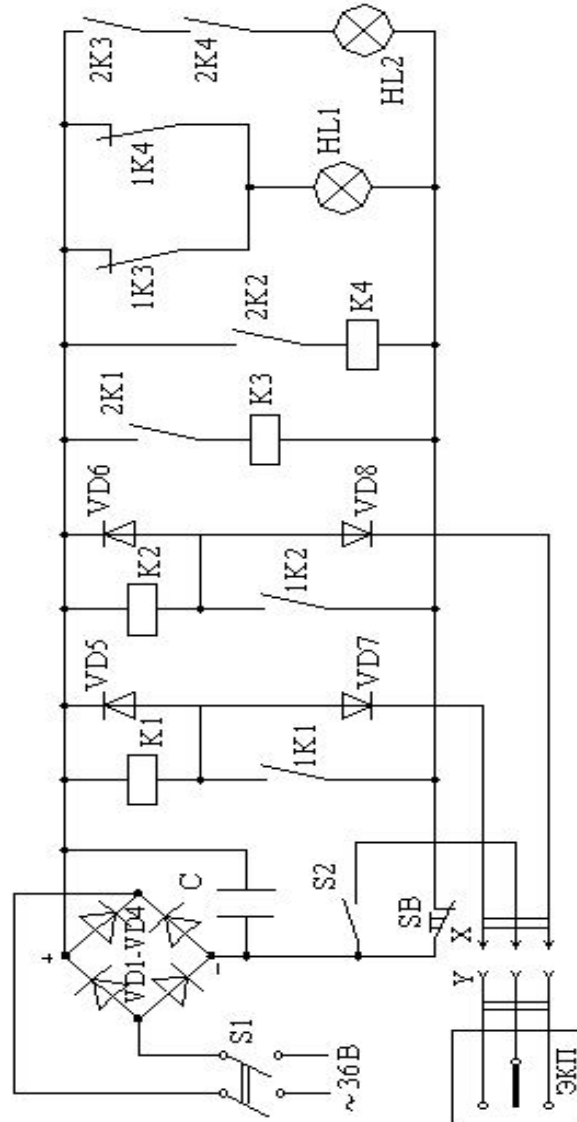


Рисунок 8.2- Принципиальная схема для исследования амплитудных ЭКП

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа №1. Исследование резистивных масштабных преобразователей (делителей напряжения)	4
2. Лабораторная работа №2. Исследование фазочувствительных потенциометрических масштабных преобразователей.....	10
3. Лабораторная работа №3. Исследование трансформаторных масштабных преобразователей.....	16
4. Лабораторная работа №4. Исследование электрических резонансных преобразователей.....	22
5. Лабораторная работа №5. Исследование индуктивных преобразователей.....	28
6. Лабораторная работа №6. Исследование выпрямителей и сглаживающих фильтров.....	33
7. Лабораторная работа №7. Изучение схем включения предельных электроконтактных преобразователей.....	41
8. Лабораторная работа №8. Изучение схем включения амплитудных электроконтактных преобразователей.....	46
Библиографический список.....	51

1.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИСТИВНЫХ МАСШТАБНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ (ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ)

1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1.1. Изучение принципов деления напряжения.

1.1.2. Приобретение практических навыков расчета резистивных делителей напряжения.

1.1.3. Экспериментальная проверка теоретических положений деления напряжения.

1.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.2.1. Соотношение напряжений делителя в режиме холостого хода (без нагрузки)

Резистивные делители напряжения используются в приборных и автоматических системах в качестве масштабных преобразователей. Могут быть одноступенчатыми и многоступенчатыми с делением напряжения на входе или на выходе. Схема одноступенчатого делителя приведена на рисунке 1.1а.

Коэффициент передачи деления одноступенчатого делителя:

$$K_{\mathcal{I}} = \frac{U_{\text{btx}0}}{U_{\text{ex}}} = \frac{R_{\text{btx}}}{R_{\text{ex}}}, \quad (1.1)$$

где $U_{\text{вых}0} = I \cdot R_{\text{вых}}$ - напряжение на выходе делителя;

$$U_{BX} = I \cdot R_{BX}$$
 - напряжение на входе делителя;

I-ток, протекающий через делитель;

$$R_{BX} = R_1 + R_2 - \text{общее сопротивление делителя;}$$
$$R_{\text{вых}} = R_2 - \text{сопротивление на выходе делителя.}$$

Выражение (1.1) справедливо при допущении, что сопротивление источника $R_0 \rightarrow 0$, а сопротивление нагрузки $R_n \rightarrow \infty$.

1.2.2. Влияние сопротивления нагрузки на выходное напряжение делителя

В случаях, когда сопротивление нагрузки R_n соизмеримо с общим сопротивлением $R_{вх}$ делителя, возникает погрешность выходного напряжения $\Delta U_{вых}$ от нагрузки. Это объясняется тем, что сопротивление нагрузки R_n оказывается включенным параллельно выходному сопротивлению $R_{вых}$. Эквивалентная схема включения приведена на рисунке 1.16.

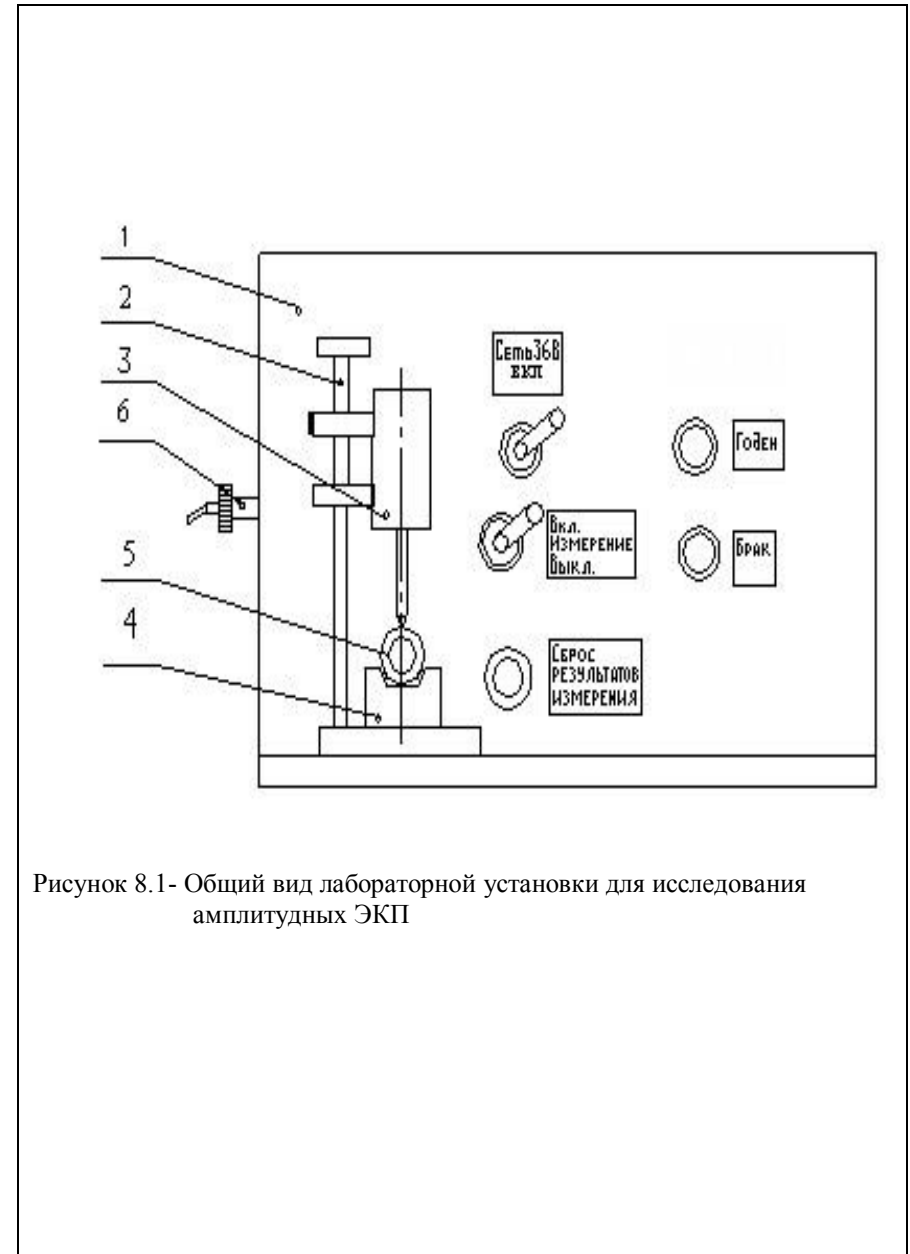


Рисунок 8.1- Общий вид лабораторной установки для исследования амплитудных ЭКП

8.4.4. Описать процесс настройки и работы ЭКП.

8.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

8.5.1. Ознакомиться с правилами безопасности при работе с электрическими установками.

8.5.2. Изучить устройство и схему лабораторной установки (рисунки 8.1 и 8.2).

8.5.3. Установить выключатель сети S_1 в положение “Выкл.” И подсоединить установку к источнику питания с помощью соединительного шнура.

8.5.4. Установить на призму контролируемую деталь.

8.5.5. Включить установку выключателем S_1 . При этом должна загореться сигнальная лампа HL1 “Годен”.

8.5.6. С помощью микрометрических винтов настроить ЭКП.

8.5.7. Вращая контролируемую деталь в призме, определить наличие отклонения формы.

8.5.8. Выключить установку и отсоединить от питающей сети.

8.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

8.6.1. Цель работы.

8.6.2. Задание по работе.

8.6.3. Схема установки и спецификация ее элементов.

8.6.4. Описание назначения, настройки и работы схемы с амплитудным ЭКП.

8.6.5. Выводы по работе.

8.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

8.7.1. Назначение и область применения амплитудных ЭКП.

8.7.2. Устройство и принцип работы амплитудных ЭКП.

8.7.3. Как производится настройка амплитудных ЭКП.

8.7.4. Какие схемы применяются при включении амплитудных ЭКП.

8.7.5. Как работает схема контроля отклонений формы детали с амплитудным ЭКП.

8.7.6. Достоинства и недостатки амплитудных ЭКП.

8.7.7. Основные технические характеристики амплитудных ЭКП.

Ток, протекающий через делитель при включенной нагрузке, будет равен:

$$I = \frac{U_{\text{ex}}}{(R_{\text{ex}} - R_{\text{вх}}) + \frac{R_{\text{вх}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}} + R_{\text{н}}}} \quad (1.2)$$

Выходное напряжение:

$$U_{\text{вх}} = I \cdot \frac{R_{\text{вх}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}} + R_{\text{н}}} \quad (1.3)$$

Подставляя значение тока (1.2) в выражение (1.3), получаем зависимость выходного напряжения $U_{\text{вх}}$ делителя от сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}$:

$$U_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{ex}} \cdot R_{\text{н}} + R_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}} - R_{\text{вх}}^2} \quad (1.4)$$

1.2.3. Погрешность делителя напряжения от нагрузки

Выходное напряжение ненагруженного делителя (при холостом ходе) определяется из выражения (1.1):

$$U_{\text{вх}0} = \frac{U_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}}}{R_{\text{ex}}}$$

Величина отклонения $\Delta U_{\text{вх}} = U_{\text{вх}0} - U_{\text{вх}}$ составляет погрешность делителя от нагрузки (абсолютную ошибку), значение которой можно определить по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{вх}} &= U_{\text{вх}0} - U_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}}}{R_{\text{ex}}} - \frac{U_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{ex}} \cdot R_{\text{н}} + R_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}} - R_{\text{вх}}^2} = \\ &= \frac{U_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}}^2 (R_{\text{ex}} - R_{\text{вх}})}{R_{\text{ex}}^2 \cdot R_{\text{н}} + R_{\text{ex}}^2 \cdot R_{\text{вх}} - R_{\text{ex}} \cdot R_{\text{вх}}^2} \end{aligned} \quad (1.5)$$

Относительная ошибка от нагрузки определяется как

$$\varepsilon = \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{U_{\text{ex}}} = \frac{R_{\text{вх}}^2 (R_{\text{ex}} - R_{\text{вх}})}{R_{\text{ex}}^2 \cdot R_{\text{н}}} \quad (1.6)$$

Из выражения (1.6) видно, что с увеличением сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}$ ошибка ε уменьшается. На практике сопротивление нагрузки выбирают из соотношения

$$R_{\text{н}} / R_{\text{вх}} = 10 \div 100.$$

1.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка выполнена в виде отдельного стенда. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 36В.

Ступенчатый делитель напряжения представляет собой набор последовательно соединенных резисторов с возможностью изменения входного $R_{вх}$ и выходного $R_{вых}$ сопротивлений.

Сопротивление нагрузки R_n подключается к выходу делителя напряжения и может изменяться с помощью переключателя S_2 .

Схема установки приведена на рисунке 1.2. На схеме приняты обозначения:

- S1- включатель сети;
- HL- сигнальная лампа;
- VD- выпрямительный мост;
- PV1- вольтметр постоянного тока 0-50В;
- PV2- вольтметр постоянного тока 0-30 В;
- R1...R5- набор резисторов делителя напряжения сопротивлением по 820 Ом;
- S2- переключатель нагрузки;
- R6...R13- набор резисторов нагрузки сопротивлением по 820 Ом;
- XP1, XP2- штыри;
- XS1, XS2- гнезда.

1.4. ЗАДАНИЕ ПО РАБОТЕ

1.4.1. Изучить принцип работы делителей напряжения в качестве масштабных преобразователей приборных систем.

1.4.2. Ознакомиться со схемой лабораторной установки (рисунок 1.2) и назначением ее элементов.

1.4.3. Снять экспериментальные зависимости выходного напряжения $U_{вых}$ для различных вариантов входного $R_{вх}$ и выходного $R_{вых}$ сопротивлений делителя в режимах холостого хода ($R_n = 0$) и при различных значениях сопротивления нагрузки R_n . Данные занести в таблицу 1.1.

1.4.4. Для одного из вариантов таблицы 1.1 (по последней цифре зачетной книжки) определить действительные значения выходного напряжения $U_{вых}$, абсолютной $\Delta U_{вых}$ и относительной ϵ погрешностей от нагрузки. Результаты занести в таблицу 1.2.

1.4.5. По полученным данным построить графики теоретических и экспериментальных зависимостей $U_{вых} = f_1(R_n)$, $\Delta U_{вых} = f_2(R_n)$, $\epsilon = f_3(R_n)$.

электроконтактных преобразователей приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1-Технические характеристики амплитудных электроконтактных преобразователей

Параметр	КДМ-14	248
Пределы измерения, мм	0-3	0-0,2
Передаточное отношение	1	5
Цена деления барабана настроечного винта, мм	0,005	0,002
Измерительное усилие, сН	300	100-300, 50
Погрешность срабатывания, мм	$\pm 0,002$	$\pm 0,0007$
Смещение настройки контактов за 25000 срабатываний, мм	$\pm 0,004$	$\pm 0,0007$
Габаритные размеры, мм	93×48×17	126×66×21
Масса, г	100	460

8.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Общий вид лабораторной установки показан на рисунке 8.1. Установка состоит из отдельного стенда 1, на котором расположены элементы управления и сигнализации. На стойке отдельно установленного штатива 2 закреплен электроконтактный преобразователь 3, а на основании штатива установлена призма 4, на которой базируется контролируемая деталь 5. Преобразователь 3 подключается к стенду 1 с помощью штепсельного разъема 6.

Принципиальная схема лабораторной установки приведена на рисунке 8.2. На схеме приняты обозначения:

- ЭКП– электроконтактный преобразователь;
- S1– выключатель сети;
- S2– выключатель измерений;
- VD1...VD4– диодный мост;
- VD5...VD8– диоды полупроводниковые;
- C– конденсатор 50 мкФ, 50 В;
- SB– выключатель кнопочный;
- K1...K4– реле электромагнитные типа РВМ-2В-110; 24В; 0,01А;
- HL1, HL2– лампы сигнальные (светофорное устройство).

8.4. ЗАДАНИЕ ПО РАБОТЕ

8.4.1. Изучить устройство, принцип действия и схемы включения ЭКП.

8.4.2. Ознакомиться с устройством, схемой лабораторной установки и назначением ее элементов.

8.4.3. Настроить ЭКП и произвести контроль отклонения формы детали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ АМПЛИТУДНЫХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

8.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

8.1.1. Изучение устройства, принципа действия и схем включения электроконтактных преобразователей (ЭКП).

8.1.2. Приобретение практических навыков настройки и работы ЭКП.

8.1.3. Экспериментальная проверка принципов работы ЭКП.

8.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Амплитудные преобразователи предназначены для контроля отклонений формы и расположения поверхностей. Наиболее распространенным примером такого контроля является контроль овальности, огранки, положения наружной цилиндрической поверхности относительно торца, параллельности двух поверхностей и др.

Принципиальные схемы всех существующих амплитудных преобразователей практически одинаковы. В передаточную схему механизма (от измерительного стержня до подвижного контакта) введена фрикционная пара, допускающая проскальзывание. Наличие фрикционной связи предопределяет и конструкцию преобразователей. Данные преобразователи бывают только двухконтактными, поскольку при измерении требуется лишь определить разницу между максимальным и минимальным размерами. В этих преобразователях необходим только один регулируемый контакт, поскольку не нужно отдельно настраивать на верхний и на нижний предельные размеры, так как контролируемая величина не имеет знака. Этим объясняется и то, что преобразователь практически возможно настроить вне измерительной позиции. Несмотря на то, что при закреплении преобразователя на позиции измерения возможны различные его положения (по линии измерения) относительно контролируемой детали, результаты контроля будут неизменными.

Наиболее широко амплитудные преобразователи применяются для построения контрольных приспособлений и контрольных автоматов в шарикоподшипниковой промышленности.

Амплитудные преобразователи бывают рычажными и безрычажными, первые обладают более высокими метрологическими показателями. Наибольшее распространение получили отечественные рычажный амплитудный преобразователь модели 248 и безрычажный преобразователь модели КДМ-14. Технические характеристики амплитудных

Таблица 1.1- Результат исследований

Варианты соединения сопротивлением			Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ (В) при значениях сопротивлений нагрузки $R_{\text{н}}$ (Ом)					
№ вар.	$R_{\text{вх}}$, Ом	$R_{\text{вых}}$, Ом	∞	6560	4920	3280	1640	820
1	4100	3280						
2		2460						
3		1640						
4		820						
5	3280	2460						
6		1640						
7		820						
8	2460	1640						
9		820						
0	1640	820						

Таблица 1.2- Результаты расчетов

Наименование параметров	Значения параметров при сопротивлении нагрузки $R_{\text{н}}$ (Ом)					
	∞	6560	4920	3280	1640	820
Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$, В						
Абсолютная погрешность $\Delta U_{\text{вых}}$, В						
Относительная погрешность ε						

1.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.5.1. Ознакомиться с правилами безопасности при работе с электрическими установками.

1.5.2. Изучить устройство и схему лабораторной установки (рисунок 1.2).

1.5.3. Установить выключатель сети S1 в нижнее положение “Выкл.”, а переключатель нагрузки S2- в положение “ ∞ ”.

1.5.4. С помощью штырей XP1 и XP2 набрать необходимые сопротивления степеней делителя на входе ($R_{\text{вх}}$) и на выходе ($R_{\text{вых}}$).

1.5.5. По разрешению преподавателя подключить установку к источнику питания с помощью соединительного шнура.

1.5.6. Установить выключатель сети S1 в верхнее положение “Вкл.”. При этом должна загореться сигнальная лампа HL, а вольтметр PV1- показать величину питающего напряжения ($U_{\text{вх}}$).

1.5.7. В соответствии с п.2.4.3 программы исследований снять экспериментальные данные и занести их в таблицу 1.1.

1.5.8. После окончания экспериментов установить переключатель нагрузки в положение “∞”, выключатель сети S1- в нижнее положение “Выкл.” и отсоединить установку от источника питания.

1.5.9. После проверки опытных данных преподавателем приступить к расчетам и оформлению отчета по работе.

1.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1.6.1. Цель работы.

1.6.2. Задание по работе.

1.6.3. Схема установки и спецификация ее элементов.

1.6.4. Результаты работы, представленные в виде таблиц и графиков.

1.6.5. Выводы по работе.

1.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1.7.1. Объясните свойства резисторов.

1.7.2. В чем состоит принцип деления напряжения с помощью резисторов?

1.7.3. Какие Вы знаете схемы построения многоступенчатых резистивных делителей напряжения?

1.7.4. Виды погрешностей резистивных делителей напряжения и причины их возникновения.

1.7.5. Как рассчитывается коэффициент деления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

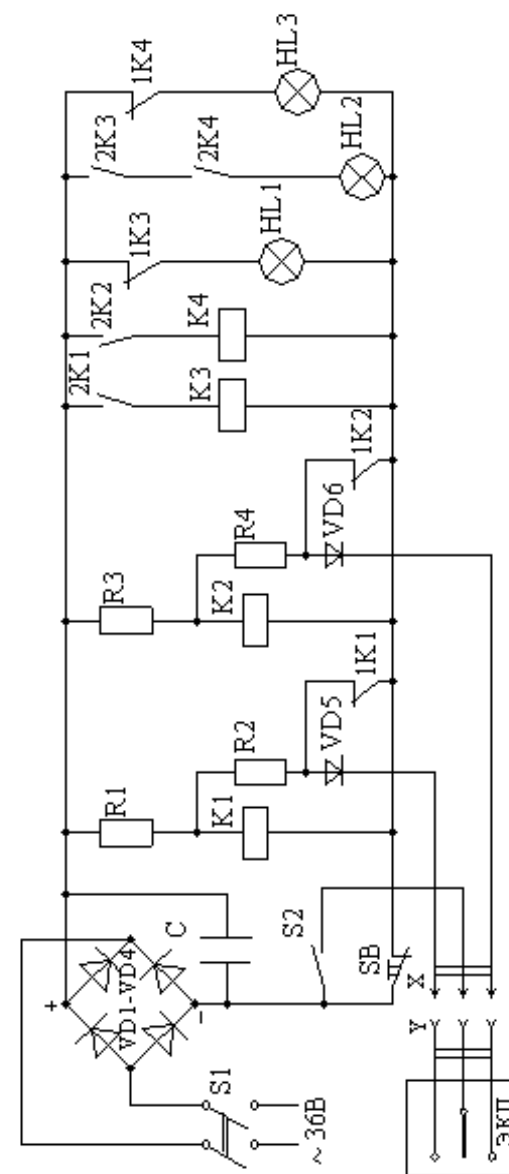


Рисунок 7.2- Принципиальная схема установки для исследования предельных ЭКП

пределным ЭКП.

7.7.6. Достоинства и недостатки предельных ЭКП.

7.7.7. Основные технические характеристики предельных ЭКП.

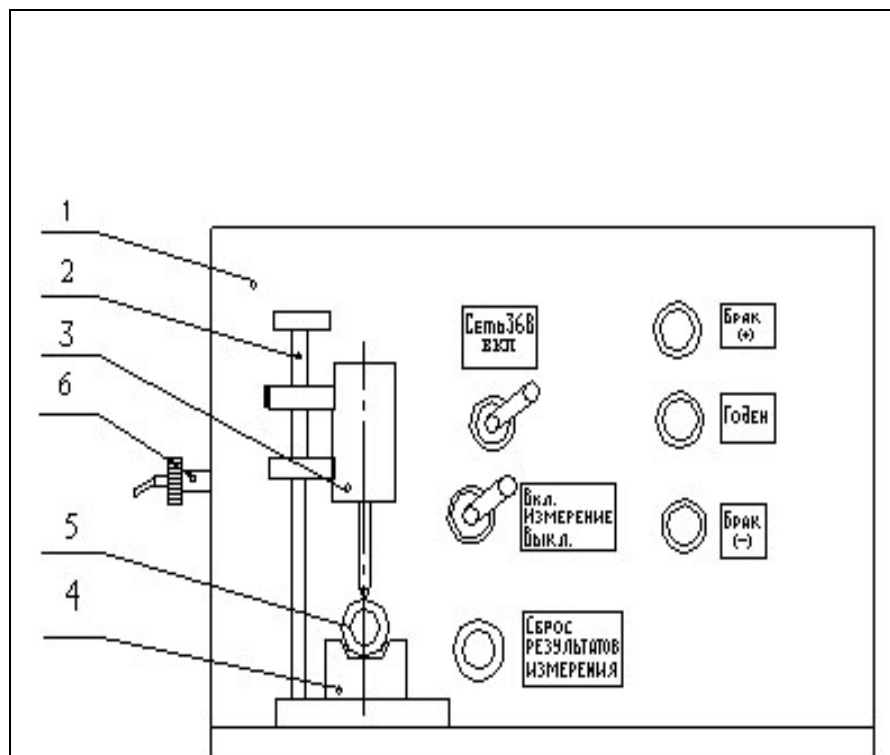


Рисунок 7.1- Общий вид лабораторной установки для исследования предельных ЭКП.

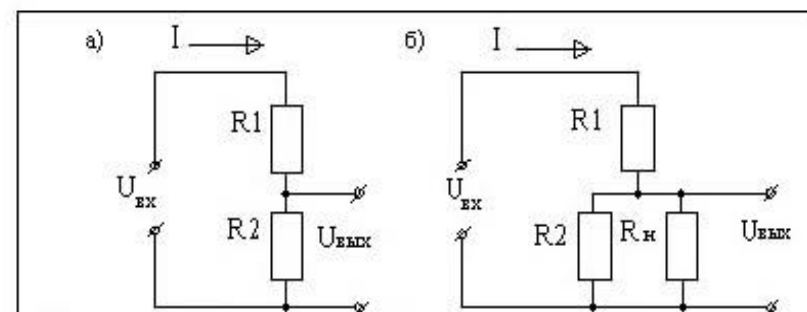


Рисунок 1.1- Электрическая (а) и эквивалентная (б) схемы резистивного делителя напряжения

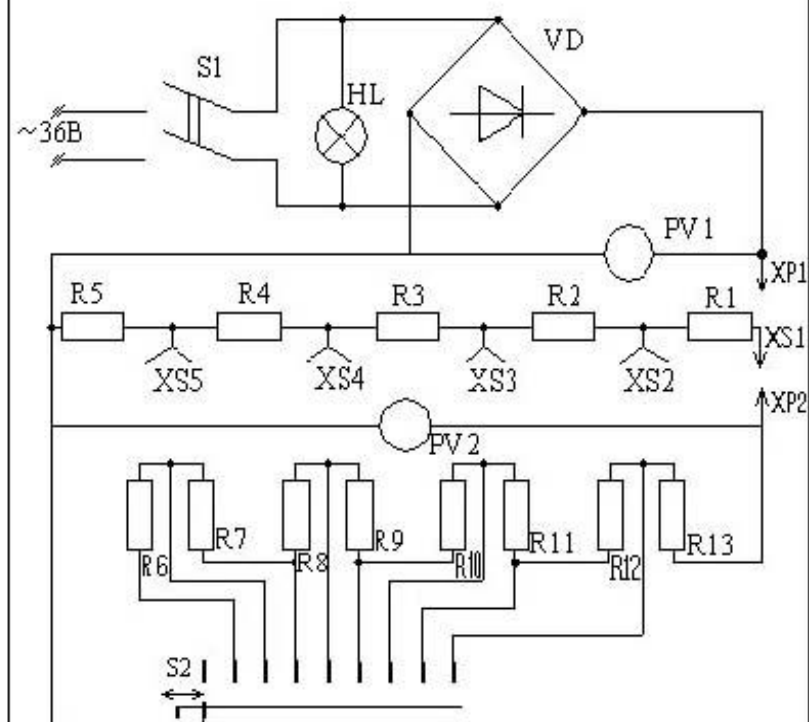


Рисунок 1.2- Электрическая схема установки для исследования резистивных масштабных преобразователей

Лабораторная работа №1

2.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ МАСШТАБНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

2.1.1. Изучение принципов бесступенчатого знакопеременного деления напряжения.

2.1.2. Приобретение практических навыков расчета потенциометрических преобразователей.

2.1.3. Экспериментальная проверка принципов работы фазочувствительных преобразователей.

2.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Потенциометрические преобразователи используются в приборных и автоматических системах в качестве масштабных и функциональных преобразователей бесступенчатого регулирования. Отличие потенциометрических преобразователей от резистивных заключается в том, что для их построения используются переменные резисторы-потенциометры. Это позволяет плавно (от нуля до единицы) изменять коэффициент преобразования K_n и получать пропорциональную зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от линейного X или углового φ перемещение движка потенциометра. Электрическая схема и статическая характеристика потенциометрического преобразователя приведены на рисунке 2.1.

В режиме холостого хода (без нагрузки) статическая характеристика потенциометра линейна и представляет прямую, проходящую через начало координат.

Рассмотренные потенциометры не реагируют на направление перемещения движка, т.е. являются нефазочувствительными. Но на их основе могут быть построены фазочувствительные преобразователи, у которых знак выходного сигнала ($U_{\text{вых}}$) будет зависеть от направления перемещения движка потенциометра. Схемы таких преобразователей приведены на рисунке 2.2.

2.3 ПОГРЕШНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОТ НАГРУЗКИ

Если сопротивление нагрузки R_n , включаемой на выходе потенциометра, соизмеримо с его общим сопротивлением $R_{\text{вх}}$, то так же, как и в резистивных преобразователях, возникает погрешность выходного напряжения. Величины абсолютной $\Delta U_{\text{вх}}$ и относительной ε погрешностей могут быть рассчитаны по соотношениям (1.5) и (1.6).

7.4. ЗАДАНИЕ ПО РАБОТЕ

7.4.1. Изучить устройство, принцип действия и схемы ЭКП.

7.4.2. Ознакомиться с устройством и схемой лабораторной установки и назначением ее элементов.

7.4.3. Настроить ЭКП и произвести контроль отклонений формы детали.

7.4.4. Описать процесс настройки и работы ЭКП.

7.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7.5.1. Ознакомиться с правилами безопасности при работе с электрическими устройствами.

7.5.2. Изучить устройство и схему лабораторной установки (рисунок 7.1 и 7.2).

7.5.3. Установить выключатель сети S1 в положение “Выкл.” и подсоединить установку к источнику питания с помощью соединительного шнура.

7.5.4. Установить на призму контролируемую деталь.

7.5.5. Включить установку выключателем S1. При этом должна загореться сигнальная лампа НЛ “Годен”.

7.5.6. С помощью микрометрических винтов настроить ЭКП.

7.5.7. Вращая контролируемую деталь в базирующей призме, определить наличие отклонений формы.

7.5.8. Выключить установку и отсоединить от питающего напряжения сети.

7.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

7.6.1. Цель работы.

7.6.2. Задание по работе.

7.6.3. Схема установки и спецификация ее элементов.

7.6.4. Описание назначения, настройки и работы схемы с предельным ЭКП.

7.6.5. Выводы по работе.

7.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.7.1. Назначение и область применения предельных ЭКП.

7.7.2. Устройство и принцип работы предельных ЭКП.

7.7.3. Как производится настройка предельных ЭКП.

7.7.4. Какие схемы применяются при включении предельных ЭКП.

7.7.5. Как работает схема контроля отклонений формы детали с

Таблица 7.1- Технические характеристики предельных электроконтактных преобразователей

Параметр	Показатель для преобразователя модели			
	233	228	229	КДМ-13
Число контактов	2	2	3	1
Пределы измерений, мм	0-0,4	0-1	0-1	0-3
Свободный ход измерительного стержня, мм	2	3	3	7
Передачное отношение	5	5	5	1
Цена деления настроечного винта, мм	0,001	0,002	0,002	0,005
Измерительное усилие, сН	30-60	300	500	300
Колебание усилия, сН	10	150	300	100
Погрешность срабатывания, мм	±0,0005	±0,001	±0,001	±0,002
Смещение настройки за 25000 срабатываний, мм	±0,0005	±0,001	±0,001	±0,004
Предельная скорость арретирования, мм/с	До 60			
Габаритные размеры, мм	83×48×16	136×66×21	136×66×21	96×45×17
Масса, г	200	420	420	115

7.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Общий вид лабораторной установки показан на рисунке 7.1. Установка состоит из стенда 1, на котором расположены элементы управления и сигнализации. На стойке отдельно установленного штатива 2 закреплен электроконтактный преобразователь 3, а на основании штатива установлена призма 4, на которой базируется контролируемая деталь 5. Преобразователь 3 подключается к стенду 1 с помощью штепсельного разъема 6.

Схема лабораторной установки приведена на рисунке 7.2.

На схеме приняты обозначения:

ЭКП– электроконтактный преобразователь;

S1– выключатель сети;

S1– Выключатель измерения;

VD1...VD4– диодный мост;

VD5...VD6– диоды полупроводниковые;

C– конденсатор 50 мкФ, 50 В;

K1...K4– реле электромагнитные типа РВМ-2В-110; 24В;0,01А;

HL1...HL3– лампы сигнальные (светофорное устройство);

SB– выключатель кнопочной.

2.4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка выполнена в виде отдельного стенда. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 36 В.

Фазочувствительный преобразователь состоит из двух потенциометров (RP1и RP2), обмотки которых подключены параллельно к входному напряжению $U_{вх}$, а с движков снимается выходное напряжение $U_{вых}$.

Сопротивление нагрузки R_n подключается к выходу преобразователя и может изменяться с помощью переключателя S2.

Схема установки приведена на рисунке 2.3. На схеме приняты обозначения:

S1- выключатель сети;

HL- сигнальная лампа;

VD- выпрямительный мост;

PV1- вольтметр постоянного тока 0-50 В;

PV2- вольтметр постоянного тока 30-0-30 В;

S2- переключатель нагрузки;

RP1, RP2- потенциометры;

R1...R9- набор резисторов нагрузки сопротивлением по 200 Ом.

2.5. ЗАДАНИЕ ПО РАБОТЕ

2.5.1. Изучить принципы бесступенчатого знакопеременного деления напряжения с помощью фазочувствительных схем включения потенциометров.

2.5.2. Ознакомиться со схемой лабораторной установки (рисунок 2.3) и назначением ее элементов.

2.5.3. В режиме холостого хода (без нагрузки) снять экспериментальные зависимости выходного напряжения $U_{вых0}$ от угла поворота φ движков потенциометра для двух случаев:

а) движок одного потенциометра находится в среднем положении, а движок второго потенциометра поворачивается на угол от $+\varphi_2$ до $-\varphi_2$;

б) движки обоих потенциометров поворачиваются одновременно на одинаковые по величине, но противоположные углы ($+\varphi_1=-\varphi_1$).

2.5.4. По результатам экспериментов (п. 2.5.3) построить статические характеристики $U_{вых0}=f_1(\varphi)$ и определить коэффициенты преобразования K_n для обоих случаев.

2.5.5. Снять экспериментальные зависимости $U_{вых}=f_2(\varphi)$ при ступенчатом уменьшении нагрузки от ∞ до 200 Ом.

2.5.6. По экспериментальным данным (п. 2.5.5) определить абсолютную $\Delta U_{вых}$ и относительную ϵ погрешности преобразователя от нагрузки и построить графики зависимостей $\Delta U_{вых}=f_3(R_n)$ и $\epsilon=f_4(R_n)$.

2.6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.6.1. Ознакомиться с правилами безопасности при работе с электрическими установками.

2.6.2. Изучить устройство и схему лабораторной установки (рисунок 2.3).

2.6.3. Установить выключатель сети S1 в нижнее положение “Выкл.”, а переключатель нагрузки S2- в положение “∞”.

2.6.4. Установить движки потенциометров RP1 и RP2 в среднее положение.

2.6.5. По разрешению преподавателя подключить установку к источнику питания с помощью соединительного шнура.

2.6.6. Установить выключатель сети S1 в верхнее положение “Вкл.”. При этом должна загореться сигнальная лампа HL, и вольтметр PV1- показать величину питающего напряжения ($U_{вх}$).

2.6.7. В соответствии с п. 2.5.3 программы исследований снять экспериментальные данные и занести их в таблицу 2.1.

Таблица 2.1- Результаты исследований

Наименование параметров	Угол поворота движка потенциометра ϕ , дел.										
	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
При одном движении:											
- выходное напряжение $U'_{вых0}$, В											
- коэффициент преобразования, K'_n											
При двух движениях:											
- выходное напряжение $U''_{вых0}$, В											
- коэффициент преобразования, K''_n											

2.6.8. В соответствии с п.2.5.5 задания снять экспериментальные данные и занести их в таблицу 2.2. Величину угла ϕ установить по указанию преподавателя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

7.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

7.1.1. Изучение устройства, принципа действия и схем включения электроконтактных преобразователей (ЭКП).

7.1.2. Приобретение практических навыков настройки и работы ЭКП.

7.1.3. Экспериментальная проверка принципов работы ЭКП.

7.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Предельные электроконтактные преобразователи предназначены для контроля размеров деталей и широко применяются для построения контрольных приспособлений, сортировочных автоматов и средств активного контроля. Наибольшее распространение получили рычажные преобразователи, точность которых выше точности безрычажных.

Наша промышленность серийно выпускает малогабаритный преобразователь модели 233, в котором не предусмотрена возможность установки универсальной головки со шкалой, и преобразователи модели 228 и 229, где такая возможность имеется. Однако последние имеют гораздо большие габаритные размеры. Для построения менее точных контрольных приспособлений промышленность выпускает малогабаритные безрычажные преобразователи модели КДМ-13. Особую группу составляют многопредельные преобразователи. Технические характеристики предельных электроконтактных преобразователей приведены в таблице 7.1.

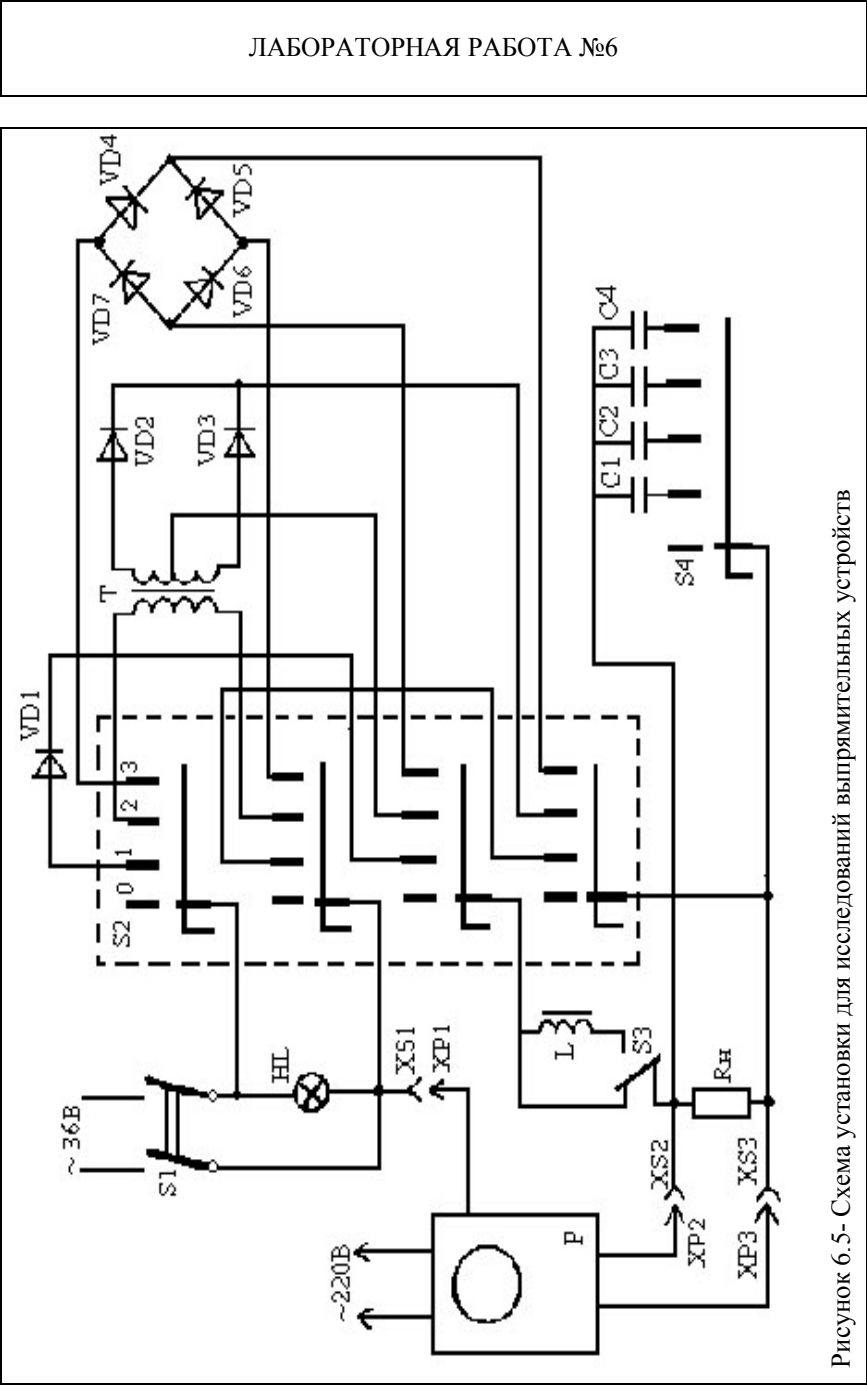


Таблица 2.2- Результаты исследований

Наименование параметров	Значение параметров при сопротивлении нагрузки $R_{н0}$, Ом					
	∞	1800	1200	800	400	200
Выходное напряжение $U_{вых}$, В						
Абсолютная погрешность $\Delta U_{вых}$, В						
Относительная погрешность ϵ						

2.6.9. После окончания экспериментов установить переключатель нагрузки S2 в положение “ ∞ ”, выключатель сети S1- в нижнее положение “Выкл.” и отсоединить установку от источника питания.

2.6.10. После проверки опытных данных преподавателем приступить к расчетам и оформлению отчета по работе.

2.7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 2.7.1. Цель работы.
- 2.7.2. Задание по работе.
- 2.7.3. Схема установки и спецификация ее элементов.
- 2.7.4. Результаты работы, представленные в виде таблиц и графиков.
- 2.7.5. Выводы по работе.

2.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 2.8.1. Что такое потенциометр?
- 2.8.2. Схема включения и статическая характеристика потенциометрических преобразователей.
- 2.8.3. Чем отличается режим холостого хода потенциометрического преобразователя от режима нагрузки?
- 2.8.4. В чем заключается принцип работы фазочувствительных потенциометрических преобразователей?
- 2.8.5. Как осуществляется бесступенчатое регулирование выходного напряжения потенциометрического преобразователя?
- 2.8.6. Какая из схем фазочувствительных преобразователей (рисунок 2.2) обеспечивает больший коэффициент преобразования сигнала?
- 2.8.7. Виды погрешностей потенциометрических преобразователей и причины их возникновения.



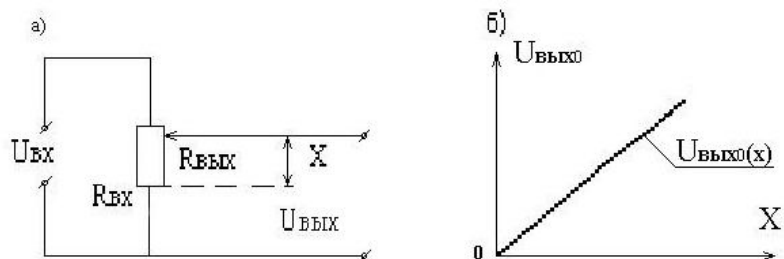


Рисунок 2.1- Электрическая схема (а) и статическая характеристика (б) потенциметрического преобразователя:

R_{vx} - сопротивление всей обмотки потенциометра;
 $R_{v\text{ых}}$ – сопротивление части обмотки, приходящейся на величину перемещения X движка потенциометра

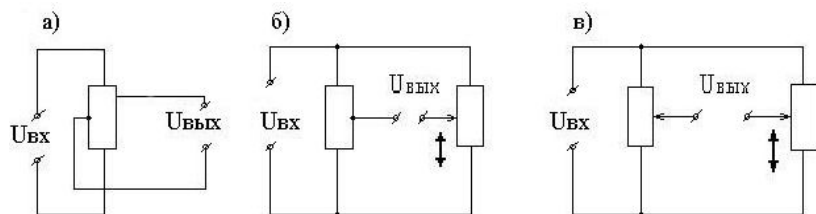


Рисунок 2.2 - Схемы включения фазочувствительных потенциометрических преобразователей: (а) и (б)- с одним движком, (в)- с двумя движками.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

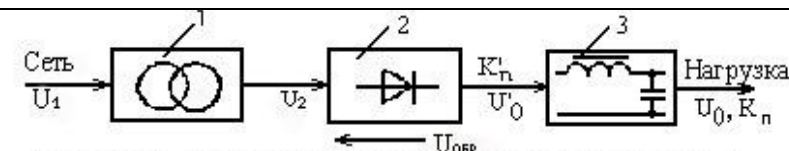


Рисунок 6.1- Структурная схема выпрямительного устройства

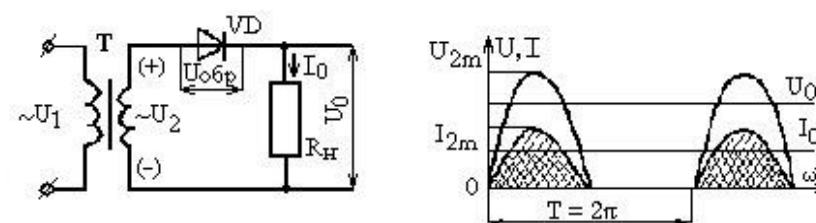


Рисунок 6.2- Однополупериодный выпрямитель

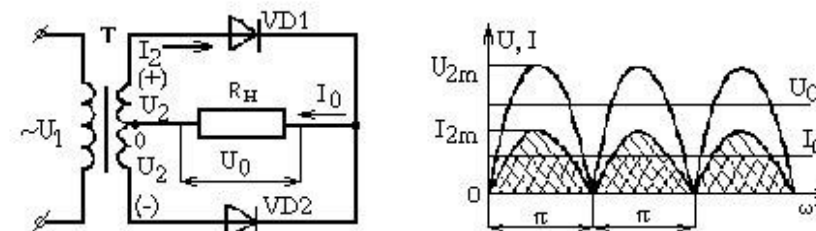


Рисунок 6.3- Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой

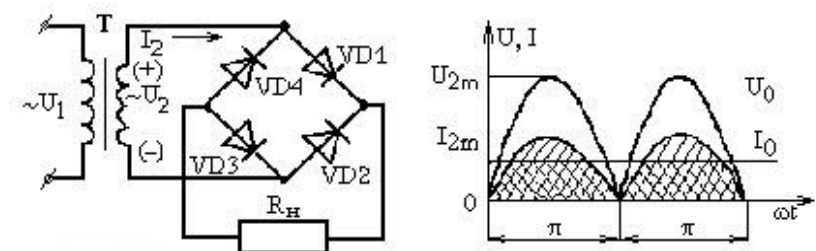


Рисунок 6.4- Двухполупериодный мостовой выпрямитель

Таблица 6.16- Основные расчетные соотношения однофазных выпрямительных устройств

№ вар.	Схема выпрямителя	Характер нагрузки	Значения параметра выпрямительных устройств				
			Частота пульсации выпрямлен. напряжения $f_{п}$	Коэффиц. пульсации выпрямлен. напряжения $K_{п}$	Ток первичной обмотки транс-ра I_1	Типовая мощность транс-ра $S_{т}$	Емкость фильтра предвар. сглаж. C_0
1	Однополупериодная (рисунок 6.2)	R	f_c	1,57	$\frac{1,2 I_0}{K_{TP}}$	$3,1 P_0$	$\frac{50 I_0}{U_0}$
		RC	f_c	-	$\frac{2,1 I_0}{K_{TP}}$	$2 P_0$	$\frac{50 I_0}{U_0}$
2	Двухполупериодная со средней точкой (рисунок 6.3)	R	$2f_c$	0,67	$\frac{1,1 I_0}{K_{TP}}$	$1,48 P_0$	$\frac{25 I_0}{U_0}$
		RC	$2f_c$	-	$\frac{0,7 I_0}{K_{TP}}$	$1,8 P_0$	$\frac{25 I_0}{U_0}$
		RL	$2f_c$	0,67	$\frac{I_0}{K_{TP}}$	$1,34 P_0$	$\frac{25 I_0}{U_0}$
3	Двухполупериодная мостовая (рисунок 6.4)	R	$2f_c$	0,67	$\frac{1,1 I_0}{K_{TP}}$	$1,23 P_0$	$\frac{25 I_0}{U_0}$
		RC	$2f_c$	-	$\frac{1,3 I_0}{K_{TP}}$	$1,5 P_0$	$\frac{25 I_0}{U_0}$
		RL	$2f_c$	0,67	$\frac{I_0}{K_{TP}}$	$1,1 P_0$	$\frac{25 I_0}{U_0}$

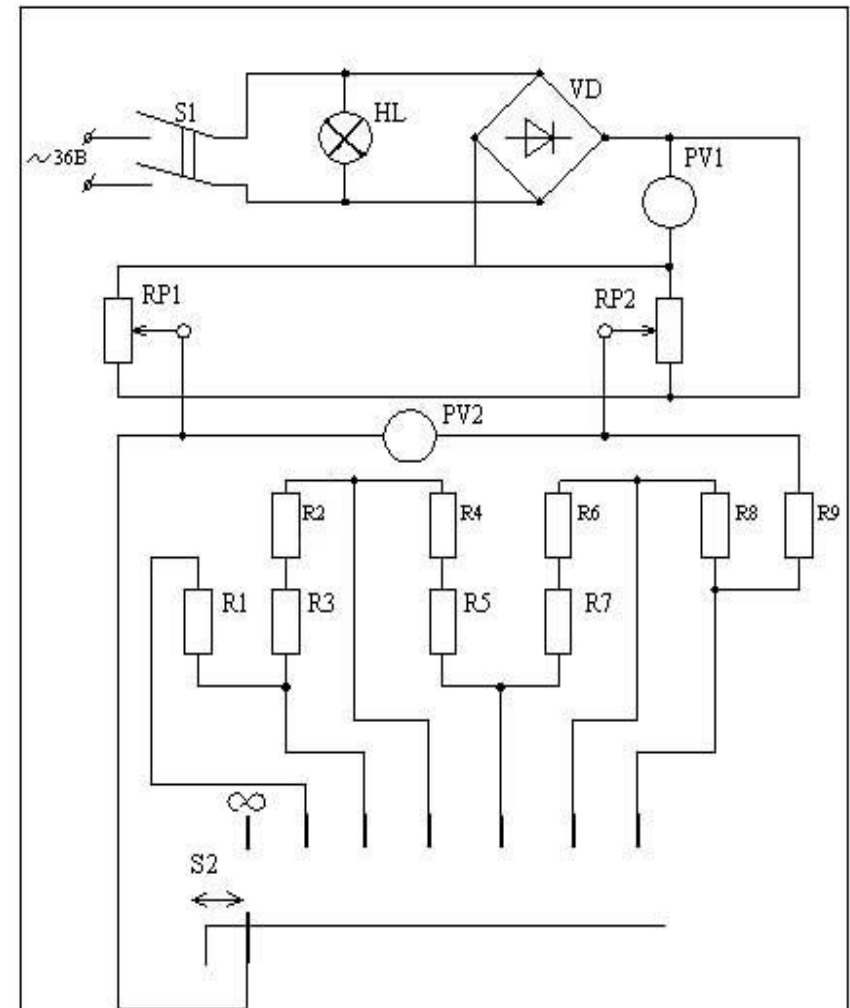


Рисунок 2.3- Электрическая схема установки для исследования потенциметрических преобразователей

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСШТАБНОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

3.1.1. Изучение устройства, назначения и принципа действия трансформаторных преобразователей.

3.1.2. Приобретение практических навыков выбора и расчета основных параметров трансформаторных преобразователей.

3.1.3. Экспериментальное исследование многообмоточного трансформаторного преобразователя.

3.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.2.1. Принципы масштабного преобразования напряжения

Трансформаторные преобразователи широко используются в приборных и автоматических системах в качестве масштабных преобразователей величины напряжения переменного тока.

Мерой изменения величины напряжения служит коэффициент преобразования (трансформации) K_T , который определяется отношением напряжения U_I или числа витков ω_I первичной (входной) обмотки к напряжению U_{II} или числу витков ω_{II} вторичной (выходной) обмотки

$$K_T = \frac{U_I}{U_{II}} = \frac{\omega_I}{\omega_{II}}. \quad (3.1)$$

В зависимости от соотношения входного U_I и выходного U_{II} напряжений трансформаторные преобразователи делятся на:

- понижающие $K_T = (U_I / U_{II}) > 1$;
- повышающие $K_T = (U_I / U_{II}) < 1$;
- согласующие $K_T = (U_I / U_{II}) = 1$;

Трансформаторные преобразователи могут иметь несколько вторичных обмоток с различными коэффициентами трансформации. Такие преобразователи называются многообмоточными.

Схема трансформаторного преобразователя с одной вторичной обмоткой приведена на рисунке 3.1. Трансформаторные преобразователи не имеют электрической связи между первичной ω_I и вторичной ω_{II} обмотками. Напряжение (э.д.с.) во вторичной обмотке индуцируется переменным магнитным потоком Φ_m , вызванным прохождением по первичной обмотке ω_I переменного тока I_I .

Таблица 6.1а- Основные расчетные соотношения однофазных выпрямительных устройств

№ вар.	Схема выпрямителя	Характер нагрузки	Значения параметра выпрямительных устройств			
			Максим. обратное напряжение на диоде $U_{обр}$	Среднее значение тока диода $I_{ср}$	Напряжение вторичной обмотки транс-ра U_2	Ток вторичной обмотки транс-ра I_2
1	Однополу- периодная (рисунок 6.2)	R	$3,14U_0$	I_0	$2,2U_0$	$1,57I_0$
		RC	$3,1U_0$	I_0	$1,1U_0$	$1,9I_0$
2	Двухполу- периодная со средней точкой (рисунок 6.3)	R	$3,14U_0$	$0,5I_0$	$1,1U_0$	$0,78I_0$
		RC	$3,1U_0$	$0,5I_0$	$1,1U_0$	$0,9I_0$
		RL	$3,14U_0$	$0,5I_0$	$1,1U_0$	$0,71I_0$
3	Двухполу- периодная мостовая (рисунок 6.4)	R	$1,57U_0$	$0,5I_0$	$1,1U_0$	$1,1I_0$
		RC	$1,5U_0$	$0,5I_0$	$1,1U_0$	$1,4I_0$
		RL	$1,57U_0$	$0,5I_0$	$1,1U_0$	I_0

Двухполу- периодная мостовая	Без сглаживания										
	Со сглаживанием										

6.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

6.5.1. Ознакомиться с правилами безопасности при работе с электрическими установками.

6.5.2. Изучить устройство и схему лабораторной установки (рисунок 6.5).

6.5.3. Установить выключатель сети S1 в положение "Выкл."

6.5.4. Подключить штыри осциллографа XP1, XP2 и XP3 к соответствующим гнездам XS1, XS2 и XS3 лабораторного стенда.

6.5.5. По разрешению преподавателя подключить установку к источнику питания с помощью соединительного шнура.

6.5.6. Установить выключатель сети S1 в верхнее положение "Вкл."

При этом должна загореться сигнальная лампа HL.

6.5.7. Переключателем S2 выбрать тип исследуемой схемы выпрямления.

6.5.8. Получить на экране осциллографа кривые входного (переменного) и выходного (выпрямленного) напряжения без сглаживания пульсаций (переключатель S4 установлен в нулевое положение "0").

6.5.9. Переключателем S3 выбрать тип сглаживающего фильтра: емкостного «С» или индуктивно-емкостного "LC".

6.5.10. Меняя величину емкости переключателем S4, экспериментально добиться наибольшего сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения.

6.5.11. Сравнить кривые выпрямленного напряжения без сглаживания и со сглаживанием пульсаций.

6.5.12. После проверки опытных данных преподавателем отключить лабораторную установку от сети и приступить к оформлению отчета по работе.

6.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

6.6.1. Цель работы.

6.6.2. Задание по работе.

6.6.3. Схема установки и спецификация ее элементов.

6.6.4. Результаты работы, представленные в виде таблиц и графиков.

6.6.5. Выводы по работе.

6.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.7.1. Назначение выпрямительных устройств (демодуляторов).

6.7.2. Основные схемы выпрямителей и принцип их работы.

6.7.3. Назначение и разновидности сглаживающих фильтров.

6.7.4. Типовые формы выпрямленного сглаженного и несглаженного тока.

6.7.5. Чем вызвана необходимость снижения пульсаций выпрямленного тока?

Величина индуцируемой во второй обмотке э.д.с. определяется выражением

$$E_{II} = 4,44 \cdot f \cdot \omega_{II} \cdot \Phi_m, \quad (3.2)$$

где f - частота питающего тока, Гц;

ω_{II} - число витков первичной обмотки;

Φ_m - переменный магнитный поток, индуцируемый магнитопровода, Вб.

3.2.2. Расчетные соотношения

Трансформаторный масштабный преобразователь рассчитывается по заданным значениям входного (питающего) напряжения U_I , а также напряжений U_{II} и токов I_{II} вторичных обмоток, которые определяются мощностью и напряжением потребителей, подключаемых к выходным (вторичным) обмоткам преобразователя.

При использовании в приборных и автоматических системах трансформаторные масштабные преобразователи могут рассчитываться по следующей упрощенной методике.

3.2.2.1. Суммарная активная мощность P_{II} , потребляемая всеми вторичными обмотками

$$P_{II} = U_{II-1} \cdot I_{II-1} + U_{II-2} \cdot I_{II-2} + \dots + U_{II-n} \cdot I_{II-n}, \text{ Вт} \quad (3.3)$$

где $U_{II-1}, U_{II-2}, \dots, U_{II-n}$ – напряжения вторичных обмоток, В;

$I_{II-1}, I_{II-2}, \dots, I_{II-n}$ – токи вторичных обмоток, А;

3.2.2.2. Мощность P_I , потребляемая от сети с учетом потерь

$$P_I = 1,2 \cdot P_{II}. \quad (3.4)$$

3.2.2.3. Расчетная мощность поперечного сечения Q_P сердечника магнитопровода (для трансформатора мощностью до 60 Вт)

$$Q_P = 1,25 \cdot \sqrt{P_I}, \text{ см}^2. \quad (3.5)$$

3.2.2.4. По полученному расчетному значению сечения сердечника Q_P по справочникам выбираются стандартное значение сечения сердечника $Q_{СТ}$, тип и размеры магнитопровода.

3.2.2.5. Определяется число витков $\omega^{(1)}$ на один вольт:

$$\omega^{(1)} = \frac{5Q_P}{Q_{СТ}}. \quad (3.6)$$

3.2.2.6. Число витков каждой обмотки

$$\begin{aligned} \omega_I &= U_I \cdot \omega^{(1)}; \\ \omega_{II} &= U_{II} \cdot \omega^{(1)}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

3.2.2.7. Ток I_1 первичной (входной) обмотки:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} \quad (3.8)$$

3.2.2.8. Диаметр провода каждой обмотки определяется в зависимости от протекающей по данной обмотке силы тока:

$$d = (0,7 \dots 0,8) \cdot \sqrt{I}, \text{ мм.} \quad (3.9)$$

3.2.2.9. По справочнику выбираются марки и стандартные диаметры $d_{\text{ст}}$ обмоточных проводов, и производится конструктивный расчет трансформаторного преобразователя.

3.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка выполнена в виде отдельного стенда. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 36 В.

Используемый в установке масштабный преобразователь представляет собой многообмоточный трансформатор с одной первичной и шестью вторичными обмотками.

Схема установки приведена на рисунке 3.2. На схеме приняты обозначения:

Т- трансформатор;
 S1- выключатель сети;
 HL– сигнальная лампа;
 PV1– вольтметр переменного тока 0-50 В;
 PV2– вольтметр переменного тока 0-15-150 В;
 S2– переключатель однополюсный на два направления;
 XS1...XS6– гнезда двойные штепсельные;
 XP– вилка двойная штепсельная.

3.4. ЗАДАНИЕ ПО РАБОТЕ

3.4.1. Изучить принцип масштабирования напряжения с помощью трансформаторных преобразователей.

3.4.2. Ознакомиться со схемой лабораторной установки (рисунок 3.2) и назначением ее элементов.

3.4.3. Измерить напряжение на первичной ω_1 и вторичных ω_2 обмотках, данные записать в таблицу 3.1. Определить коэффициент трансформации K_T для каждой вторичной обмотки.

3.4.4. По приведенным в таблице 3.2 данным рассчитать один из вариантов (по последней цифре зачетной книжки) трансформаторного преобразователя (п.3.2.2.)

HL– сигнальная лампа;
 S2– переключатель выбора схем выпрямления;

S3– переключатель выбора типа сглаживающего фильтра;
 S4– переключатель величины емкости сглаживающего фильтра;
 VD1– диод схемы однополупериодного выпрямления;
 Т– дифференциальный трансформатор (со средней точкой);
 VD2, VD3– диоды схемы 2-полупериодного выпрямления;
 C1... C4 – конденсаторы 4, 10, 30 и 50 мкФ;
 L– катушка индуктивности;
 VD4...VD7– диоды мостовой схемы выпрямления;
 R_н– сопротивление нагрузки; ($R_n=1100 \text{ Ом}$)
 Р– осциллограф Z-лучевой универсальный, тип С 1-15;
 XP1,XS– штырь и гнездо для включения осциллографа в цепь переменного тока;
 XP2, XP3, XS2, XS3– штыри и гнезда для включения осциллографа в цепь постоянного (выпрямленного) тока.

6.4. ЗАДАНИЕ ПО РАБОТЕ

6.4.1. Изучить принципы выпрямления переменного тока, сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения, типы и схемы включения выпрямителей (демодуляторов) и сглаживающих фильтров [3,4].

6.4.2. Ознакомиться со схемой лабораторной установки и назначением ее элементов.

6.4.3. Снять с экрана осциллографа формы кривых выпрямленного тока для каждой схемы выпрямления без сглаживания и со сглаживанием пульсаций. Результаты измерений занести в таблицу 6.2.

6.4.4. По данным таблицы 6.2 рассчитать коэффициент пульсации выпрямленного тока по формуле (6.1).

Таблица 6.1- Результаты исследований

Схемы выпрямления		Амплитуда пульсации, мм									
		Тип сглаживающего фильтра									
		Емкостной "С"					Индуктивно-емкостной "LC"				
		Емкость сглаживающего фильтра, Ф									
		0	4	10	30	50	0	4	10	30	50
Однополу- периодная	Без сглаживания										
	Со сглаживанием										
Двухполу- периодная	Без сглаживания										
	Со сглаживанием										



U_{OBR} – максимальное обратное напряжение на вентиле;
 I_{CP} – средний ток, протекающий через вентиль;

S_T – типовая мощность трансформатора, В.А.

Расчет выпрямительных устройств производится с учетом выбранной схемы выпрямления и характера нагрузки и заключается в выборе диодов и расчете силового трансформатора. Основные расчетные соотношения выпрямителей приведены в таблице 6.1а,б. Исходными данными для расчета выпрямителей являются: заданное значение напряжения сети U_1 , значения выпрямленного напряжения U_0 , тока I_0 и коэффициента пульсации K_P на нагрузке (определяются потребителем).

Для выбора диодов определяют средний ток I_{CP} , протекающий через диоды, и максимальное обратное напряжение U_{OBR} , возникающее на диодах при отрицательной полуволне синусоидального тока сети.

При расчете силового трансформатора находят ток первичной I_1 и вторичной I_2 обмоток, напряжение на вторичной обмотке U_2 и типовую мощность трансформатора S_T . По полученным данным производится конструктивный расчет трансформатора– выбираются тип и размеры сердечника, число витков и диаметр провода обмоток.

Выпрямитель может работать на различную нагрузку– активную (R), активно-емкостную (RC), активно-индуктивную (RL), характер которой зависит как от типа потребителя электрической энергии, так и от типа применяемого сглаживающего фильтра. В приборных системах выпрямители часто работают на активно-емкостную нагрузку, где конденсатор C_0 играет роль фильтра предварительного сглаживания пульсации выпрямленного тока. Коэффициент пульсации выпрямленного тока.

$$K_P = A_{\min}/A_{\max}, \quad (6.1)$$

где $A_{\min}$ –минимальная амплитуда выпрямленного тока;

$A_{\max}$ –максимальная амплитуда тока до выпрямления;

Если $K_P < 1$, то сглаживание хорошее;

если $K_P = 1$, то сглаживание удовлетворительное;

если $K_P > 1$, то сглаживание неудовлетворительное.

Если выбранный фильтр C_0 не обеспечивает сглаживания до заданного значения коэффициента пульсаций K_P , то производится расчет и выбор более сложных типов фильтров: RC, LC, транзисторных и др.

6.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из отдельного стенда, питающегося от сети переменного тока 36 В и электронно-лучевого осциллографа. Питание осциллографа осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В.

Схема установки приведена на рисунке 6.5. На схеме приняты обозначения:

S1– выключатель питания сети;

Таблица 3.1- Результаты исследований

Напряжение первичной обмотки, U_1 , В	Напряжение вторичных обмоток, U_{II} , В					
	ω_{II-1}	ω_{II-2}	ω_{II-3}	ω_{II-4}	ω_{II-5}	ω_{II-6}

Таблица 3.2- Исходные данные

№ вар.	Напряж. первич. обмотки U_1 , В	Напряжение вторичных обмоток U_{II} , В				Ток потребителей вторичных обмоток I_{II} , А			
		ω_{II-1}	ω_{II-2}	ω_{II-3}	ω_{II-4}	ω_{II-1}	ω_{II-2}	ω_{II-3}	ω_{II-4}
1	220	27	12	6	60	0,05	0,1	0,07	0,02
2	127	36	6	9	27	0,03	0,05	0,12	0,07
3	36	6	9	12	27	0,06	0,1	0,08	0,06
4	127	60	27	12	6	0,01	0,04	0,09	0,1
5	220	9	60	127	36	0,09	0,012	0,01	0,015
6	220	17	6	36	12	0,04	0,11	0,03	0,08
7	127	12	36	50	6	0,07	0,05	0,01	0,1
8	36	6	12	24	60	0,11	0,06	0,03	0,012
9	127	18	36	9	6	0,05	0,015	0,09	0,1
0	220	12	24	50	127	0,09	0,03	0,07	0,008

3.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.5.1. Ознакомиться с правилами безопасности при работе с электрическими установками.

3.5.2. Изучить устройство и схему лабораторной установки (рисунок 3.2).

3.5.3. Установить выключатель S1 в нижнее положение “Выкл.”, а переключатель напряжения S2- в правое положение “150 В”.

3.5.4. По разрешению преподавателя подключить установку к источнику питания с помощью соединительного шнура.

3.5.5. Установить штепсельную вилку XP в гнездо XS1 и включить выключатель сети S1. При этом должна загореться сигнальная лампа HL, а вольтметр PV1 показать величину питающего напряжения ($U_{BX} = U_1$).

3.5.6. Измерить величину напряжения U_{II-1} на вторичной обмотке ω_{II-1} преобразователя. Если величина напряжения $U_{II} < 15В$, то на период замера перевести переключатель S2 в левое положение “15В”.

3.5.7. Повторить опыт п.п.3.5.5, 3.5.6 для остальных обмоток преобразователя, последовательно подключая вилку XP к гнездам XS2...XS6.

3.5.8. После окончания эксперимента установить выключатель сети S1 в нижнее положение “Выкл.” и отсоединить установку от источника питания.

3.5.9. После проверки опытных данных преподавателем приступить к расчетам и оформлению отчета по работе.

3.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.6.1. Цель работы.

3.6.2. Задание по работе.

3.6.3. Схема установки и спецификация ее элементов.

3.6.4. Результаты работы.

3.6.5. Выводы по работе.

3.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

3.7.1. Назначение трансформаторных масштабных преобразователей.

3.7.2. В чем заключается принцип преобразования величины напряжения?

3.7.3. Что такое коэффициент трансформации и как он определяется?

3.7.4. Объясните принцип индуктирования напряжения во вторичных обмотках.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ (ДЕМОДУЛЯТОРОВ) И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

6.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

6.1.1. Изучение принципов выпрямления переменного тока и способов сглаживания выпрямленного напряжения.

6.1.2. Приобретение практических навыков по выбору и расчету схем выпрямления и сглаживающих фильтров.

6.1.3. Экспериментальное исследование характеристик выпрямителей и влияния на них сглаживающих фильтров.

6.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Часть элементов автоматических и приборных систем потребляет электрическую энергию в виде постоянного тока. Для этого используются выпрямительные устройства, преобразующие переменный ток в постоянный.

Структурная схема выпрямительного устройства приведена на рисунке 6.1. Силовой трансформатор 1 служит для повышения или понижения напряжения сети U_1 до нужной величины U_2 . Блок вентилей 2 обладает односторонней проводимостью тока и выполняет функцию выпрямления–преобразования переменного тока в постоянный. В качестве вентилей чаще всего используются полупроводниковые диоды. Сглаживающий фильтр 3 служит для уменьшения пульсаций выпрямленного тока. Наибольшее распространение в автоматических и приборных системах получили выпрямительные схемы однофазного тока: однополупериодная (рисунок 6.2), двухполупериодная со средней точкой (рисунок 6.3) и двухполупериодная мостовая (рисунок 6.4).

К основным параметрам выпрямителей относятся:

U_1, I_1 – напряжение и ток сетевой (первичной) обмотки трансформатора;

f_c – частота тока питающей сети, Гц;

U_2, I_2 – напряжение и ток вентильной (вторичной) обмотки трансформатора;

U_0, I_0 – выпрямленное напряжение и ток (на нагрузке);

$P_0=U_0 \cdot I_0$ – активная мощность нагрузки, Вт;

K'_Π, K_Π – коэффициенты пульсации выпрямленного тока до и после фильтра;

f_n – частота пульсации выпрямленного тока, Гц;

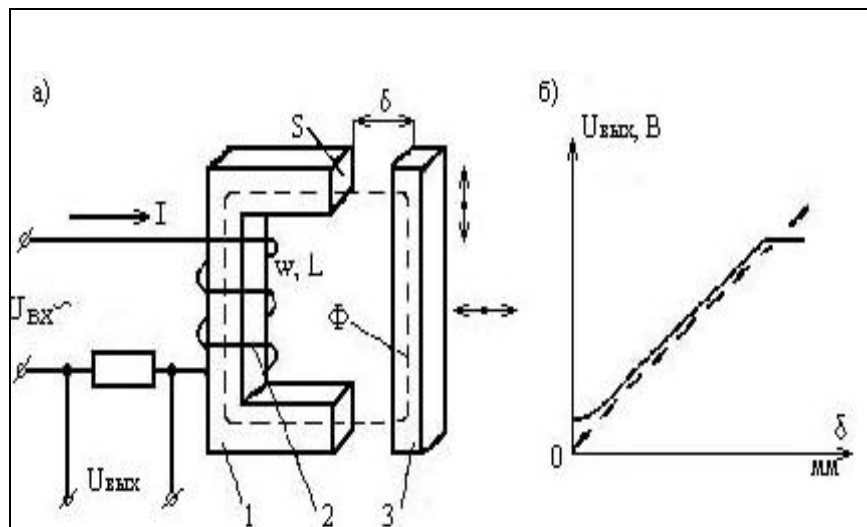


Рисунок 5.1- Устройство (а) и статическая характеристика (б) индуктивного преобразователя

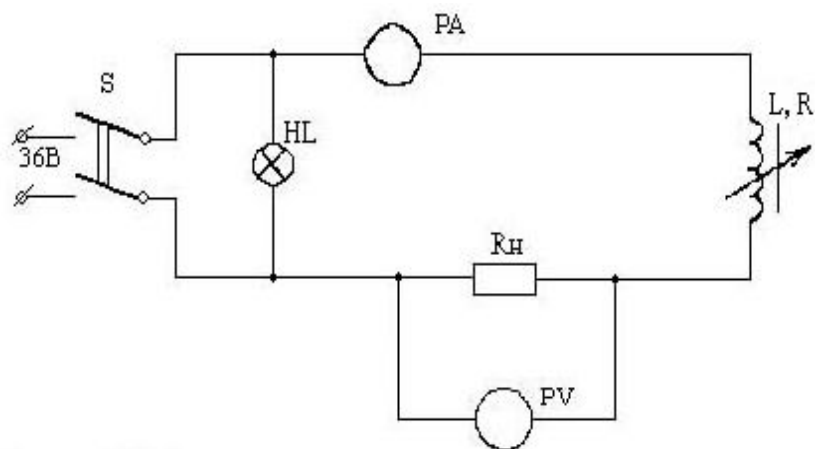


Рисунок 5.2- Электрическая схема установки для исследования индуктивного преобразователя

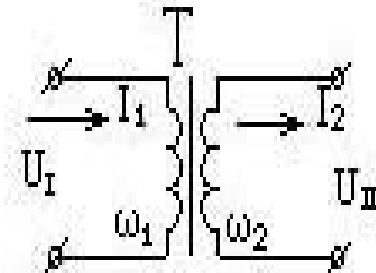


Рисунок 3.1- Электрическая схема трансформаторного преобразователя

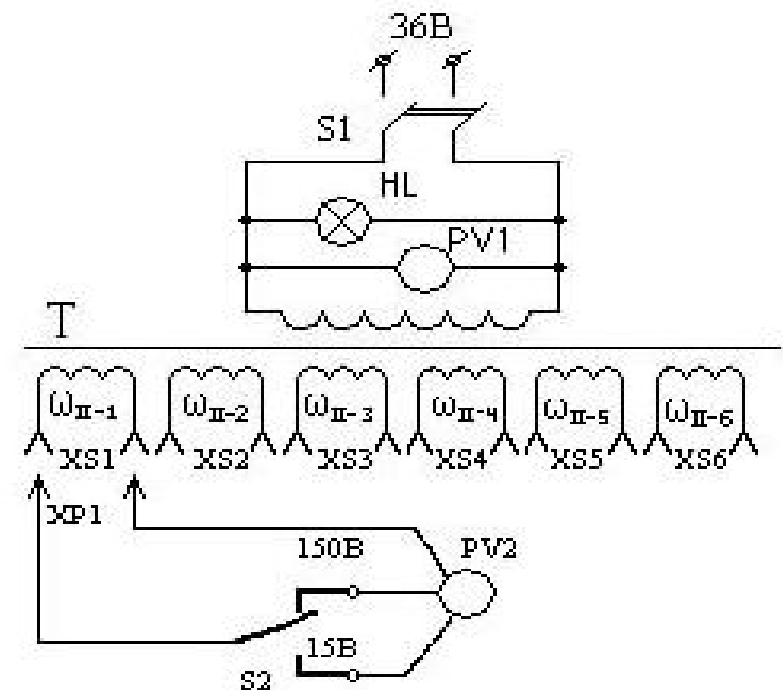


Рисунок 3.2- Электрическая схема установки для исследования трансформаторных масштабных преобразователей

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАНСНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

4.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

4.1.1. Изучение явлений резонанса в электрических цепях и принципов построения на их основе масштабных преобразователей.

4.1.2. Приобретение практических навыков расчета параметров и построения электрических масштабных преобразователей.

4.1.3. Экспериментальный подбор параметров преобразователя, отвечающих условиям резонанса.

4.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.2.1. Принципы построения масштабных преобразователей на реактивных элементах (индуктивности и емкости)

В последовательных электрических цепях переменного тока, содержащих активное сопротивление R , индуктивность L и емкость C (рисунок 4.1а), входное напряжение U_{BX} распределяется пропорционально сопротивлениям каждого из этих элементов.

Согласно второму закону Кирхгофа, уравнение такой цепи в векторной форме имеет вид

$$\bar{U}_{bx} = \bar{U}_a + \bar{U}_L + \bar{U}_C, \quad (4.1)$$

где $U_a = I \cdot R$ – падение напряжения на активном сопротивлении R ;

$U_L = I \cdot x_L$ – падение напряжения на индуктивном сопротивлении x_L ;

$U_C = I \cdot x_C$ – падение напряжения на емкостном сопротивлении x_C ;

I – ток электрической цепи.

Известно, что в электрических цепях переменного тока активное падение напряжения U_a совпадает по фазе с током I , индуктивное U_L опережает ток на угол 90° , а емкостное U_C отстает от тока на угол 90° . Тогда уравнение (4.1) можно представить графически в виде векторной диаграммы (рисунок 4.1б). Из диаграммы видно, что приложенное к электрической цепи напряжение U_{BX} является геометрической суммой всех падений напряжений и, следовательно,

$$U_{BX}^2 = U_a^2 + (U_L - U_C)^2 = I^2 [R^2 + (x_L - x_C)^2]. \quad (4.2)$$

Закон Ома такой цепи имеет вид:

$$I = \frac{U_{BX}}{\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}} = \frac{U_{BX}}{Z}, \quad (4.3)$$

5.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

5.6.1. Цель работы.

5.6.2. Задание по работе.

5.6.3. Схема установки и спецификация ее элементов.

5.6.4. Результаты работы, представленные в виде таблиц и графиков.

5.6.5. Выводы по работе.

5.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.7.1. Назначение и область применения ИП.

5.7.2. Устройство и принцип работы ИП.

5.7.3. Какие типы ИП Вы знаете?

5.7.4. Назовите основные параметры ИП.

5.7.5. Чем отличаются дифференциальные ИП?

5.7.6. Приведите последовательную цепочку преобразований, происходящих в ИП.

5.7.7. От каких параметров зависит индуктивность ИП?

5.7.8. Какой вид имеют статические характеристики ИП?

соответствующим образом частоту питающего напряжения $\omega=2\pi f$, величину индуктивности L или емкости C .

При заданных значениях частоты питающего напряжения $\omega=2\pi f$ и индуктивности L по уравнению (4.7) можно рассчитать величину емкости C_p , соответствующую условию резонанса напряжений

$$C_p = \frac{1}{\omega^2 \cdot L} = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot L}, \text{ Фарад} \quad (4.8)$$

4.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка выполнена в виде отдельного стенда. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 36 В.

В установке используются катушка индуктивности с параметрами $L = 2,0$ Гн; $R = 550$ Ом и набор конденсаторов различной емкости.

Схема установки приведена на рисунке 4.2. На схеме приняты обозначения:

- S1...S11 – выключатели;
- S12 – переключатель однополюсный;
- HL – сигнальная лампа;
- PV1 – вольтметр переменного тока 0–50 В;
- PV2, PV3 – вольтметр переменного тока 0–60 В;
- L – катушка индуктивности ($L = 2$ Гн; $R = 550$ Ом);
- C1...C10 – конденсаторы.

4.4. ЗАДАНИЕ ПО РАБОТЕ

4.4.1. Изучить принципы распределения напряжения между элементами в электрических цепях переменного тока с последовательным включением R , L , C и условия возникновения резонанса напряжений [3,4].

4.4.2. Ознакомиться со схемой лабораторной установки (рисунок 4.2) и назначением ее элементов.

4.4.3. Рассчитать величину емкости C_p , при которой в электрической цепи возникает резонанс напряжений.

4.4.4. Получить резонанс напряжений ($U_L=U_C$) опытным путем, подбирая емкость конденсаторов C1...C10 с помощью установленных на панели выключателей S1...S10.

4.4.5. Последовательно увеличивая емкость C электрической цепи, измерить напряжение U_{BX} , U_L , U_C . По результатам измерений в одной системе координат построить зависимости $U_L=f_1(C)$, $U_C=f_2(C)$.

4.4.6. Выбрать из измерений п.4.4.5 три случая: $C < C_p$; $C = C_p$; $C > C_p$ и построить в одинаковом масштабе для каждого случая векторные диаграммы напряжений.

$$R_M \approx R_0.$$

С учетом (5.2) – (5.4) выражение (5.1) принимает вид

$$L = \frac{\omega^2}{R_M} = \frac{\omega^2 \cdot \mu_0 \cdot S}{2\delta}. \quad (5.5)$$

Величина тока, протекающего в обмотке ИП, равна

$$I = \frac{U_{BX}}{Z} = \frac{U_{BX}}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}, \quad (5.6)$$

где $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ – полное сопротивление обмотки, Ом;

R – активное, X_L – индуктивное сопротивления обмотки, Ом.

В реальных преобразователях $R \ll X_L$. Тогда можно принять, что $Z = X_L = \omega \cdot L$, где $\omega = 2\pi f$ – угловая частота, 1/с; f – частота питающего напряжения, Гц.

Выражение (5.6) с учетом (5.5) принимает вид

$$I = \frac{U_{BX}}{\omega L} = \frac{2U_{BX}}{\omega \cdot \mu_0 \cdot S} \delta. \quad (5.7)$$

Напряжение на выходе ИП (на сопротивлении нагрузки R_H) будет равно

$$U_{ВЫХ} = I \cdot R_H = \frac{2U_{BX} \cdot R_H}{\omega \cdot \mu_0 \cdot S} \delta = K \cdot \delta, \quad (5.8)$$

где $K = \frac{2U_{BX} \cdot R_H}{\omega \cdot \mu_0 \cdot S}$ – коэффициент преобразования.

Графически зависимость (5.8) показана на рисунке 5.1б и представляет собой статистическую характеристику ИП: $U_{ВЫХ}=f(\delta)$.

5.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка выполнена в виде отдельного стенда. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 36 В.

Схема установки приведена на рисунке 5.1. На схеме приняты обозначения:

- S – выключатель питания сети;
- HL – сигнальная лампа;
- L, R – катушка ИП, индуктивность которой L и активное сопротивление R ;
- R_H – сопротивление нагрузки;
- РА – миллиамперметр 0–100 мА;
- PV – вольтметр 0–6 В.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

5.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

5.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

5.1.1. Изучения устройства и принципа действия индуктивных преобразователей (ИП).

5.1.2. Приобретение практических навыков выбора и расчета основных параметров ИП.

5.1.3. Экспериментальное исследование характеристик ИП.

5.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В автоматических приборных системах ИП широко используются в качестве измерительных и промежуточных преобразователей.

Простейший ИП представляет собой дроссель и состоит (рисунок 5.1а) из сердечника 1, на котором находится обмотка 2, и якоря 3. Принцип действия ИП основан на зависимости индуктивности L обмотки от длины δ или площади S воздушного зазора.

Индуктивность преобразователя как дросселя определяется выражением

$$L = \frac{\Phi \cdot \omega}{I}, \text{ Гн}, \quad (5.1)$$

где Φ – магнитный поток в сердечнике, Вб;

I – ток обмотки, А;

ω – число витков катушки.

Магнитный поток в сердечнике ИП

$$\Phi = \frac{I \cdot \omega}{R_M}, \text{ Вб}. \quad (5.2)$$

Полное сопротивление магнитной цепи ИП

$$R_M = R_{СТ} + R_0, \text{ Ом}, \quad (5.3)$$

где $R_{СТ}$ – магнитное сопротивление стали (сердечника и якоря);

R_0 – магнитное сопротивление воздушного зазора;

$$R_0 = \frac{2\delta}{\mu_0 \cdot S}, \text{ Ом}, \quad (5.4)$$

где δ , S – соответственно длина и площадь воздушного зазора;

$\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м– магнитная проницаемость воздуха.

При ненасыщенном сердечнике ИП $R_{СТ} \ll R_0$ и можно принять, что

4.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.5.1. Ознакомиться с правилами безопасности при работе с электрическими установками.

4.5.2. Изучить устройство и схему лабораторной установки (рисунок 4.2).

4.5.3. Установить выключатели $S1...S11$ в положение «Выкл.», а переключатель $S12$ – в положение «L».

4.5.4. По разрешению преподавателя подключить установку к источнику питания с помощью соединительного шнура.

4.5.5. Включить выключатель сети $S11$. При этом должна загореться сигнальная лампа HL , а вольтметр $PV1$ показать величину питающего напряжения $U_{ВХ}$.

4.5.6. Перевести переключатель $S12$ в положение «LC» и произвести измерения согласно п. 4.4.4 и 4.4.5 задания по работе. Результаты измерений занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1-Результаты исследований

Напряжение, В	Емкость C , мкФ						
	1	2	3	4	5	6	7
$U_{ВХ}$							
U_L							
U_C							

4.5.7. После окончания измерений установить выключатели $S1...S11$ в положение «Выкл.» и отсоединить установку от источника питания.

4.5.8. После проверки опытных данных преподавателем приступить к расчетам и оформлению отчета по работе.

4.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.6.1. Цель работы.

4.6.2. Задание по работе.

4.6.3. Схема установки и спецификация ее элементов.

4.6.4. Результаты работы в виде таблицы и графиков.

4.6.5. Выводы по работе.

4.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.7.1. Составьте схему электрической цепи переменного тока с последовательно включенными R , L , и C .

4.7.2. Объясните, как распределяется напряжение между элементами R , L , и C в последовательных цепях переменного тока.

4.7.3. Что такое резонанс напряжений?

4.7.4. При каких условиях возникает резонанс напряжений?

4.7.5. Как определяется величина индуктивного X_L и емкостного X_C сопротивлений?

4.7.6. Как рассчитать резонансную емкость C_p при известной индуктивности L ?

4.7.7. Как рассчитать резонансную индуктивность L_p при известной емкости C ?

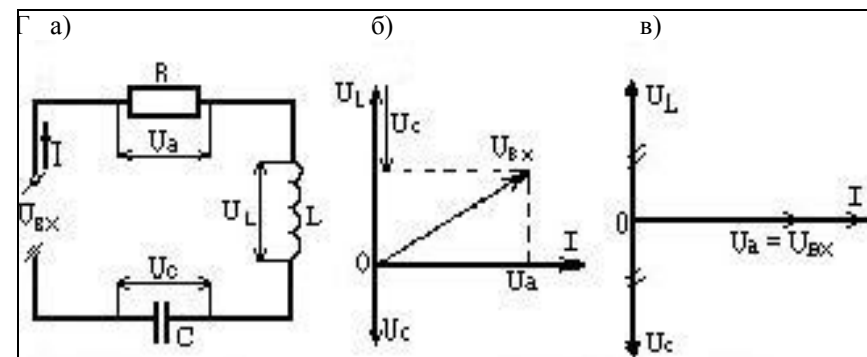


Рисунок 4.1- Схема (а) и векторная диаграммы для общего случая (б) и при резонансе напряжений (в) электрической цепи с последовательным соединением

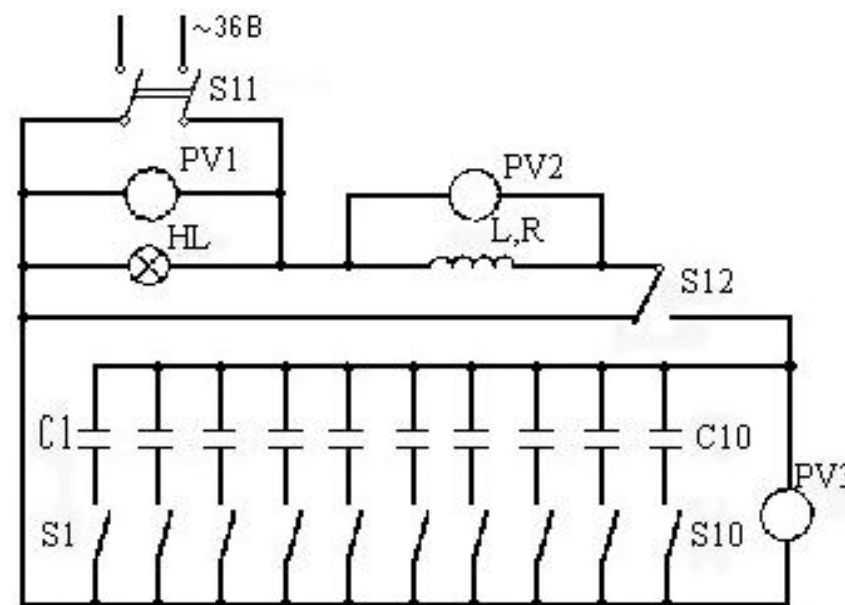


Рисунок 4.2- Электрическая схема установки для исследования электрических резонансных преобразователей