

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. И. Лысак  
С. В. Кузьмин  
В. О. Харламов

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Учебно-методическое пособие*



Волгоград

2016

УДК 621.791 (075)

*Рецензенты:*

директор ДИЦ «Мост»

канд. техн. наук *В. М. Букин*;

директор ЗАО «Волгоградский завод  
сварочных материалов ХОБЭКС»,

канд. техн. наук *В. А. Пронин*

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Волгоградского государственного технического университета

**Лысак, В. И.**

Автоматизация сварочных процессов : учеб.-метод. пособие /

В. И. Лысак, С. В. Кузьмин, В. О. Харламов ; ВолГТУ. – Волгоград, 2016.

– 75 с.

ISBN 978-5-9948-2261-6

Представлен теоретический материал, не вошедший в курс лекций по дисциплине «Автоматизация сварочных процессов», изложен порядок выполнения лабораторных работ по указанной дисциплине.

Предназначено для студентов, обучающихся в рамках подготовки бакалавров по направлению 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Ил.37 . Табл. 7. Библиогр.: 3 назв.

ISBN 978-5-9948-2261-6

© Волгоградский государственный  
технический университет, 2016

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1**

## **ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВНЫМИ ТИПАМИ ДАТЧИКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Ознакомиться и изучить основные типы, устройство, схемы включения, статические характеристики датчиков физических величин, применяемых в сварочном производстве для целей управления и регулирования.

### **2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

- 2.1. Ознакомление с классификацией и основными характеристиками датчиков.
- 2.2. Изучение устройства, назначения и схем включения датчиков физических величин, применяемых в сварочном производстве.

### **3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Датчики являются элементами технических систем, предназначенных для измерения, сигнализации, регулирования, управления устройствами или процессами. Датчики преобразуют контролируемую величину (давление, температура, расход, концентрация, частота, скорость, перемещение, напряжение, электрический ток и т. п.) в сигнал (электрический, оптический, пневматический), удобный для измерения, передачи, преобразования, хранения и регистрации информации о состоянии объекта измерений. Или проще, датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

### 3.1. Классификация датчиков

*По принципу действия* датчики можно разделить на два класса:

- генераторные;
- параметрические (датчики-модуляторы).

Параметрические датчики преобразуют неэлектрический сигнал в изменение активного, индуктивного или емкостного сопротивления. Такие датчики требуют для своего срабатывания вспомогательный источник энергии. К ним относятся реостатные, электроконтактные, тензодатчики и др.

Датчики генераторного типа преобразуют изменение входного параметра в изменение ЭДС. Им не требуется вспомогательный источник, т.к. они сами генерируют электрический ток. К ним относятся термопары, тахогенераторы, пьезоэлементы, фотоэлементы и др.

*По виду входного сигнала* (измеряемому параметру) датчики делят на:

- датчики давления;
- датчики расхода;
- уровня;
- температуры;
- концентрации;
- перемещения;
- положения;
- оптических величин;
- углового положения (перемещения);
- механических величин
- электрических величин и др.

*По характеру выходного сигнала:*

- дискретные

- аналоговые
- цифровые
- импульсные

*По принципу действия:*

- волоконно-оптические
- оптические датчики (фотодатчики)
- магнитоэлектрический датчик (на основе эффекта Холла)
- пьезоэлектрический датчик
- тензопреобразователь
- емкостной датчик
- потенциометрический датчик
- индуктивный датчик
- индукционный датчик

*По среде передачи сигналов:*

- проводные
- беспроводные

*По количеству входных величин:*

- одномерные
- многомерные

*По технологии изготовления:*

- элементные
- интегральные

### **3.2. Основные характеристики датчиков**

К основным характеристикам датчиков относят:

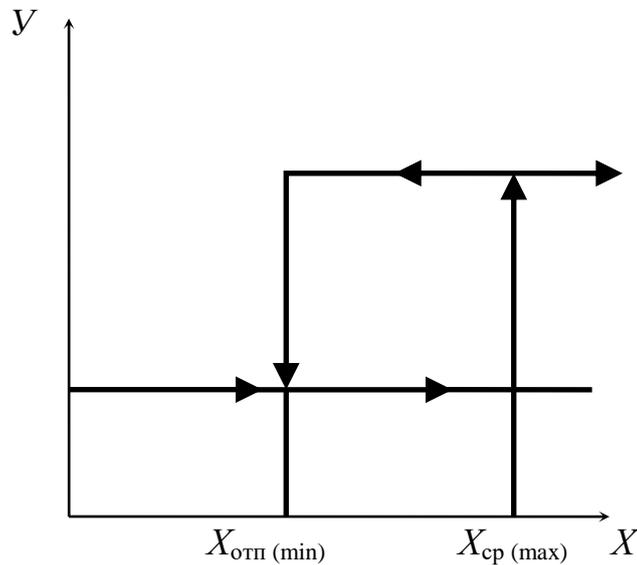
- входную величину  $X$  и выходной сигнал  $Y$ ;
- статическую характеристику датчика – функциональную за-

зависимость между изменениями  $X$  и  $Y$ ;

- чувствительность датчика  $S = \frac{dy}{dx}$  ;
- гистерезис – неоднозначность хода статической характеристики датчика при увеличении и уменьшении входной величины (рис. 1)

$$\delta = \frac{dx}{X_{\max} - X_{\min}} \cdot 100\%$$

где  $X_{\max} - X_{\min}$  – изменение входной величины в рабочих пределах;



**Рис. 1. Статическая схема реле-датчика с гистерезисом:**  
 $X_{\text{ср}}$  и  $X_{\text{отп}}$  – соответственно параметр срабатывания и отпускания реле

- порог чувствительности – минимальное изменение  $X$ , вызывающее изменение  $Y$ ;
- основную погрешность – максимальную разность между получаемой величиной  $Y$  и ее номинальным значением  $Y_n$ , определяемым по статической характеристике для данной  $X$  при нормальных условиях.

### 3.3. Основные типы датчиков<sup>1</sup>

*Датчики перемещений* предназначены для определения величины линейного или углового механического перемещения какого-либо объекта. Датчики перемещения можно разделить на две основных категории — датчики линейного перемещения и датчики углового перемещения.

По принципу действия датчики перемещения могут быть:

- электроконтактными;
- емкостными;
- оптическими;
- индуктивными;
- вихретоковыми;
- ультразвуковыми;
- магниторезистивными;
- потенциометрическими;
- магнитострикционными;
- на основе эффекта Холла.

Простейшими датчиками линейного перемещения подвижных узлов сварочного оборудования являются электроконтактные датчики, устанавливаемые в определенных местах пути подвижных частей объекта и выдающие сигнал при замыкании входящих в них электрических контактов. Они находятся только в двух состояниях: разомкнутом и замкнутом.

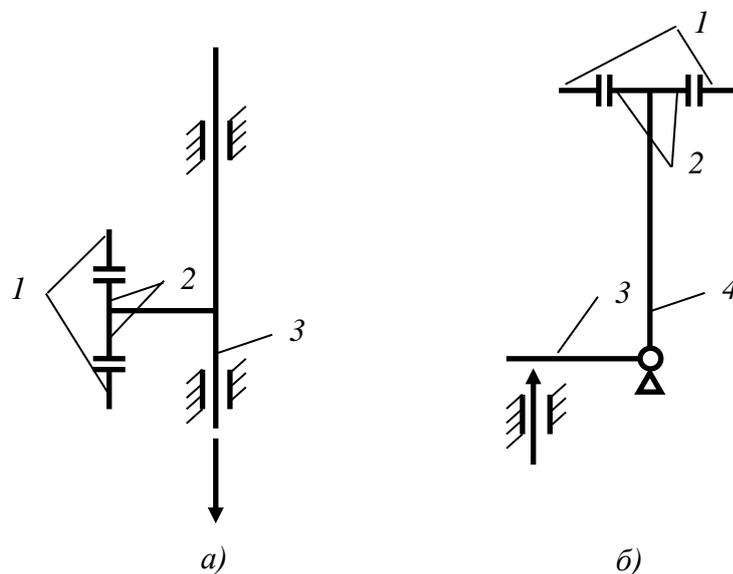
Электроконтактные датчики бывают (рис. 2):

- безрычажные (перемещение подвижных контактов равно перемещению измерительного штока);
- рычажные (перемещение подвижных контактов увеличено по отношению к перемещению измерительного штока).

---

<sup>1</sup> Некоторые графические материалы заимствованы с сайтов <http://www.devicesearch.ru/article> и <https://ru.wikipedia.org>

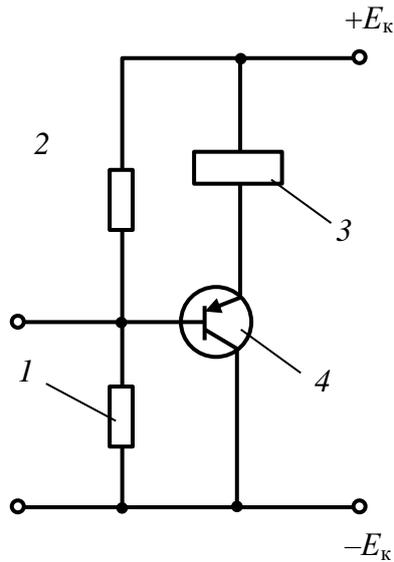
Основной недостаток электроконтактных датчиков – обгорание контактов вследствие искрения и эрозии. Для их устранения применяют схемы, позволяющие существенно уменьшить ток, протекающий через контакты, например, электронные контактные реле (рис. 3).



**Рис. 2. Схемы электроконтактных безрычажных (а) и рычажных (б) датчиков:**

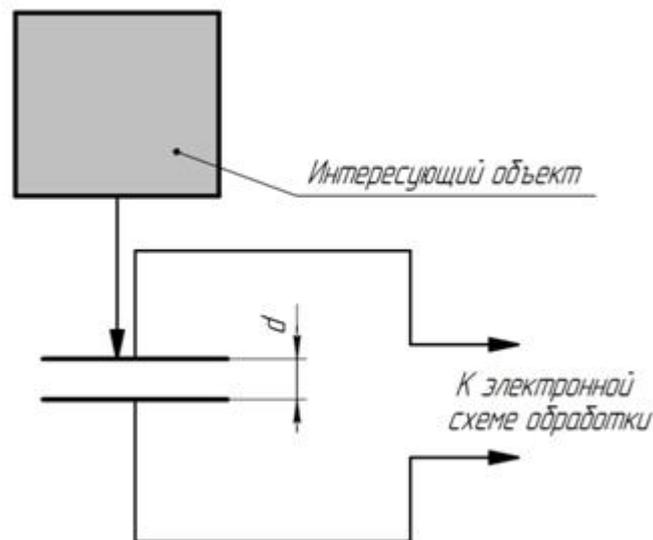
*1* – неподвижные контакты; *2* – подвижные контакты; *3* – измерительный штوك; *4* – рычаг

На эмиттер транзистора *4* через обмотку электромагнитного контактного реле *3* подводится постоянное напряжение  $+E_k$  а к его коллектору подключено постоянное напряжение  $-E_k$ . При отсутствии или малом значении напряжения на входе ток базы транзистора *4* определяется напряжением смещения, создаваемым входным делителем на основе соотношения величин сопротивлений резисторов *1* и *2*. Коллекторный ток транзистора *4* в  $p$  раз ( $p$  – коэффициент усиления транзистора *4*) больше, чем ток его базы, но при этом не превышает тока срабатывания реле *3*. При небольшом изменении входного напряжения ток базы транзистора *4* увеличится, а ток коллектора этого транзистора увеличится еще значительней, и реле *3* сработает.



**Рис. 3. Принципиальная схема электронного контактного реле:**  
 1, 2 – входные резисторы; 3 – обмотка электромагнитного контактного реле;  
 4 – транзистор

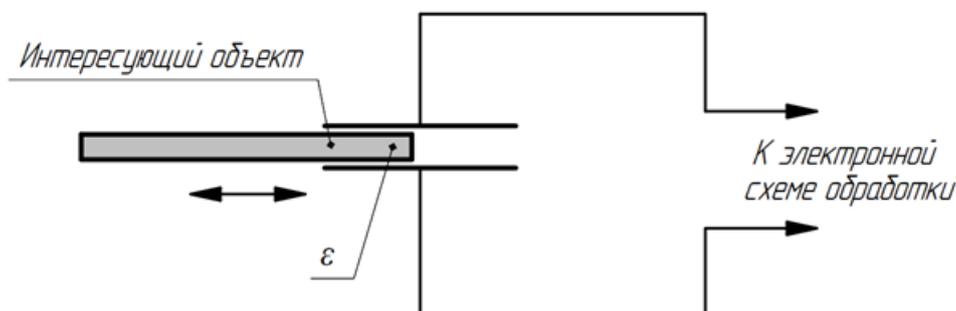
В основе работы *емкостных датчиков* лежит взаимосвязь емкости конденсатора с его геометрической конфигурацией. В простейшем случае речь идет об изменении расстояния между пластинами вследствие внешнего физического воздействия (рис. 4). Поскольку емкость конденсатора изменяется обратно пропорционально величине зазора между пластинами,



**Рис. 4. Емкостной датчик линейного перемещения с изменяющейся величиной зазора**

определение емкости при прочих известных параметрах позволяет судить о расстоянии между пластинами. Изменение емкости можно зафиксировать различными способами (например, измеряя его импеданс), однако в любом случае конденсатор необходимо включить в электрическую цепь.

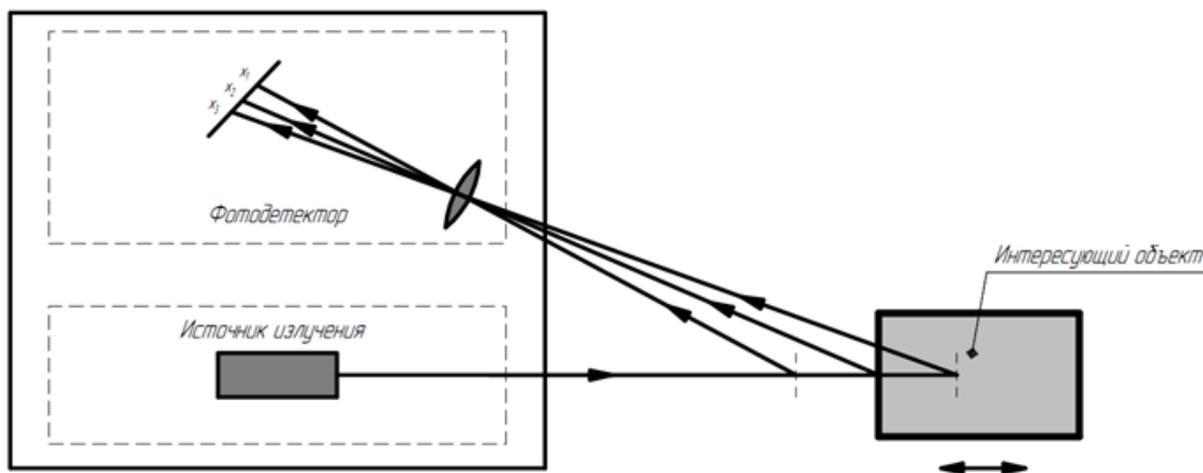
Другой схемой, где выходным параметром является электрическая емкость, является схема, содержащая конденсатор с подвижным диэлектриком (рис. 5). Перемещение диэлектрической пластины между обкладками конденсатора также приводит к изменению его емкости. Пластина может быть механически связана с интересующим объектом, и в этом случае изменение емкости свидетельствует о перемещении объекта. Кроме того, если сам объект обладает свойствами диэлектрика и имеет подходящие габариты – он может быть использован непосредственно в качестве диэлектрической среды в конденсаторе.



**Рис. 5. Емкостной датчик линейного перемещения с подвижным диэлектриком**

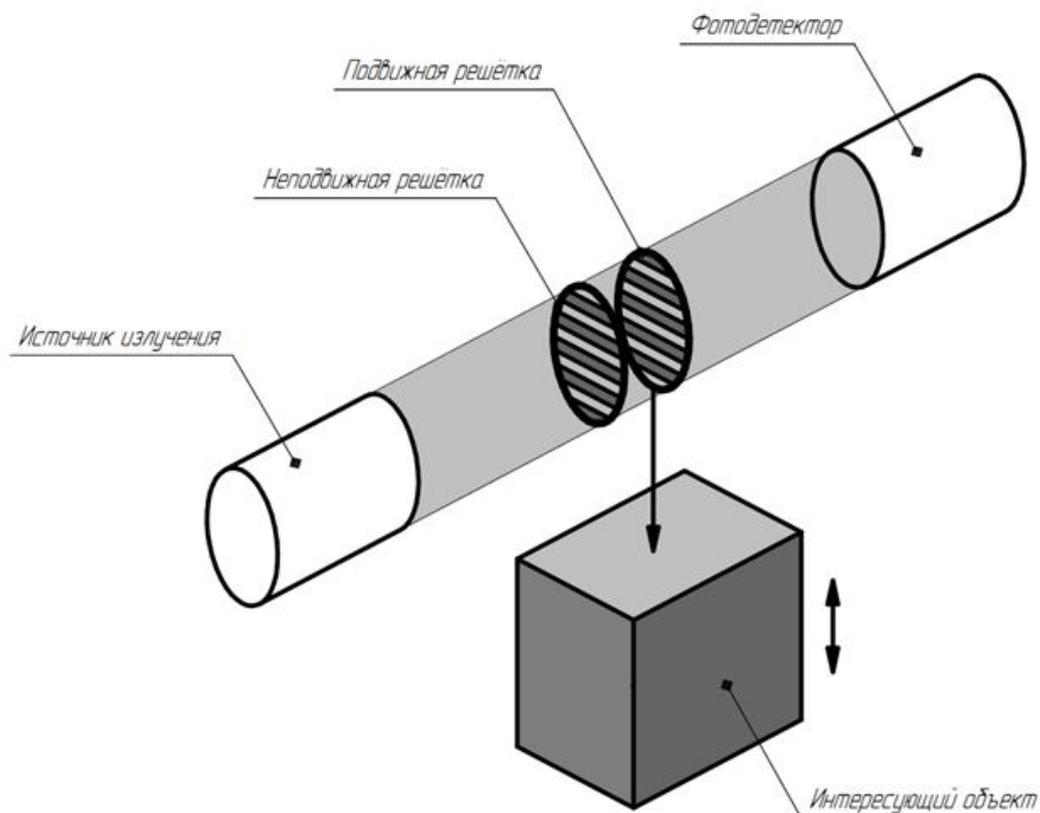
Существует множество схем *оптических датчиков перемещения*. Наиболее распространенной является схема оптической триангуляции – датчик положения является, по сути, дальномером, который определяет расстояние до интересующего объекта, фиксируя рассеянное поверхностью объекта излучение и определяя угол отражения, что дает возможность определить расстояние до объекта (рис. 6). Важным достоинством большинства оптических датчиков является возможность производить

бесконтактные измерения, кроме того такие датчики обычно довольно точны и имеют высокое быстродействие.



**Рис. 6. Оптический датчик перемещения на основе схемы оптической триангуляции**

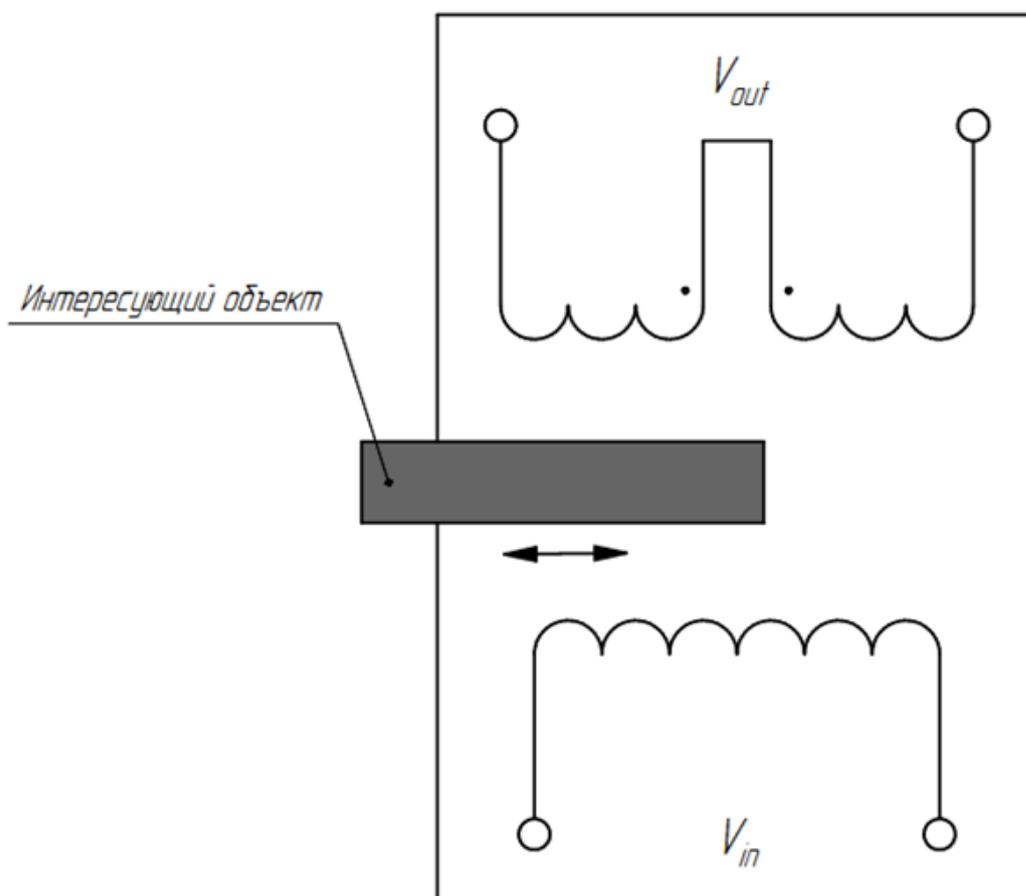
В другой схеме оптического датчика, предназначенного для регистрации и определения параметров малых перемещений и вибраций, используется двойная решетчатая конструкция, а также источник света и фотодетектор.



**Рис. 7. Оптический датчик перемещения на основе дифракционных решеток**

тодетектор (рис. 7). Одна решетка неподвижна, вторая подвижна и механически закреплена на интересующем объекте или каким-либо способом передавать датчику его движение. Малое смещение подвижной решетки приводит к изменению интенсивности света, регистрируемой фотодетектором, причем с уменьшением периода решетки точность датчика возрастает, однако сужается его динамический диапазон.

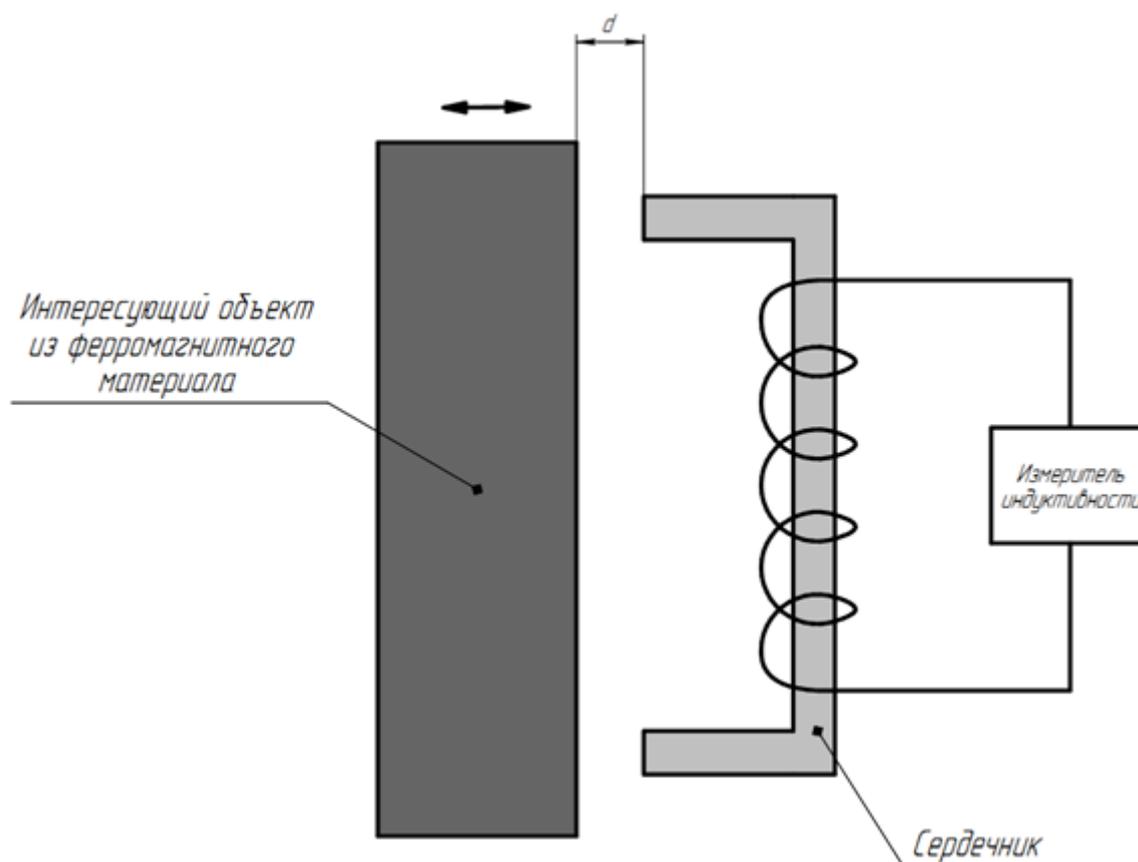
Дополнительными возможностями применения обладают оптические датчики, учитывающие поляризацию света. В таких датчиках может быть реализован алгоритм селекции объектов по отражательным свойствам поверхности, т.е. датчик может «обращать внимание» только на объекты с хорошей отражающей способностью, прочие объекты игнорируются.



**Рис. 8.** Индуктивный датчик перемещения на трансформаторе

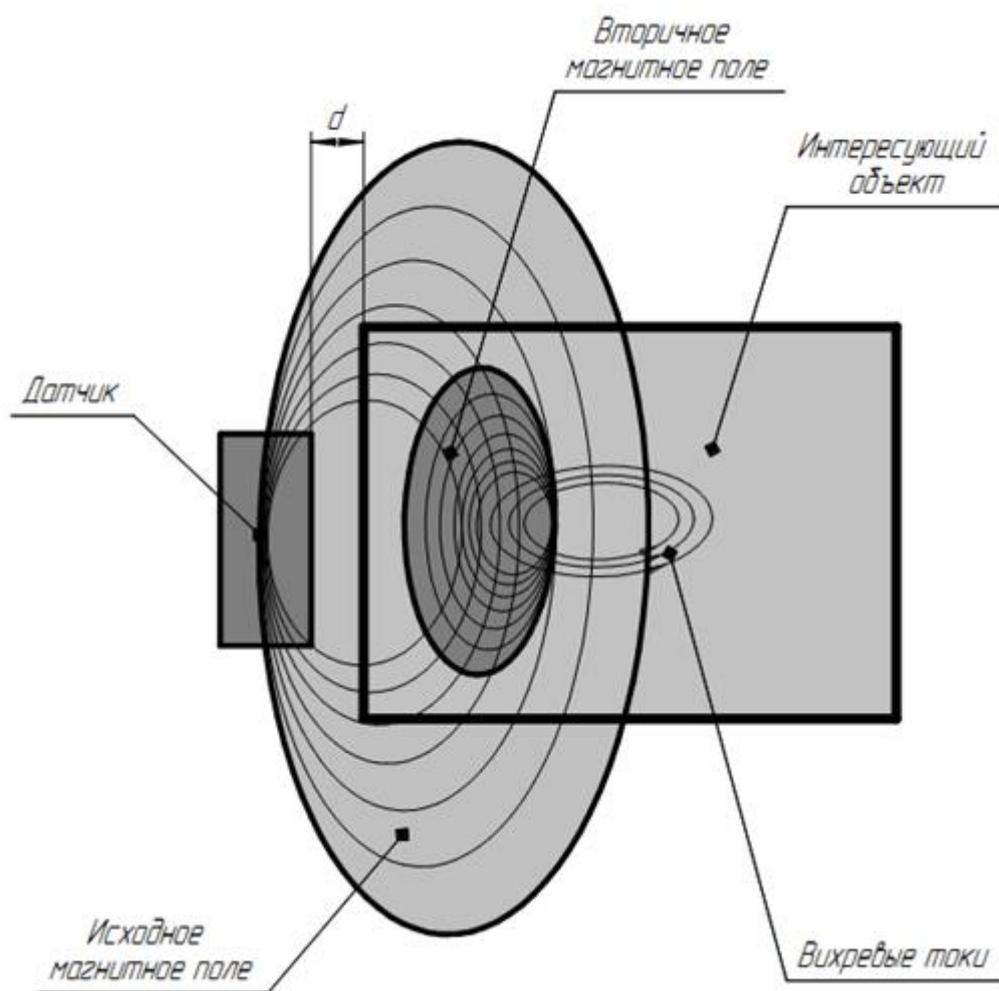
В наиболее распространенной схеме *индуктивного датчика перемещения* чувствительным элементом является трансформатор с подвижным сердечником. Перемещение внешнего объекта приводит к перемещению сердечника, что вызывает изменение полного магнитного потока (потокосцепления  $\Psi$ ) между первичной и вторичной обмотками трансформатора (рис. 8). Поскольку амплитуда сигнала во вторичной обмотке зависит от  $\Psi$ , по величине амплитуды вторичной обмотки можно судить о положении сердечника, а значит и о положении внешнего объекта.

Другая схема более проста, однако пригодна лишь для небольшого количества приложений, где требуется определять незначительные перемещения или вибрации объектов, состоящих из ферромагнитного материала. В данной схеме интересующий ферромагнитный объект играет роль магнитопровода, положение которого влияет на индуктивность измерительной катушки (рис. 9).



**Рис. 9.** Индуктивный датчик перемещения для объектов из ферромагнитных материалов

*Вихретоковые датчики перемещений* содержат генератор магнитного поля и регистратор, с помощью которого определяется величина индукции вторичных магнитных полей. Вблизи интересующего объекта генератор создает магнитное поле, которое, пронизывая материал объекта, порождает в его объеме вихревые токи (токи Фуко), которые, в свою очередь, создают вторичное магнитное поле (рис. 10). Параметры вторичного поля определяются регистратором, и на их основании вычисляется расстояние до объекта, так как чем объект ближе, тем больший магнитный поток будет пронизывать его объем, что усилит вихревые токи и индукцию вторичного магнитного поля. Подобный принцип используется и в вихретоковых дефектоскопах, однако в них на параметры вторичного магнитного



**Рис. 10. Вихретоковый датчик перемещения**

поля влияет не расстояние до объекта, а наличие в его внутренней структуре скрытых несовершенств. Метод является бесконтактным, однако может применяться только для металлических тел.

В *ультразвуковых датчиках* реализован принцип радара – фиксируются отраженные от объекта ультразвуковые волны, поэтому структурная схема представляется источником ультразвуковых волн и регистратором (рис. 11), которые обычно заключены в компактный корпус. Определение временной задержки между моментами отправки и приема ультразвукового импульса позволяет измерять расстояние до объекта с точностью до десятых долей миллиметра. Наряду с оптическими, ультразвуковые датчики на сегодняшний день являются наиболее универсальными и технологичными бесконтактными средствами измерения.

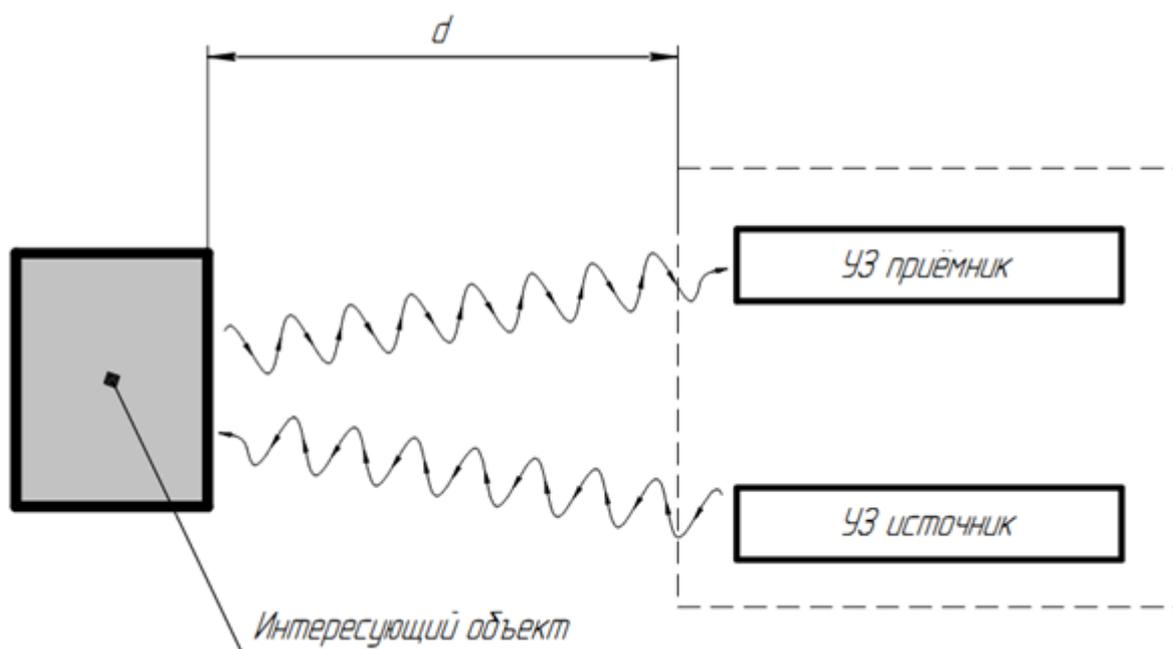
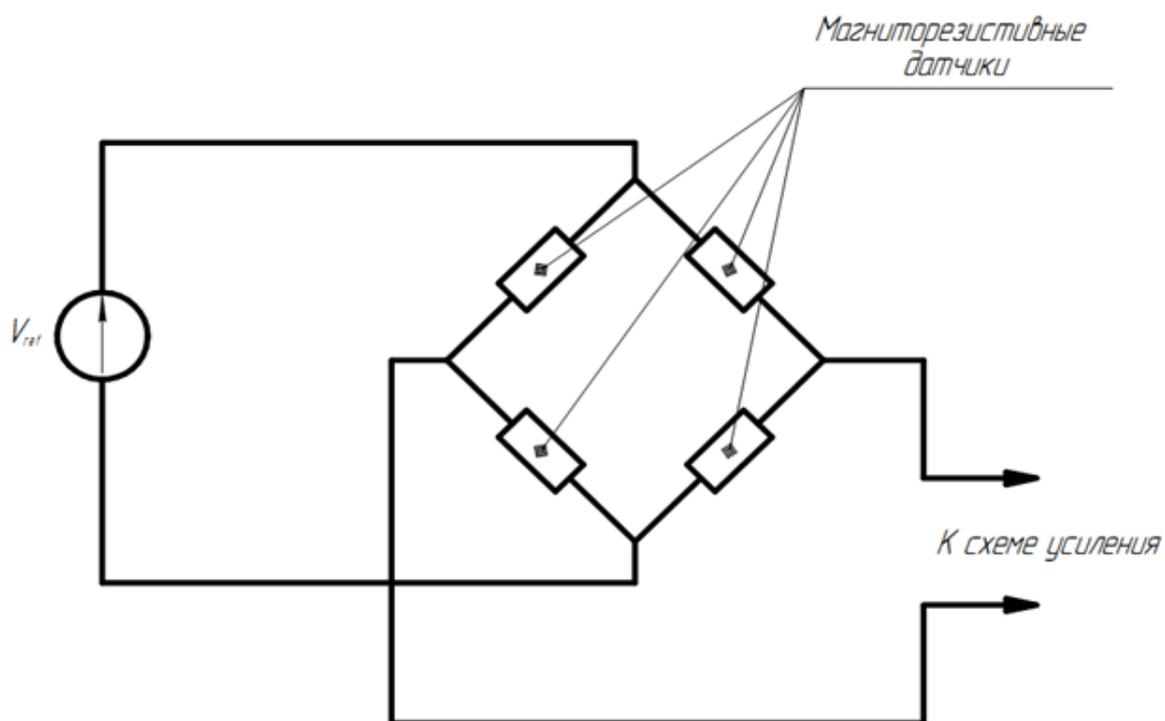


Рис. 11. Ультразвуковой датчик перемещения

В *магниторезистивных датчиках перемещения* используется зависимость электрического сопротивления магниторезистивных пластинок от направления и величины индукции внешнего магнитного поля. Датчик, как правило, состоит из постоянного магнита и электрической схемы, содержащей включенные по мостовой схеме

магниторезистивные пластинки и источник постоянного напряжения (рис. 12). Интересующий объект, состоящий из ферромагнитного материала, перемещаясь в магнитном поле, изменяет его конфигурацию, вследствие чего изменяется сопротивление пластинок, и мостовая схема регистрирует рассогласование, по величине которого можно судить о положении объекта.

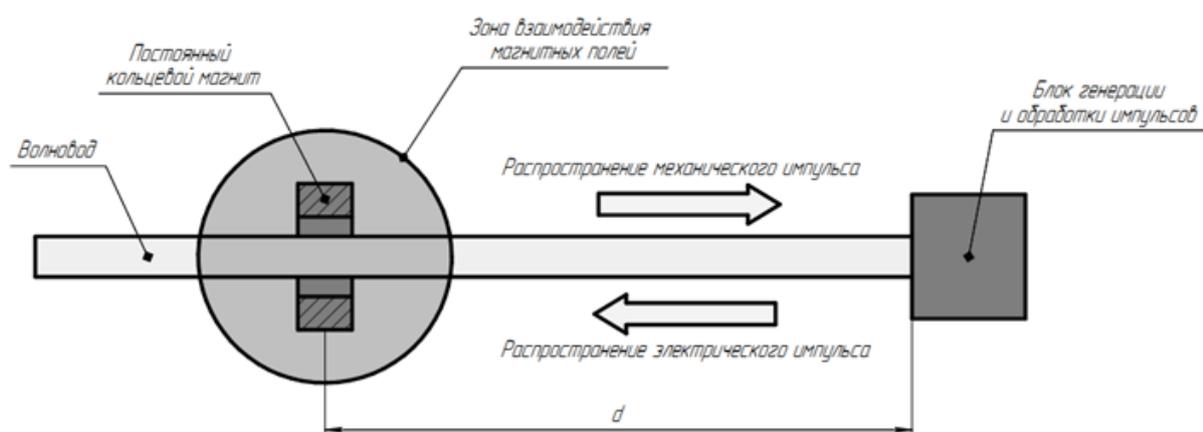


**Рис. 12. Магниторезистивный датчик перемещения**

*Датчики на основе эффекта Холла* имеют конструкцию подобную конструкции магниторезистивных датчиков, однако в основу их работы положен эффект Холла – прохождение тока через проводник, на который воздействует внешнее магнитное поле, приводит к возникновению разности потенциалов в поперечном сечении проводника.

*Магнитострикционный датчик* представляет собой протяженный канал – волновод, вдоль которого может свободно перемещаться постоянный кольцевой магнит. Внутри волновода содержится проводник, способный при подаче на него электрических импульсов создавать магнитное по-

ле вдоль всей своей длины (рис. 13). Полученное магнитное поле складывается с полем постоянного магнита, и результирующее поле создает момент вращения канала, содержащего волновод (эффект Вайдемана). Импульсы вращения распространяются по каналу в обе стороны со скоростью звука материала канала. Регистрация временной задержки между отправкой электрического импульса и приема импульса вращения позволяет определить расстояние до постоянного магнита, т.е. определить его положение. Канал может иметь довольно большую длину (до нескольких метров), а положение магнита может быть определено с точностью до нескольких микрометров. Магнитострикционные датчики обладают отличной повторяемостью, разрешением, устойчивостью к неблагоприятным условиям и низкой чувствительностью к температурным изменениям.



**Рис. 13. Магнитострикционный датчик перемещения**

*Потнциомертрический датчик перемещения* в своей основе имеет электрический контур, содержащий потенциометр (рис. 14). Линейное перемещение объекта приводит к изменению сопротивления потенциометра. Если через последний пропускать постоянный ток, то падение напряжения на нем будет пропорционально величине сопротивления, и, следовательно, величине линейного перемещения интересующего объекта.

Датчики угла поворота (ДУП) предназначены для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота. Датчики угла поворота имеют множество применений. Они широко применяются в промышленности.

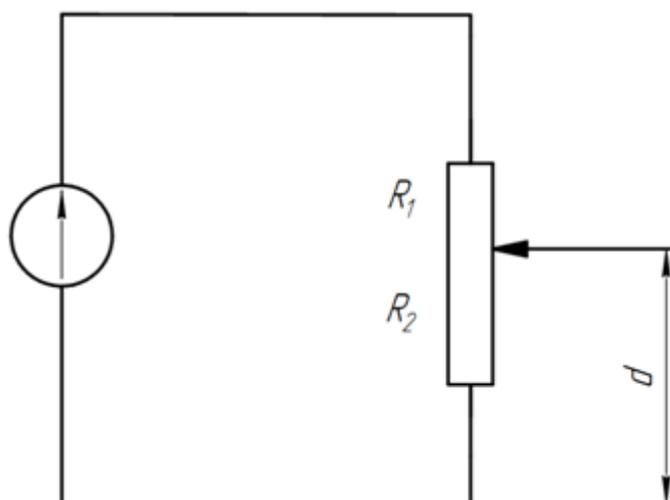


Рис. 14. Потенциометрический датчик перемещения

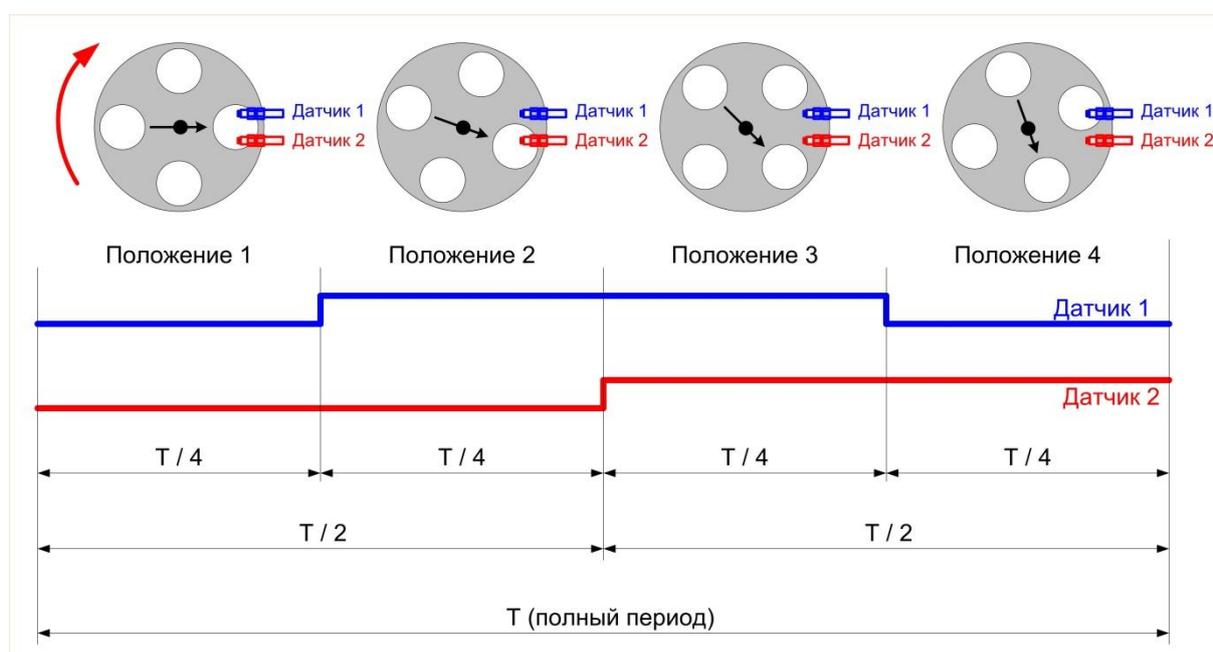
ДУПы подразделяются: по способу выдачи информации на накапливающие (инкрементные) и абсолютные (позиционные); по принципу действия на оптические, резистивные, магнитные, индуктивные, механические; по допустимому углу поворота вала на ДУПы с ограниченным диапазоном работы и ДУПы с неограниченным диапазоном работы.

Накапливающие ДУПы, на выходе формируют импульсы, по которым принимающее устройство определяет текущее положение вала путем подсчета числа импульсов счетчиком. Для определения направления вращения применяются два измерительных канала («синусный» и «косинусный»), в которых идентичные последовательности импульсов сдвинуты на  $90^\circ$  относительно друг друга (рис. 15).

Абсолютные ДУПы выдают на выходе сигналы, которые можно однозначно интерпретировать как угол поворота вала датчика угла.

Оптические ДУПы имеют жестко закрепленный на валу стеклянный диск с оптическим растром (кодированный диск). При вращении вала растр

перемещается относительно неподвижного растра, при этом модулируется световой поток, принимаемый фотодатчиком (рис. 16). Абсолютные оптические датчики угла – это датчики угла поворота, в которых каждому положению вала соответствует цифровой выходной код, который наряду с числом оборотов является основным рабочим параметром датчика. Абсолютные оптические ДУПы, так же как и накапливающие, считывают и фиксируют параметры вращения оптического диска.



**Рис. 15. Принципиальная схема накапливающего ДУПа с двумя измерительными каналами**

Магнитные ДУПы регистрируют прохождение магнитных полюсов вращающегося магнитного элемента непосредственно вблизи чувствительного элемента, преобразуя эти данные в соответствующий цифровой код или сигнал.

Механические ДУПы содержат диск из диэлектрика или стекла с нанесенными выпуклыми, проводящими или непрозрачными участками. Считывание абсолютного угла поворота диска производится линейкой переключателей или контактов. Основным недостатком механического ДУПа является дребезг контактов, который может приводить к неправильно-

му подсчету и определению направления вращения. Оптические и магнитные ДУПы лишены данного недостатка.

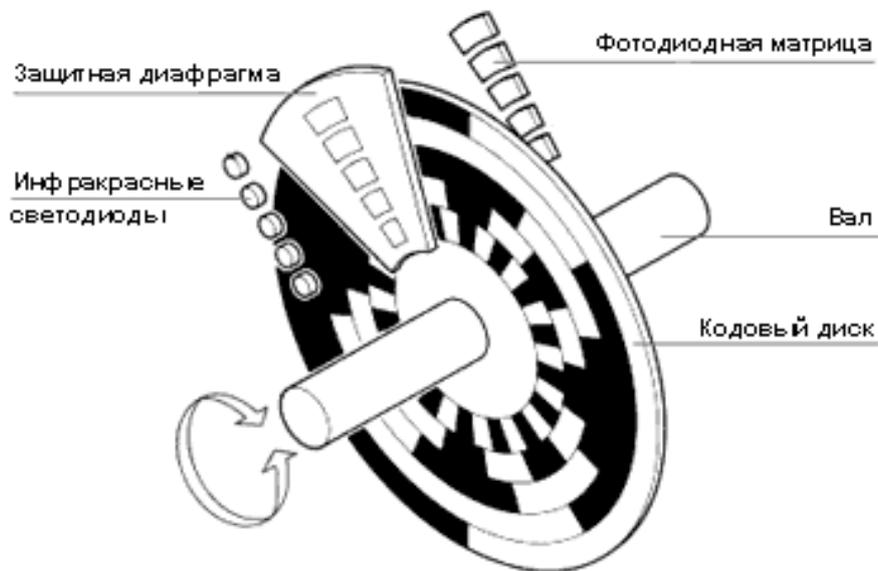


Рис. 16. Оптический ДУП

Для определения *угловых положений или перемещений* применяют также сельсины – малогабаритные электрические машины, имеющие сельсин-датчик и сельсин приемник, выполненный каждый в виде системы ротор-статор (рис. 17). Роторы питаются от сети переменного тока, поэтому в сельсине образуется магнитный поток, наводящий в обмотках статора

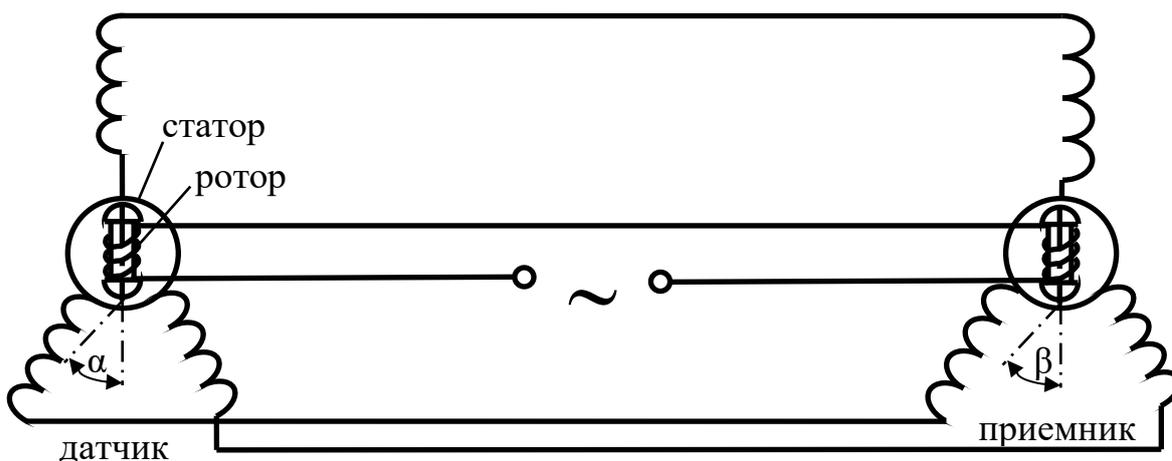


Рис. 17. Схема датчика угловых перемещений (сельсин)

ЭДС. При  $\alpha \neq \beta$  образуется момент синхронизации и стрелка приемника дает показание.

Для передачи больших моментов сельсины работают на схеме трансформаторного режима, где статор имеет одно-, а ротор – трехфазную обмотки. Трансформаторный режим более точен, его применяют в следящих системах.

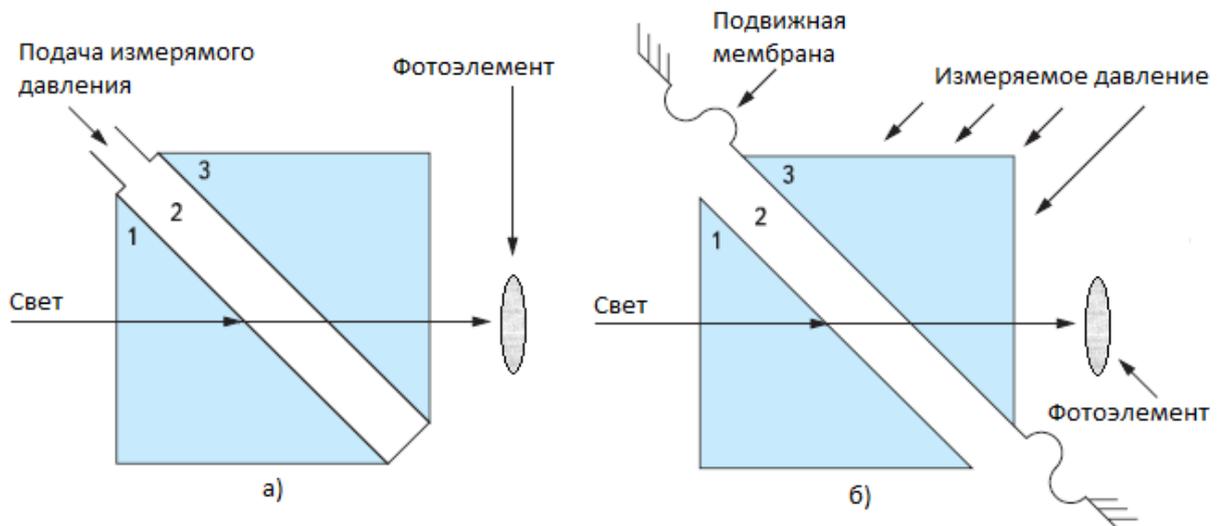
*Датчик давления* – это устройство, в котором выходные параметры зависят от давления исследуемой среды, будь то жидкость, газ или пар. В сварочном производстве строго контролируемым параметром давление защитного газа является, т.к. влияет на разрывную длину дуги

По принципу действия датчики давления могут быть:

- волоконно-оптические
- оптоэлектронные
- магнитные
- емкостные
- пьезоэлектрические
- резистивные и др.

*Волоконно-оптические* датчики давления являются наиболее точными и их работа не сильно зависит от колебания температуры. Чувствительным элементом является оптический волновод. Об измеряемой величине давления в таких приборах обычно судят по изменению амплитуды и поляризации проходящего через чувствительный элемент света.

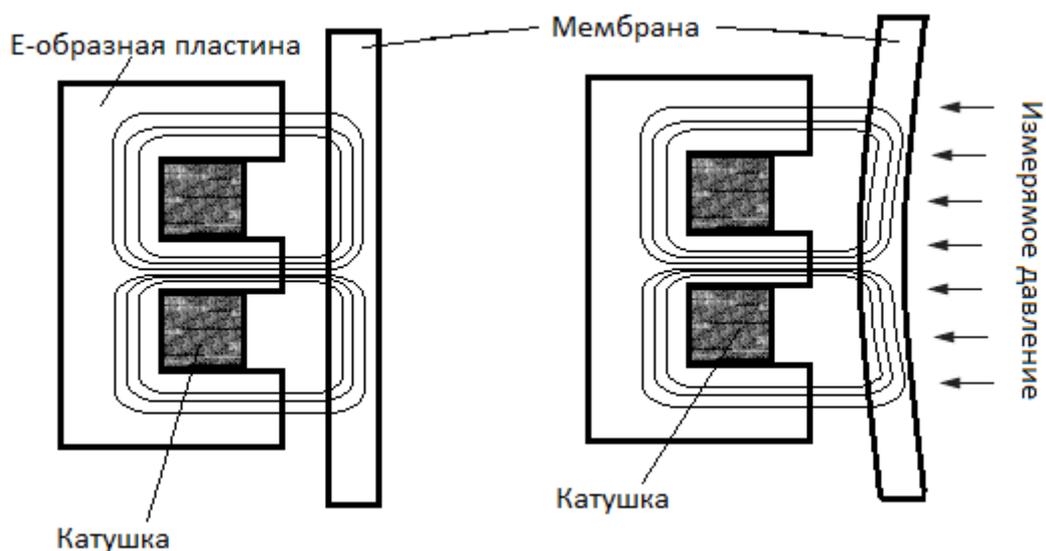
*Оптоэлектронные датчики* состоят из многослойных прозрачных структур. Через эту структуру пропускают свет. Один из прозрачных слоев может изменять свои параметры в зависимости от давления среды. Есть два параметра, которые могут изменяться: показатель преломления и толщина слоя. Измерение давления с помощью показателя преломления показано на рис. 18, а, изменения толщины слоя – на рис. 18, б.



**Рис. 18. Схема измерения давления с помощью оптоэлектронных датчиков**

При изменении этих параметров будут меняться характеристики проходящего через слои света, это изменение будет регистрироваться фотоэлементом. К достоинствам датчика этого типа можно отнести очень высокую точность.

Чувствительная часть *магнитных или индуктивных датчиков* состоит из E-образной пластины, в центре которой находится катушка, и проводящей мембраны, чувствительной к давлению (рис. 19). Мембрана



**Рис. 19. Схема измерения давления с помощью магнитных датчиков**

располагается на небольшом расстоянии от края пластины. При подключении катушки, создается магнитный поток, который проходит через пластину, воздушный зазор и мембрану. Магнитная проницаемость зазора примерно в тысячу раз меньше магнитной проницаемости пластины и мембраны. Поэтому, даже небольшое изменение величины зазора влечет за собой заметное изменение индуктивности.

*Емкостные датчики* имеют одну из наиболее простых конструкций. Они состоят из двух плоских электродов, расположенных относительно друг друга с определенным зазором. Один из этих электродов представляет собой мембрану, на которую действует измеряемое давление, вследствие чего изменяется величина зазора, т.е. изменяется электрическая емкость образованного электродами конденсатора. Емкостные датчики способны фиксировать очень маленькие изменения давления.

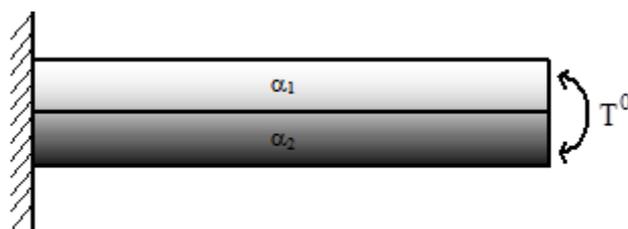
Чувствительным элементом *пьезоэлектрических датчиков* является пьезоэлемент – материал, выделяющий электрический сигнал при деформации (прямой пьезоэффект). Пьезоэлемент находится в измеряемой среде, он будет выделять ток, пропорциональный величине изменения давления. Так как электрический сигнал в пьезоматериале выделяется только при деформировании, а при постоянном давлении деформирование не происходит, то этот датчик пригоден только для измерения быстро меняющегося давления.

*Резистивные датчики* часто называют тензорезистивными. Тензорезистор – это элемент, изменяющий свое сопротивление в зависимости от деформирования. Эти тензорезисторы устанавливаются на мембрану, чувствительную к изменению давления. При давлении на мембрану она изгибается и изгибает тензорезисторы, закрепленные на ней, вследствие чего их сопротивление меняется, и меняется величина тока в цепи.

*Датчики температуры* особенно важны в сварочных процессах. Температуру измеряют с помощью чувствительных элементов, преобразующих ее в некоторую другую физическую величину.

Наиболее просты *электроконтактные термометры* с ртутными чувствительными элементами. В них изменение объема ртути при повышении температуры приводит к закорачиванию двух контактов, впаянных в капиллярную трубку на определенном уровне. Диапазон работы таких датчиков от 0 до 300 °С

*Биметаллические термометры* (рис. 20) основаны на использовании эффекта различной степени расширения разных металлов при изменении температуры. При этом происходит изгиб конструкции и замыкание контактов. Диапазон работы таких датчиков от –60 до 255 °С

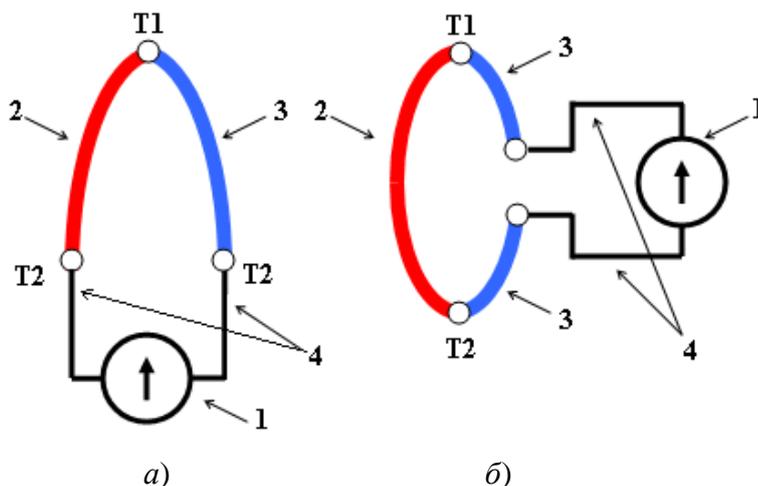


**Рис. 20.** Схема работы биметаллического термометра

*Термометры сопротивления* (термисторы) работают до 1250 °С. Термисторы бывают проволочными и полупроводниковыми (последние более точны и малогабаритны, но работоспособны только до 180°С). Основаны на изменении сопротивления датчика при изменении температуры. Проволочные термисторы представляют собой фарфоровый стержень с намотанной на нем проволокой (медной, золотой, вольфрамо-золотой), защищенной металлическим кожухом. Полупроводниковые имеют в кожухе полупроводниковую пару.

Термопары являются наиболее распространенным датчиком температуры при сварке, действие которых основано на возникновении в спае разнородных проводников ТЭДС.

Существует два стандартных общепринятых типа подключения термопары к измерительным и преобразовательным приборам. Устройства подключаются либо к свободным концам термоэлектродов (рис. 21, а), либо в разрыв одной из дуг датчика (рис. 21, б).



**Рис. 21. Схемы подключения термопар в измерительную цепь:**  
 1 – измерительный прибор; 2, 3 – термоэлектроды; 4 – соединительные провода;  $T_1$  и  $T_2$  – температура соответственно горячего и холодного спаев термопары

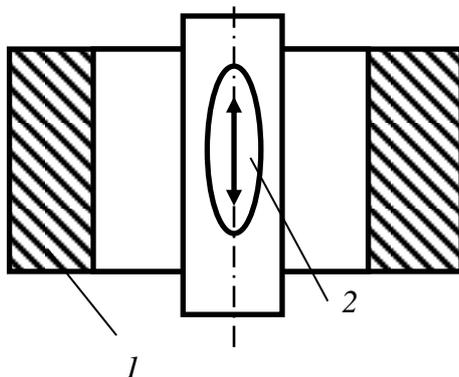
Наибольшее распространение получили термопары, различающиеся диапазоном измеряемых температур:

- хромель-алюмелевые (ХА) (от  $-270$  до  $+1372$  °С)
- хромель-копелевые (ХК) ( $-200$  до  $+800$  °С)
- железо-константановые (ЖК) (от  $-210$  до  $+1200$ °С)
- платино-родиево-платиновые (ПП) (от  $-50$  до  $+1700$ °С)

Для контроля температуры без прямого контакта с объектом применяют *радиационные и фотоэлектрические пирометры*, состоящие из оптической системы и приемника излучения. Температуру определяют по интенсивности и спектральному составу их теплового излучения.

*Датчики расхода материалов* контролируют либо скорость их подачи, либо уровень заполнения ими некоторой емкости. Например, расход аргона легко контролировать индуктивным датчиком (рис. 22). Здесь на

ротаметр одевается катушка индуктивности, а перемещение поплавка будет изменять индуктивное сопротивление датчика.



**Рис. 22. Схема контроля расхода защитного газа индуктивным датчиком:**  
 1 – катушка индуктивности; 2 – поплавок

- Механические уровнемеры основаны на:
- действии выталкивающей силы (поплавковые);
- принципе сообщающихся сосудов (гидростатические);
- свойстве среды оказывать давление на стенки сосуда (пьезометрические).

*Датчики электрических параметров.* При измерении тока и напряжения необходимо, чтобы:

- включение измерительного прибора не влияло на работу контролируемой цепи ( $R_{\text{амперметра}} \ll R_{\text{цепи}}$ ,  $R_{\text{вольтметра}} \gg R_{\text{цепи}}$ );
- было правильно выбрано место включения прибора.

Для исключения влияния приборов на цепь и расширения пределов измерения в  $n$  раз применяют шунты и добавочные сопротивления:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_{\text{амперметра}}}{n-1}; R_{\text{доб}} = R_{\text{вольтметра}} \cdot (n-1)$$

Величину переменного тока можно определить с помощью пояса Роговского, представляющего собой тонкую гибкую ленту из изолирующего материала, на который намотана тонкая проволока. Снимаемое напряжение пропорционально силе протекающего тока.

Динамические параметры сварки исследуются с помощью осциллографов, скоростных кинокамер и др. электронной аппаратуры.

#### **4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

4.1. До выполнения лабораторной работы самостоятельно изучить ее теоретическую часть.

4.2. Ознакомиться с датчиками физических величин, представленными на стенде. Систематизировать все датчики на параметрические и генераторные, свести их в отдельные таблицы. Указать тип входной и выходной физических величин датчика.

#### **5. ПЛАН ОТЧЕТА**

5.1. В отчет включаются таблицы с наименованиями параметрических и генераторных датчиков и типами их входных и выходных физических величин.

5.2. Отчет по лабораторной работе должен оканчиваться выводами.

#### **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Привести классификацию датчиков.
2. Назвать основные характеристики датчиков.
3. Знать и уметь объяснить устройство, назначение и принцип работы основных типов датчиков, применяемых в сварочном производстве

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2**

### **МНОГОПОЗИЦИОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучение принципа действия, схемы и эксплуатационных характеристик элементарного электронного реле времени и серийных многопозиционных регуляторов времени типа РВЭ и РЦС, применяемых для автоматизации сварочных процессов.

#### **2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с целью работы, содержанием и теоретической частью.

2.2. Изучить принципиальные схемы регуляторов времени РВЭ-7 и РЦС-503.

2.3. Исследовать работу многопозиционного регулятора времени РВЭ-7. Полученные данные свести в таблицы, построить соответствующие графики.

#### **3. ТЕОРЕТИЧЕСКИ ЧАСТЬ**

##### **3.1. Принципы программного управления контактной сварки**

В аппаратуре управления для контактной сварки широко используются различные регуляторы времени. Они служат для задания выдержки времени сварочного цикла и отдельных операций, а также для включения и

выключения различных устройств управления. Программное управление в контактной сварке обеспечивает заданный цикл без участия человека.

Примером машин с программным управлением процессом сварки могут служить серийные точечные машины с пневматическим приводом, снабженные четырехпозиционными электронными регуляторами времени типа РВЭ и РЦС. В этих машинах при нажатии педальной кнопки автоматически по заданному циклу совершается определенная последовательность операций: сжатие, сварка, проковка, пауза (рис. 1).

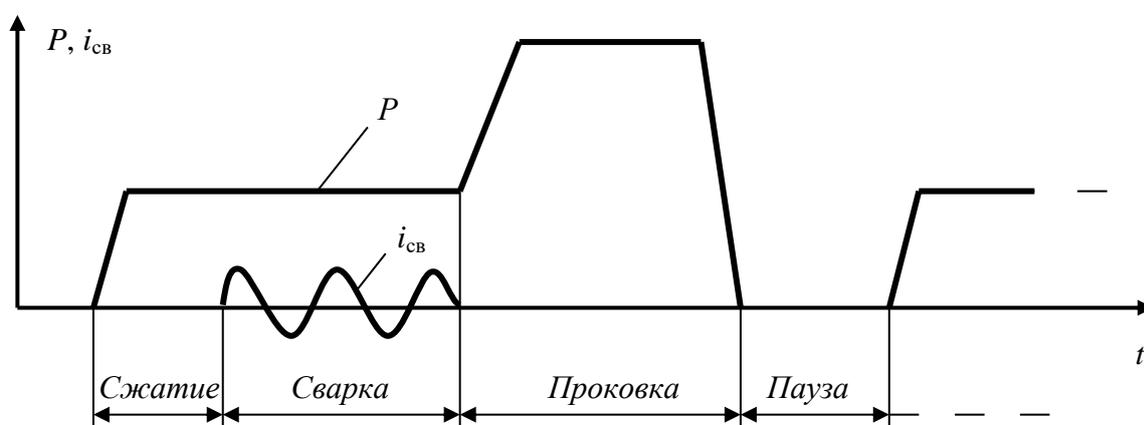


Рис. 1. Циклограмма процесса контактной точечной сварки

### 3.2. Элементарное электронное реле времени

В основе действия электронного реле времени лежит строго закономерное падение напряжения конденсатора во времени при его разрядке на сопротивление (рис. 2).

При разомкнутом ключе  $SA$  сеточный ток лампы  $V$  в два-три полупериода заряжает  $C1$  до почти амплитудного напряжения  $U_{C10} = U_{1-2}$  (маршрут зарядного тока:  $1-a-R2-C1$ –сетка  $V-R3$ ). При замыкании  $SA$  на лампу  $V$  подается полное напряжение  $U_{1-2}$ . Но она станет пропускать ток лишь по истечении времени  $t_{ср}$  (рис. 3), требуемого для разрядки конденсатора  $C1$

на  $R1$  и снижения отрицательного потенциала на сетке до некоторого критического, значения  $U_{C1кр}$ .

Анодный ток (однополупериодный выпрямленный лампой) возбуждает реле КСС, которое приводит в действие свои исполнительные контакты. Конденсатор  $C2$  сглаживает пульсацию напряжения и устраняет дребезжание исполнительных контактов реле.

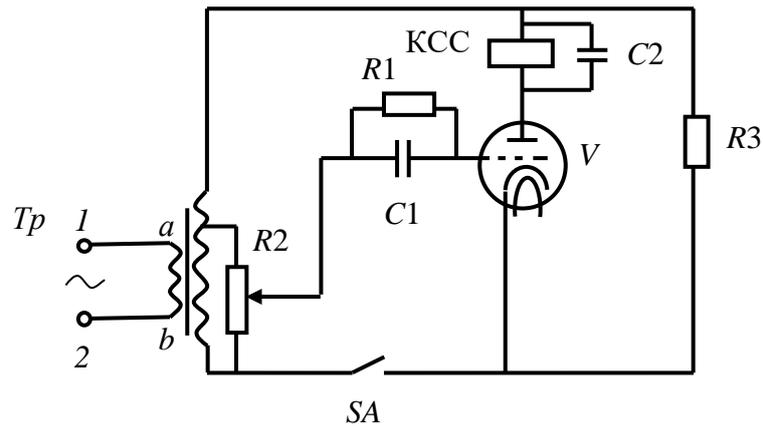


Рис. 2. Схема элементарного электронного реле времени

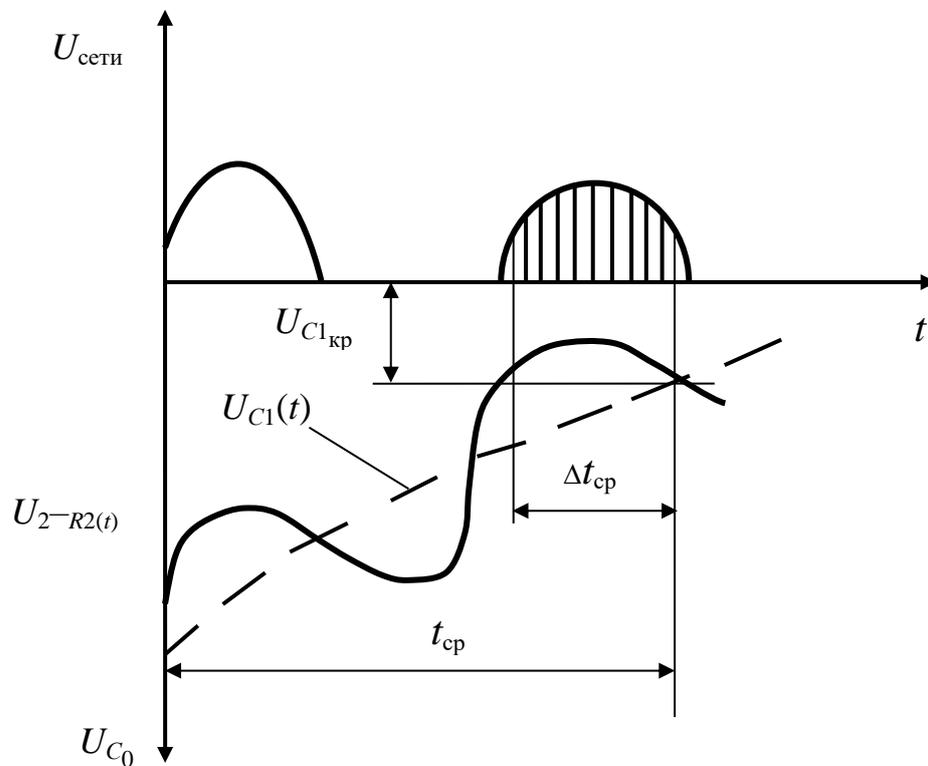


Рис. 3. Зависимость времени открывания лампы от суммарного напряжения на сетке

Снижение напряжения во времени описывается экспонентой

$$U_{C1}(t) = U_{C1_0} \cdot e^{-\frac{t}{R1C1}} \quad (1)$$

Отсюда время срабатывания  $t_{cp}$ , требуемое для снижения потенциала на сетке с начального  $U_{C1_0}$  до конечного  $U_{C1_{кр}}$ ,

$$t_{cp} = R1C1 \ln \frac{U_{C1_0}}{U_{C1_{кр}}} \quad (2)$$

Регулировка времени  $t_{cp}$  может осуществляться как путем изменения  $U_{C1_0}$  с помощью потенциометра  $R2$ , так и изменением  $R1$  и  $C1$ . После замыкания  $SA$  на сетке  $V$  кроме снижающегося потенциала от  $C1$  появляется переменное напряжение  $U_{2-R2}$ , совпадающее по фазе с анодным напряжением  $U_{1-2}$ . Поэтому более строго, момент возбуждения  $V$  и КСС определяется точкой встречи с уровнем  $U_{C1_{кр}}$  не кривой  $U_{C1}(t)$ , а ее суммой с кривой переменного  $U_{2-R2}(t)$ .

## 4. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Лабораторный стенд включает многопозиционные регуляторы времени. РВЭ-7-IA-2 и РЦС-503, электронные секундомеры (4 шт.), электропневмоклапан (ЭПК), тиристорный контактор, электронный осциллограф и предназначен для исследования эксплуатационных характеристик регуляторов времени.

### 4.1. Регулятор РВЭ-7-IA-2

При подаче напряжения конденсатор  $C11$  регулятора (рис. 4) заряжается через сопротивление  $R11$ , сеточную цепь левой половины лампы  $V1$  и

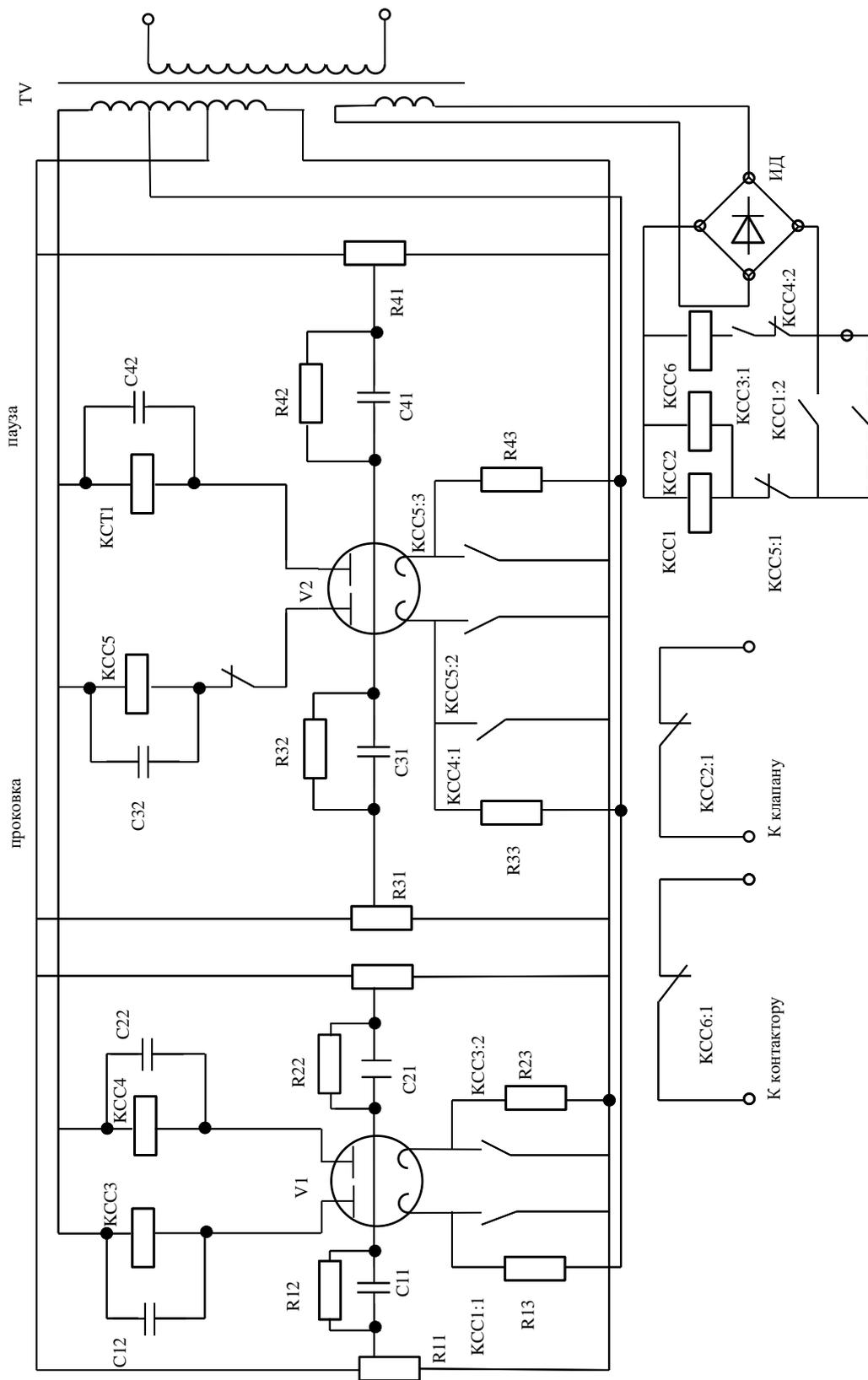


Рис. 4. Принципиальная схема регулятора РВЭ-7-1А-2

сопротивление  $R13$  так, что к сетке лампы прикладывается отрицательный потенциал, конденсаторы  $C21$ ,  $C31$  и  $C41$  заряжаются аналогично.

При нажатии на педаль  $SA$  срабатывает реле  $KCC1$  и  $KCC2$ , обеспечивая замыкание анодной цепи левой половины лампы  $V1$  а включение электропневматического клапана давления, обеспечивающего сжатие электродов контактной машины.

Конденсатор  $C11$  разряжается на сопротивление  $R12$ , потенциал сетки повышается, и через некоторое время срабатывает реле  $KCC3$ . Выдержка времени первой операции «Сжатие» задается потенциометром  $R11$ , который определяет напряжение заряда конденсатора  $C11$ .

После срабатывания реле  $KCC3$  включается реле  $KCC6$ , которое включает тиристорный контактор. Выдержка времени операции «Сварка» определяется временем разряда конденсатора  $C21$  и задается потенциометром  $R21$ . После окончания выдержки времени операции «Сварка» реле  $KCC4$  срабатывает и выключает реле  $KCC6$ .

Затем аналогично отработывается время операций «Проковка» и «Пауза». После окончания времени операции «Проковка» отключается катушка пневмоклапана и снимается усилие с электродов машины. Электрические цепи выдержек времени первых двух операций возвращаются в исходное положение. После окончания времени «Пауза» срабатывает реле  $KCT1$  и, если педаль отпущена, цикл: работы схемы заканчивается. При нажатой педали цикл автоматически повторяется.

## 4.2. Регулятор РЦС – 503

Данный регулятор является наиболее перспективным и построен на 4 элементах типа «Логика-Т» (Т-303). Элемент Т-303 обеспечивает появление выходного сигнала  $U_y$  с задержкой  $\Delta t$  после подачи  $U_x$ . Сигнал на выходе исчезает одновременно с исчезновением  $U_x$ . Выдержку времени элемента регулируют с помощью переменного резистора  $R$  и конденсатора  $C$ , входящих в элемент. В схеме использованы также триггеры Т – спусковые

транзисторные устройства, способные находиться в одном из двух устойчивых состояний, обеспечиваемых обратными связями. Изменение его состояния вызывается внешними воздействиями. Схемы совпадения «И» представляют собой логический элемент, на выходе которого появляется сигнал, когда есть сигналы на всех входах одновременно.

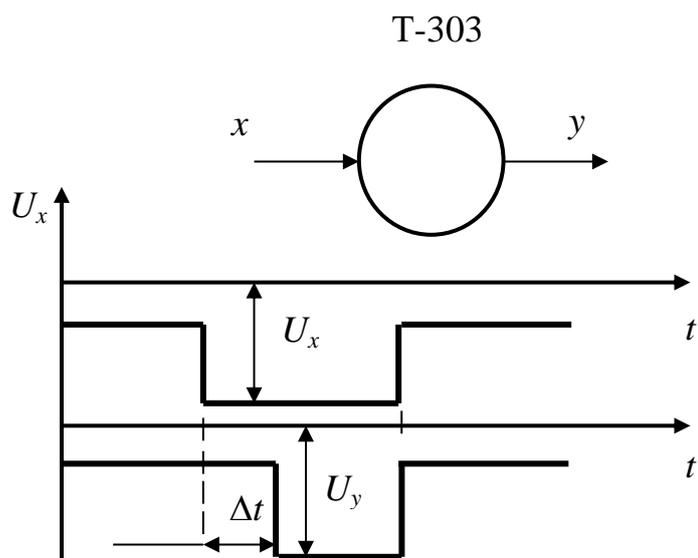
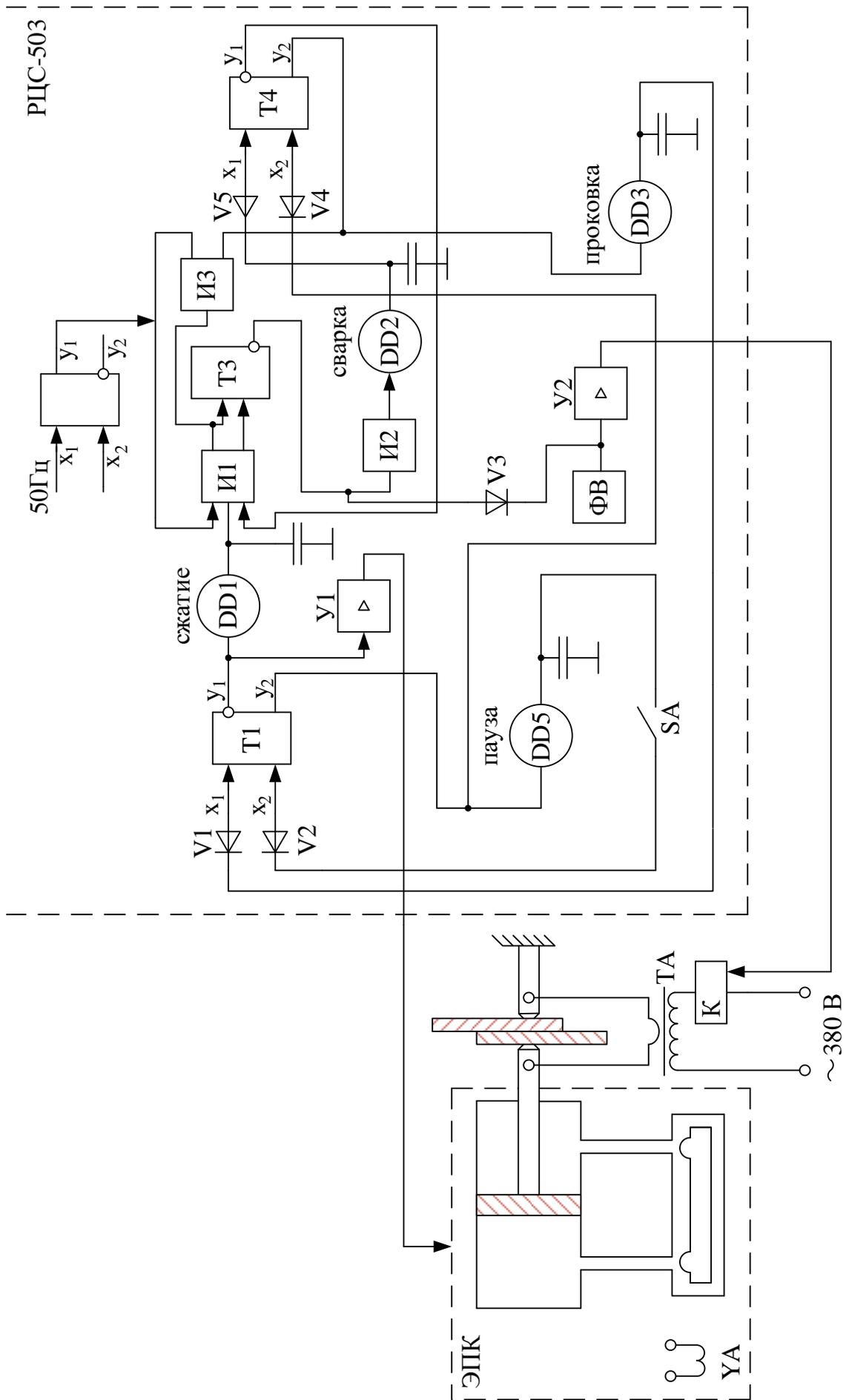


Рис. 5. Характеристика работы элемента Т-303

Рассмотрим работу регулятора РЦС-503 (рис. 6). После включения его в сеть все триггеры  $T$  займут исходное положение. При этом на вход усилителя  $У1$  напряжение не поступает, и электроды машины находятся в исходном положении. Импульсы с фазовращателя  $ФВ$ , который обеспечивает регулирование действующего значения  $i_{св}$  через  $V3$ ,  $T3$  шунтируются на общий провод и на усилитель  $У2$  не поступают, т.е. на выходе  $У2$  нет импульсов включения тиристоров контактора  $K$ . На входе  $DD4$  имеется напряжение с выхода  $y_2$   $T1$ , которое по окончании операции «Пауза» появляется и на выходе  $DD4$  но дальше не идет, так как педаль  $SA$  разомкнута. На входах элементов  $DD1$ ,  $DD2$  и  $DD3$  напряжение отсутствует. Это исходное положение регулятора.

Принципиальная схема многопозиционного регулятора РСЦ-503



При замыкании педали  $SA$  напряжение с  $DD4$  поступает через диод  $V2$  на вход  $x_2$   $T1$  и открывает триггер. При этом пропадает напряжение на  $DD4$  и появляется напряжение на входах  $У1$  и  $DD1$ . Электрод опускается. Через установленный промежуток времени на выходе  $DD1$  появляется напряжение, которое поступает на  $И1$ . С элемента совпадения  $И1$  напряжение с частотой 50 Гц поступает на вход  $x_2$   $T3$ , который срабатывает, и напряжение с его выхода  $y_2$  поступает через  $И2$  на  $DD2$ .

Одновременно напряжение  $T3$  закрывает  $V3$ , и на вход усилителя  $У2$ , с фазовращателя  $ФВ$  начинают поступать импульсы, которые, пройдя через  $У2$ , открывают тиристоры контакта  $K$ . По окончании операции «Сварка» на выходе появляется напряжение, которое через  $V5$  поступает на  $x_4$   $T4$ .

$T4$  переходит в другое устойчивое положение, и с его выхода  $y_2$  напряжение поступает на  $И3$  и  $DD3$ . Выходное напряжение  $И3$  перебрасывает  $T3$  в исходное положение, и  $V3$  снова открывается, обрывая  $i_{св}$ . По окончании проковки на выходе  $DD3$  появляется напряжение, которое через  $V1$  переводит  $T1$  в исходное состояние. Это приводит к снятию напряжения с  $У1$  и входа  $DD1$ . ЭПК выключается, электроды поднимаются. На входы  $DD4$  и  $T4$  подается напряжение с  $y_2$   $T1$ . Элемент  $DD4$  отрабатывает паузу. По окончании паузы напряжение с  $DD4$  через  $V2$  поступает на  $T1$ . При этом если педаль  $SA$  замкнута, цикл сварки повторяется.

## 5. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

- 1) Лабораторный стенд
- 2) Регулятор времени РВЭ-7-1А2
- 3) Регулятор времени РЦС-503
- 4) Электронный осциллограф

- 5) Электронные секундомеры – 4 шт.
- 6) Электропневмоклапан
- 7) Тиристорный контактор

## **6. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ**

- 1) До выполнения лабораторной работы самостоятельно изучить ее теоретическую часть.
- 2) Подготовить стенд к проведению лабораторной работы, проверив исходные положения его переключателей и тумблеров;
  - выключатель «Пульт включен» должен находиться в правом положении;
  - переключатель «Серия точек – одна точка» – в любом положении;
  - переключатель «Моторы секундомеров включены» – в левом положении;
  - кнопки и рукоятки нулевой установки секундомеров – в положении секундомеров «О»;
  - разъемы регуляторов РВЭ и РЦС – отключены от разъемов стенда;
  - рукоятки потенциометров регуляторов – в крайнем левом положении;
- 3) Включить рубильник на щите управления.
- 4) Подключить стенд к розетке 220 В.
- 5) Соединить разъем регулятора РВЭ-7-1А2 с разъемом стенда.
- 6) Включить стенд. Для этого тумблер «Пульт включен» перевести в левое положение, (должны загореться табло: «Пульт включен», «Подключен РВЭ-7-1А2» и «Серия точек – одна точка»).

7) Включить моторы секундомеров, для чего тумблер «Моторы включены» перевести в правое положение (должно загореться табло «Моторы включены» и слышен звук работающих моторов).

8) После загорания табло «Пульт готов к измерениям» можно приступить к выполнению экспериментальной части работы.

9) Исследовать эксплуатационные характеристики многопозиционного регулятора времени РВЭ-7-1А2:

- перевести тумблер диапазонов РВЭ в положение I;
- перевести рукоятки потенциометров регулятора РВЭ в положение I;
- поставить переключатель режима на стенде в положение «Серия точек»;
- взять в руки выносной пульт управления регулятора РВЭ (на пульте имеются 2 кнопки: большая – «Пуск», малая – «Стоп»);
- нажать кнопку «Пуск» на 1 с (должно загореться табло отсчета «Пуск»). Регулятор РВЭ отрабатывает цикл сварки. Время каждой операции фиксируется четырьмя секундомерами на стенде. (Внимание! Если кнопка «Пуск» будет нажатой 1 с, а тумблер режима находится в положении «Серия точек», то регулятор отработает только один цикл сварки. Если кнопка «Пуск» будет нажатой более длительное время, то регулятор отработает режим серии точек. Если переключатель находится в положении «Одна точка», то РВЭ отработает только один цикл, причем секундомер «Пауза» показаний не имеет). В период работы секундомера «Время сварки» загорается лампа в контакторе, сигнализирующая, что контактор сварочной машины включен и на электроды подается сварочный ток;
- снять показания секундомеров и свести их в таблицу;

- произвести замеры длительностей отдельных операций при различных положениях потенциометра регулятора.

8) Определить абсолютную и относительную погрешность регулятора по операциям и по суммарной длительности всех циклов. Построить зависимости;  $t_{cp}=f(\text{положения регулятора})$ ,  $S=f(t_{cp})$ ,  $\varepsilon\%=f(t_{cp})$ .

Зависимость времени срабатывания секундомера от положения переключателей операций

Положение переключателей регулятора	Номер измерения	Время выполнения отдельных операций многопозиционных регуляторов, $t_{cp}$ , с							
		Сжатие		Сварка		Проковка		Пауза	
		Опыт	Ср.	Опыт	Ср.	Опыт	Ср.	Опыт	Ср.

11) После завершения опытов на регуляторе РВЭ отключить моторы секундомеров, выключатель стенда; отсоединить разъем РВЭ от разъема стенда.

12) Исследовать эксплуатационные характеристики регулятора РЦС-503 для чего:

- подключить разъем РЦС к соответствующему разъему стенда; подключить осциллограф к сети 220В, предварительно установив переключатель его диапазонов в положение «2»;
- подсоединить осциллограф к выходу регулятора РЦС
- включить стенд (должны загореться; табло «Пульт включен», «Подключен РЦС» и сигнальная лампа на РЦС «Сеть»);
- включить моторы секундомеров;
- поставить секундомеры на нуль;
- установить все переключатели диапазонов РЦС в положение 2; переключатель режима установить в положение «Серия», вы-

ключатель «Нагрев» на РЦС привести в положение «Включено»

- переключатель длительности циклов в положение 3;
- взять выносной пульт управления РЦС нажать его кнопку на 3-5 с;
- на экране осциллографа получить изображение импульса на открытие тиристорov контактора;
- зарисовать подученный импульс.

13) Выключить стенд, для чего выключить моторы секундомеров, выключить стенд.

14) Отсоединить разъем РЦС.

15) Отсоединить осциллограф и стенд от сети 220 В.

16) Привести показания секундомеров в нулевое положение.

## **7. ПЛАН ОТЧЕТА**

7.1. В отчет включаются принципиальные схемы регуляторов времени, результаты выполненных исследований представляются в виде таблиц и графиков.

7.2. Отчет по лабораторной работе должен оканчиваться выводами.

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ**

- 1) Что такое цикл контактной точечной электросварки?
- 2) Назначение многопозиционных регуляторов времени.
- 3) Описать работу в устройстве элементарного электронного реле времени.
- 4) Как регулируется длительность выдержки в элементарном реле времени.
- 5) Охарактеризовать работу многопозиционных регуляторов времени типа РВЭ и РЦС.

- 6) Описать принцип работы логического элемента Т-303.
- 7) Как функционально связаны регулятор времени, электропневмоклапан и контактор?
- 8) Назначение электропневмоклапана и контактора в контактной машине.
- 9) Для каких целей используются регуляторы времени в сварочных технологиях?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3**

### **ИЗУЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦИКЛОМ РАБОТЫ ПОЛУАВТОМАТА ПДГ-508УЗ ДЛЯ СВАРКИ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучение эксплуатационных характеристик, электрической схемы и автоматической системы управления циклом работы полуавтомата ПДГ-508УЗ для сварки в защитном газе.

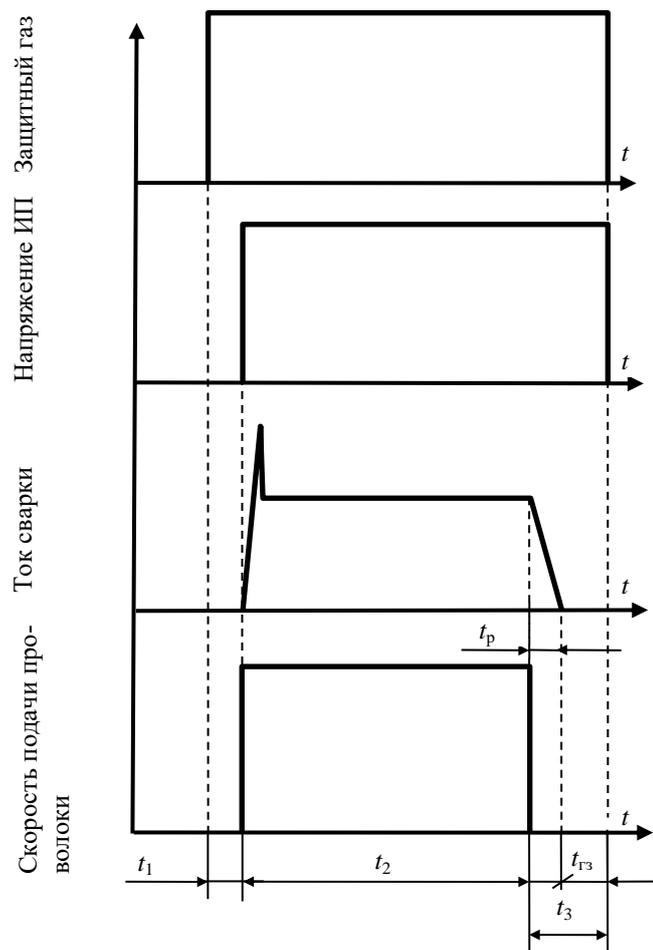
#### **2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

1. Изучить принцип работы, электрическую схему сварочного полуавтомата ПДГ-508УЗ.
2. Ознакомиться с назначением, расположением приборов и общим устройством учебного стенда к лабораторной работе.
3. Исследовать работу системы автоматического управления циклом работы полуавтомата ПДГ-508УЗ для сварки в защитном газе.
4. Построить циклограммы полуавтоматической сварки в защитных газах для различных положений регулятора потенциометра.
5. Построить графические зависимости времени продувки газового тракта и растяжения дуги от положения регулятора потенциометра
6. Сделать выводы по результатам проделанной работы

### 3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Программное управление сварочным циклом при сварке в защитном газе

Полуавтоматическим называется способ сварки с механизированной подачей электродной проволоки в зону плавления и ручным перемещением сварочной дуги вдоль линии сварного соединения. Циклограмма работы сварочного полуавтомата для данного типа сварки приведена на рис 1.



**Рис. 1. Циклограмма работы полуавтомата для сварки в защитном газе:**

$t_1$  – время продувки газового тракта;  $t_2$  – время сварки;  $t_p$  – время растяжки дуги;  $t_{ГЗ}$  – время защиты ванны металла в период остывания

Цикл начинается с подачи защитного газа в газовый тракт (см. рис. 1), при этом обеспечивается его продувка в течение времени  $t_1 = 0,5-5$  с в зависимости от длины тракта. После продувки подается сварочное напря-

жение и включается двигатель подачи электродной проволоки. Непосредственным касанием проволокой детали возбуждается дуга и начинается сварка. Время сварки  $t_2$  зависит от скорости сварки и длины шва. Для окончания сварки прекращается подача электродной проволоки без отключения сварочного напряжения, дуга растягивается вследствие оплавления конца электродной проволоки, при этом происходит заварка кратера сварочной ванны. На циклограмме время растяжки дуги растягивается вследствие оплавления конца электродной проволоки, при этом происходит заварка кратера сварочной ванны. На циклограмме время растяжки дуги обозначено  $t_p$ . Общее время  $t_3 = t_p + t_{тз}$  прошедшее с момента отключения подачи проволоки до срабатывания газового отсекавателя составляет 0,5-5 с. В течение времени  $t_{тз}$  (см. рис. 1) обеспечивается защита ванны расплавленного металла от атмосферного воздействия при остывании.

Таким образом, цикл работы полуавтомата для дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом состоит из четырех операций: продувки газового тракта защитным газом, сварки, растяжки дуги и защиты сварочной ванны после прекращения сварки.

### **3.2 Назначение и основные технические характеристики сварочного полуавтомата ПДГ-508УЗ**

Сварочный полуавтомат ПДГ-508УЗ предназначен для сварки в различных пространственных положениях сплошной проволокой в защитной среде двуокиси углерода стыковых, тавровых, угловых и нахлесточных соединений из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. В аппарат ПДГ-508УЗ входят собственно полуавтомат, шкаф управления, источник сварочного тока (выпрямитель ВДУ-506УЗ), держатель с горелкой, кабели управления, сварочные провода и газовая аппаратура.

Технические данные сварочного полуавтомата ПДГ-508УЗ приведены в табл. 1.

Таблица 1

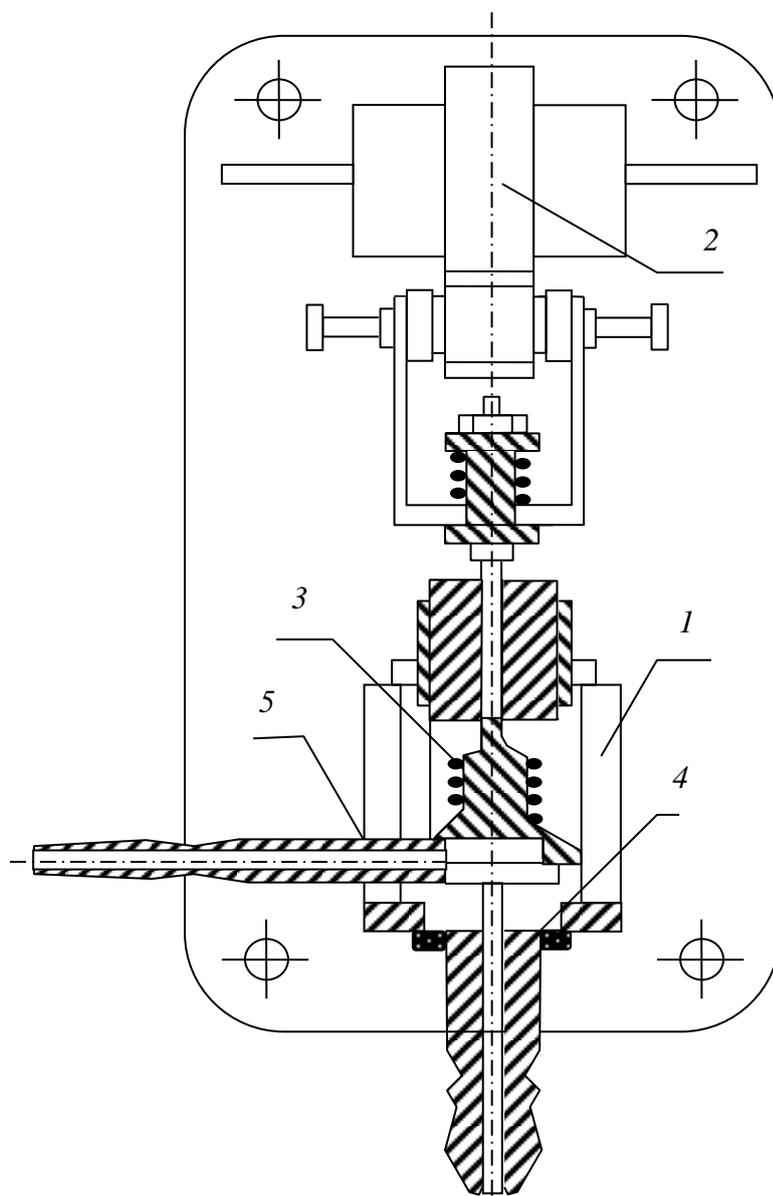
## Технические данные полуавтомата ПДГ-508УЗ

Номинальное напряжение сети трехфазного тока, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток при ПВ 60% и цикле сварки 5 мин, А	500
Род тока	постоянный
Пределы регулирования сварочного тока, А	150-500
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2-2,0
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	105-738
Отклонение скоростей от табличных, м/ч	± 10
Длина шлангового провода, м	3
Масса электродной проволоки в кассете, кг	12
Расход газа, л/мин	8-20
Масса полуавтомата, кг	16

### 3.3. Устройство и принцип действие полуавтомата ПДГ-508УЗ

Полуавтомат служит для подачи электродной проволоки и защитного газа через унифицированный держатель в зону сварки. В него входят: кассета с проволокой, подставка, механизм подачи, отсекающий газ. На подставке устанавливаются токовые и газовые разъемы, органы управления электрической схемой полуавтомата, а также механизм подачи и отсекающий газ. Механизм подачи приводится в движение электродвигателем АОЛ 12-4 мощностью 0,18 кВт. Подача электродной проволоки осуществляется подающим и прижимным роликами, а изменение скорости подачи производится дискретно с помощью шестеренчатого редуктора подающего механизма. В верхней части последнего расположен прижим, обеспечивающий необходимое усилие прижатия электродной проволоки. Держатель (сварочная горелка) предназначена для направления в зону сварочной дуги защитного газа и электродной проволоки. На горелке располагается пусковая кнопка, нажатие которой обеспечивает подачу защитного газа, вклю-

чение механизма подачи проволоки и подключение источника питания для возбуждения дуги.



**Рис. 2. Электромагнитный газовый клапан (газовый отсекатель):**  
1 – корпус; 2 – электромагнит; 3 – плунжер; 4, 5 – входной и выходной штуцера соответственно

Одним из элементов газовой аппаратуры, применяемой в полуавтомате ПДГ-508УЗ, является электромагнитный газовый клапан (отсекатель газа) (рис. 2), предназначенный для автоматического управления подачей газа из баллона в зону сварки. Включение газового отсекавателя сбло-

кировано с пусковой кнопкой полуавтомата, расположенной на горелке. Это позволяет обеспечить продувку газовых каналов и подготовку защитной среды перед зажиганием сварочной дуги, а также сохранение защитной атмосферы после окончания процесса сварки до остывания ванны расплавленного металла. Отсекатель газа состоит из корпуса 1, электромагнита 2, плунжера 3, входного 4 и выходного 5 штуцеров. При подаче напряжения питания на катушку электромагнита якорь клапана втягивается, поднимая плунжер, и защитный газ через штуцера поступает в сварочную горелку полуавтомата. При отключении напряжения питания плунжер 3 под действием возвратной пружины занимает исходное положение, и подача газа прекращается.

Питание цепей управления (рис. 3) производится от двух понижающих трансформаторов Тр1 и Тр2, включенных по схеме открытого треугольника, на которые подается напряжение от сварочного выпрямителя ВДУ-506УЗ. Электрическая схема полуавтомата (см. рис. 3) обеспечивает его работу в двух режимах:

- 1) управление сваркой от кнопки S3 «Пуск» на держателе (сварочной горелке);
- 2) управление сваркой от токового реле К6.

В первом случае при нажатии на кнопку S3 «Пуск» срабатывает электромагнитный газовый клапан, и газ подается в зону сварки. Через время, определяемое параметрами цепи C1, R3, получает питание катушка реле К3, которая замыкающим контактом К3:1 подключает источник сварочного тока, и возбуждается дуга. Замыкающий контакт К3:2 подает напряжение на реле отсекаателя газа E2, а размыкающий контакт К3:3 отключает реле отсекаателя газа от питания через кнопку S3 «Пуск».

Замыкающий контакт К3:4 включает магнитный пускатель К2, который своими замыкающими контактами К2:1, К2:2 включает питание на

электродвигатель М подачи электродной проволоки, и проволока подается в зону сварки. Одновременное срабатывание контактов К3:5, К3:6, К2:3, К2:4 отключает питание электродвигателя М через выпрямители V4, V5 и сопротивления R6, R7. Процесс сварки длится до момента отпускания кнопки S3 «Пуск».

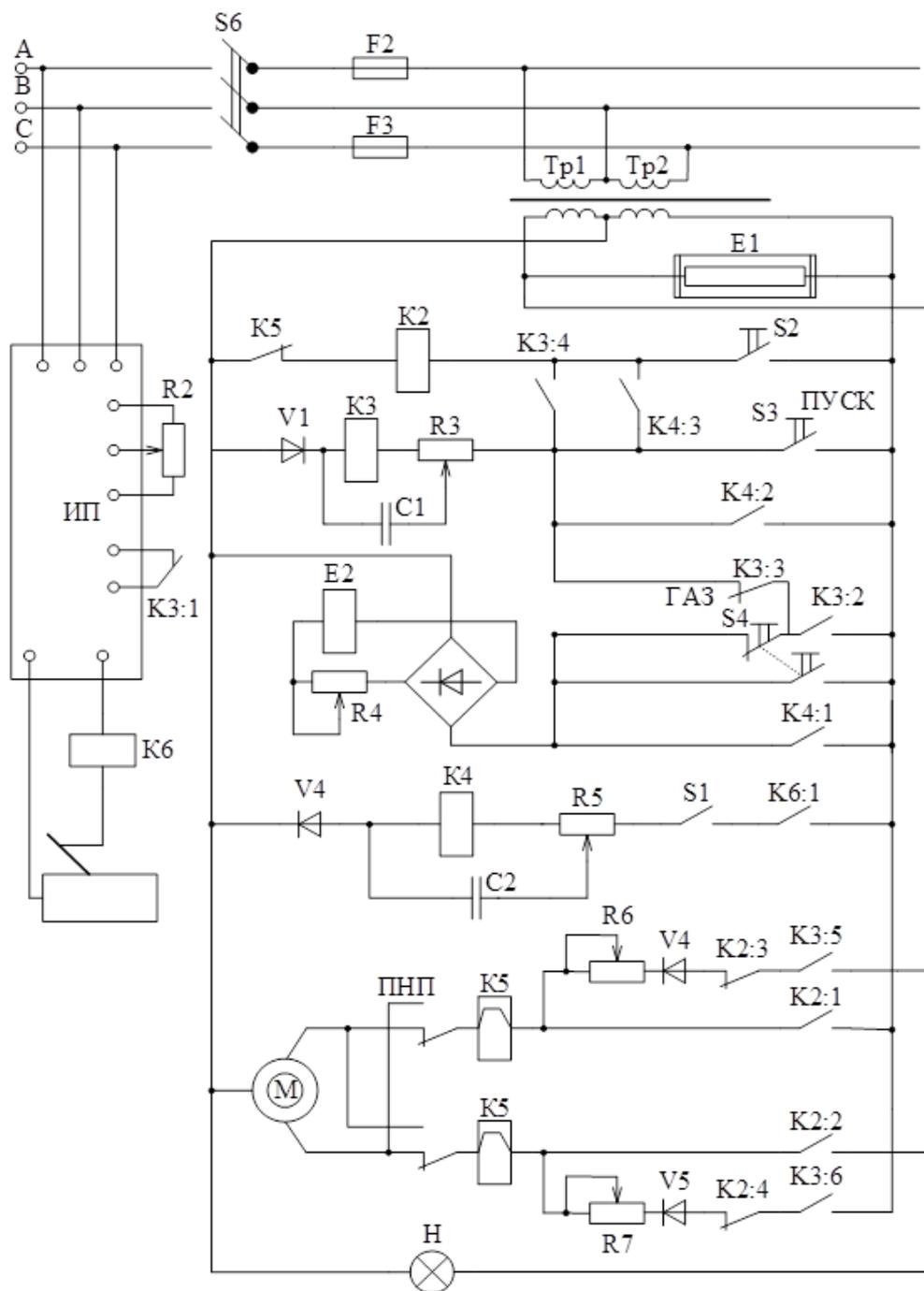


Рис. 3. Электрическая схема полуавтомата ПДГ-508УЗ

Для прекращения сварки кнопка S3 «Пуск» отпускается, при этом отключается катушка реле K2, которая размыкает замкнутые контакты K2:1, K2:2 и замыкает разомкнутые K2:3, K2:4. При этом происходит динамическое торможение двигателя M, подача электродной проволоки в зону сварки прекращается, проволока оплавляется до естественного обрыва дуги, заваривая кратер. Через время, определяемое параметрами конденсатора C1 и сопротивления R3, отключается катушка контактора K3, который выключает источник сварочного тока, реле отсекающего газа E2, и схема возвращается в исходное положение.

При работе полуавтомата в режиме управления от токового реле (ключ S1 замкнут) сварку начинают как посредством нажатия кнопки S3 «Пуск», так и коротким замыканием электродной проволоки на изделие. При возбуждении дуги срабатывает магнитоуправляемое токовое реле K6, которое замыкает контакт K6:1. При этом питание подается на катушку промежуточного реле K4, которая замыкающим контактом K4:1 включает реле отсекающего газа E2, а контактами K4:2 и K4:3 - магнитный пускатель K2. Контакты K2:1 и K2:2 замыкаются и подают питание на электродвигатель M, подающий электродную проволоку в зону сварки. Процесс сварки прекращается путем обрыва дуги. При этом катушка магнитоуправляемого реле обесточивается и контакт K6:1 размыкается.

Катушка промежуточного реле K4 также обесточивается, контакт K4:1 отключает реле отсекающего газа E2, а контакты K4:3, K 4:2 – катушку магнитного пускателя K2. Контакты K2:1, K2:2 размыкаются, а K4:2, K4:3 замыкаются, обеспечивая работу электродвигателя M в режиме динамического торможения, вследствие чего подача электродной проволоки в зону сварки прекращается.

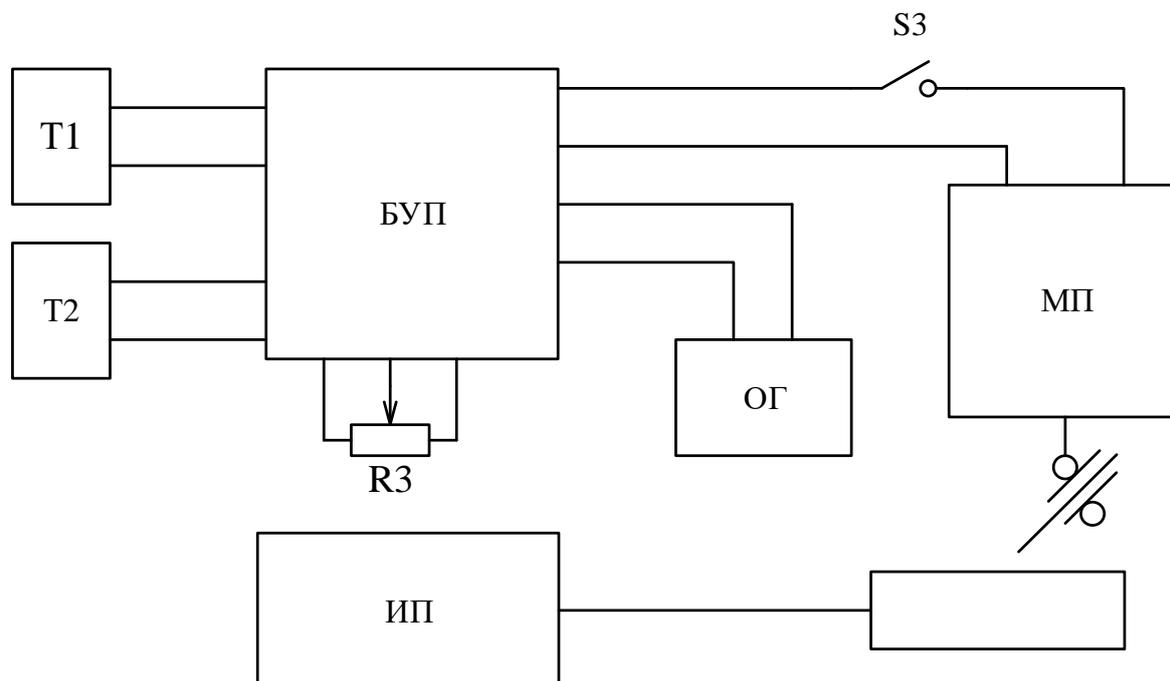
#### 4. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

- 1) Сварочный полуавтомат ПДГ-508УЗ
- 2) Реостат лабораторный
- 3) Выпрямитель сварочный ВДУ-506УЗ
- 4) Набор соединительных проводов и кабелей
- 5) Электрические секундомеры ПВ-53ш

#### 5. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Ознакомиться с требованиями техники безопасности в лаборатории.
2. До выполнения лабораторной работа самостоятельно изучить ее теоретическую часть.
3. Изучить устройство, основные узлы и механизмы сварочного полуавтомата ПДГ-508УЗ, убедившись, что источник питания и лабораторный стенд отключены от сети.
4. Подготовить испытательный стенд (рис. 4) к проведению лабораторной работы, для чего с помощью лаборанта включить в цепь секундомеры Т1, Т2, перевести движок реостата R3 в положение 1.
5. Включить выпрямитель ВДУ-506УЗ, полуавтомат ПДГ-508УЗ
6. Записать начальные показания секундомеров Т1, Т2
7. Перевести переключатель П в положение «Пуск». При этом включится газовый отсекагель, а спустя время  $t_1$ , фиксируемое секундомером Т1 и определяемое параметрами цепочки R3-C3, включатся механизм подачи проволоки и сварочный выпрямитель.
8. Произвести имитацию сварки (переключатель П находится в положении «Пуск», что равносильно удержанию кнопки S3) в течение 5 с.
9. Перевести переключатель П в положение «Стоп». При этом начнет-

ся динамическое торможение двигателя механизма подачи проволоки, а спустя время  $t_3$ , фиксируемое секундомером Т2 и определяемое парамет-



**Рис. 4. Схема лабораторной установки:**

ИП- источник питания; БУП – блок управления полуавтоматом; ОГ- отсекающий газ; МП- механизм подачи сварочной проволоки; Т1, Т2 - секундомеры

рами цепочки R3-С1, отключится газовый отсекающий клапан и выключится источник питания.

10. Снять показания секундомеров Т1 (время продувки  $t_1$ ), Т2 (время растяжки и газовой защиты  $t_2$ ) и результаты занести в табл. 2.

11. Отключить источник питания, полуавтомат и лабораторный стенд от сети с помощью рубильника.

12. Перевести движок реостата R3 в положение «2»

13. Повторить операции, перечисленные в пунктах 5-10 три раза.

14. Перевести движок реостата R3 в положение «3».

15. Повторить операции, перечисленные в пунктах 5-10, три раза

16. По полученным средним значениям  $t_1$ ,  $t_2$ , построить циклограммы работы полуавтомата и графические зависимости времени продувки газового тракта, растяжки дуги и защиты ванны металла в период остывания для различных положений реостата R3.

Таблица 2

## Данные для построения графических зависимостей

Номер опыта	Положение регулятора	Показания секундомера, с							
		Начальное значение $t_{нач}$		Конечное значение $t_{конечн}$		$t_{нач} - t_{конечн}$		Среднее значение $t_{ср}$	
		T1	T2	T1	T2	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
1	1								
2									
3									
4	2								
5									
6									
7	3								
8									
9									

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет включает:

- 1) Титульный лист (см. приложение)
- 2) Электрическая схема полуавтомата ПДГ-508УЗ, результаты проведенных замеров в табличной и графической форме.
- 3) Выводы по лабораторной работе.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

- 1) Назначение и характеристики сварочного полуавтомата ПДГ-508УЗ.
- 2) Описать принцип работы электромагнитного газового клапана.
- 3) Описать систему автоматического управления циклом работы сварочного полуавтомата.
- 4) Объяснить, как регулируются элементы циклограммы полуавтоматической сварки.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4**  
**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СВАРОЧНОМ ВЫПРЯМИТЕЛЕ**  
**ВДУ-506УЗ**

**1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучение эксплуатационных характеристик, схемы и принципа автоматического управления и регулирования тока и напряжения в сварочном выпрямителе ВДУ-506УЗ.

**2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

- 1) Ознакомиться с назначением, расположением приборов и общим устройством учебного стенда к лабораторной работе.
- 2) Изучить эксплуатационные характеристики и структурную схему систему автоматического управления и регулирование выпрямителя.
- 3) Исследовать работу выпрямителя в двух режимах (крутопадающих и жестких ВВАХ).
- 4) Построить внешние вольт-амперные характеристики, выпрямителя для двух режимов работы по результатам опытов.
- 5) Сделать выводы по результатам выполненной работы.

**3. ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

**3.1. Назначение и основные технические характеристики сварочного выпрямителя ВДУ-606УЗ**

Выпрямитель сварочный типа ВДУ-506УЗ предназначен для комплектации сварочных автоматов и полуавтоматов для однопостовой механизированной сварки в среде углекислого газа и под флюсом обычной и

порошковой проволоками. Выпрямитель может быть использован для работы со сварочными роботами и манипуляторами, а также для ручной дуговой сварки штучными электродами.

Основные технические характеристики выпрямителя приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

**Технические характеристики выпрямителя ВДУ-506УЗ**

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение питающей сети трехфазного переменного тока, В	220 или 380
Номинальная частота, Гц	50
Первичная мощность, кВА, не более	40
Первичный ток, А, не более:	
при исполнении на 220 В	105
при исполнении на 380 В	60
Напряжение холостого хода, В, не более	85
Номинальное рабочее напряжение, В:	
для жестких внешних характеристик	50
для падающих внешних характеристик	46
Пределы регулирования рабочего напряжения, В:	
на жестких внешних характеристиках	18-50
на падающих внешних характеристиках	22-46
Номинальный сварочный ток, А	500
Пределы регулирования сварочного тока, А на жестких внешних характеристиках	60-500
Продолжительность цикла сварки, мин	10
Продолжительность включения, %	60
Коэффициент полезного действия, %, не менее	79
Габариты (длина x ширина x высота), мм	820x620x1100
Масса, кг, не более	300

Выпрямитель обеспечивает при номинальном напряжении сети легкое зажигание и устойчивое горение дуги при любом токе в пределах регулировочного диапазона, а также при повышенном на 5 и пониженном на 10% напряжении питающей сети, при падении напряжения в соединительных проводах, сварочной цепи не более 4 В.

Выпрямитель состоит из силового трансформатора, силового блока тиристорov, уравнильно реактора, дросселя в сварочной цепи, сетевого автомата автоматического выключателя, блока управления, электродвигателя с вентилятором.

Выпрямитель является универсальным и имеет крутопадающие и жесткие внешние характеристики. Плавное регулирование сварочного тока, (при падающих) и напряжения (при жестких внешних характеристиках) осуществляется резистором на блоке управления (местное регулирование), а также с автомата или полуавтомата (дистанционное регулирование).

### **3.2. Принцип построения системы автоматического управления и регулирования внешних параметров выпрямителя**

Структурная схема автоматического управления и регулирования внешних параметров выпрямителя показана на рис. 1.

В качестве элемента усиления электрического сигнала в системе управления и регулирования в сварочном выпрямителе используется операционный усилитель, который имеет два входа. Один из них неинвертирующий (прямой) обозначается «+», другой – инвертирующий (обратный) обозначен «-». На каждый из входов можно подавать сигнал постоянного тока различной относительно нулевой (заземленной) точки полярности. При этом сигнал на выходе усилителя также может иметь различную полярность. Он совпадает по знаку с напряжением, поданным на неинвертирующий вход, и противоположен сигналу, поданному на инвертирующий вход. В результате на выходе усилителя получается напряжение, пропорциональное разности напряжений на входах с учетом их знаков:

$$U_{\text{вых}} = |U_{\text{вх}}^+ - U_{\text{вх}}^-| \cdot K_{\text{ув}},$$

где  $K_{\text{ув}}$  – коэффициент усиления по напряжению.



Обратные связи (ОС) могут быть выполнены жесткими (действующими постоянно), гибкими (действующими только в переходных режимах) и задержанными (действующими только при превышениях выходным напряжением определенного значения). Жесткие ОС осуществляются за счет включения резисторов между выходом усилителя и входом; гибкие – путем включения конденсаторов; задержанные – включением стабилитронов.

Для определения момента равенства двух, электрических сигналов еще один операционный усилитель в схеме ВДУ-506УЗ используется в качестве одноходового компаратора 0. В этом случае на инвертирующий вход усилителя подаются два разнополярных сигнала: неизменный положительный потенциал (опорное напряжение  $+E_{оп}$ ) и изменяющийся входной отрицательный сигнал  $-U_c$ , пропорционально сварочному току. При появлении сварочного тока возникает сигнал  $U_c$ . В момент равенства сигнал в выходное напряжение компаратора переключается в другое предельное состояние, равное положительному потенциалу источника питания  $+U_{пит}$ . Для увеличения скорости переключения операционный усилитель в схеме компаратора используется без обратных связей. Неинвертирующий вход одноходового компаратора через резистор подключается на общий нулевой вывод системы.

Автоматическое регулирование внешних параметров выпрямителя осуществляется на основе использования двух главных обратных связей по току ОСТ и напряжению ОСН. Для управления шестью тиристорами (VS на рис. 1) по «вертикальной схеме» создана шестиканальная система, каждый канал которой состоит из:

- 1) датчика вспомогательных напряжений НС, синхронизированных с напряжением питающей сети. Датчик представляет собой вторичные обмотки трансформатора блока питания, соединенные в шестифазную звезду со сдвигом фаз между напряжениями обмоток 60 эл. град.

2) формирователя импульсов ФИ в виде триггера, построенного на двух логических элементах И-НЕ.

3) промежуточного согласующего усилителя-формирователя импульсов управления СУФ.

4) окончного транзисторного каскада усиления импульсов управления тиристорами ОУ. Нагрузкой транзисторов являются управляющие электроды тиристор.

Напряжение  $U_y$ , которым определяется степень открытия тиристор, а, следовательно, и режим сварки, снимается с выхода операционного усилителя DA2 узла формирования напряжения управления ФНУ (см. рис. 1), причем схема управления построена таким образом, что при увеличении  $U_y$  увеличивается угол открытия тиристор. Величина  $U_y$  устанавливается напряжением задания  $U_3$ , подаваемым на неинвертирующий вход DA2. При местном управлении напряжение  $U_3$  устанавливается на выпрямителе резистором RP через узел задания режима УЗР; при дистанционном – с блока управления полуавтоматом или автоматом БУ (см. рис. 1).

Формирования вида внешних характеристик выпрямителя осуществляется действием обратных связей. При формировании падающих внешних характеристик действует только обратная связь по току ОСТ, снимаемая с шунта RS. Увеличение тока сварки  $I_{св}$  увеличивается отрицательный потенциал на шунте. Этот сигнал поступает на инвертирующий вход DA2, увеличивая напряжение  $U_y$  на его выходе. Угол включения тиристор  $\alpha$  и напряжение на выходе выпрямителя уменьшается.

При формировании жестких внешних характеристик одновременно действуют обратные связи по току ОСТ и напряжению ОСН, причем схема построена так, что действие ОСН преобладает над действием ОСТ. В случае снижения напряжения на выходе выпрямителя под действием нагрузки или уменьшения напряжения сети уменьшается отрицательный сигнал ОСН, действующий на инвертирующий вход DA2. Напряжение  $U_y$  на его

выходе уменьшается. Уменьшается также угол включения тириستоров  $\alpha$  и увеличивается (поддерживается на заданном уровне) напряжение на выходе выпрямителя.

Для надежного зажигания дуги в начальный момент на выходе выпрямителя необходимо иметь повышенное напряжение холостого хода. При работе на падающих характеристиках увеличение напряжения с входом на режим холостого хода обеспечивается автоматически прекращением действия ОСТ.

На жестких внешних характеристиках для поднятия напряжения холостого хода в схеме предусмотрен узел ограничения действия обратной связи по напряжению ООСН при выходе на режим холостого хода. Узел состоит из компаратора К, построенного на операционном усилителе DA1, двух транзисторных ключей ТК и двух стабилитронов СТ.

Компаратором К потенциал, снимаемый с шунта, сравнивается с опорным. Когда ток сварки становится меньше 7-10 А (что говорит о выходе выпрямителя на режим холостого хода), срабатывает компаратор и включает транзисторные ключи. Транзисторные ключи подключают на инвентирующий вход DA2 стабилитроны, ограничивающие напряжение обратной связи на выходе DA2 до уровня напряжения на стабилитроне. Напряжение  $U_y$  на выходе DA2 при этом уменьшается, а напряжение на выходе выпрямителя возрастает.

Транзисторные ключи имеют разное время срабатывания и подключают разные по напряжению стабилитроны. В результате на выходе выпрямителя получают различное по величине напряжение холостого хода при кратковременном или длительном прекращении сварки. При длительном – напряжение холостого хода максимально, при кратковременном – несколько ограничено.

Стабилизация заданных режимов сварки при возможных изменениях напряжения питающей сети обеспечивается действием обратных связей и

узлом контроля напряжения сети КИНС. Узел построен на резисторах и представляет собой потенциометр, сравнивающий напряжение питания со стабилизированным опорным. Разница между этими напряжениями через корректирующую связь подается на инвертирующий вход усилителя DA2 вместе с обратными связями.

#### **4. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ**

- 1) Выпрямитель сварочный ВДУ-506УЗ.
- 2) Реостат балластный.
- 3) Реостат лабораторный.
- 4) Набор соединительных проводов и кабелей.
- 5) Стенд испытательный.

#### **5. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

1) Ознакомиться с требованиями техники безопасности в лаборатории.

2) До выполнения лабораторной работы самостоятельно изучить ее теоретическую часть.

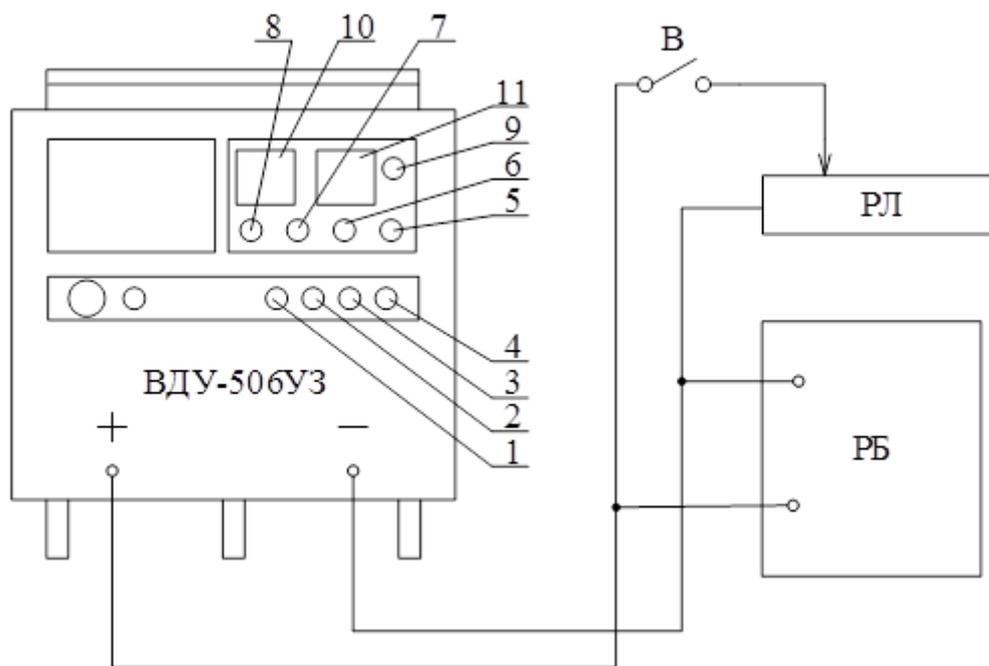
3) Подготовить испытательный стенд к проведению лабораторной работы, для чего присоединить балластный и лабораторный реостаты к выходным клеммам выпрямителя с помощью соединительных кабелей согласно схеме (рис. 2). При этом ножи-разъединители балластного реостата и тумблер лабораторного реостата должны быть **ВЫКЛЮЧЕНЫ**.

4) Включить сварочный выпрямитель (кнопка 2, рис. 2).

5) Установить переключатель местного-дистанционного управления 8 (рис. 2) в положение для местного управления.

6) Переключатель внешних характеристик 9 установить в положение

«падающие внешние характеристики».



**Рис. 2. Схема лабораторной установки**

1 – сигнальная лампа; 2 – кнопка ‘Пуск’; 3 – кнопка ‘Стоп’; 4 – выключатель трансформатора питания цепей управления; 5 – тумблер предварительной установки напряжения на жестких характеристиках; 6 – тумблер включения сварочной дуги; 7 – регулятор тока (напряжения); 8 – переключатель местного-дистанционного управления; 9 – переключатель внешних характеристик; 10 – вольтметр

7) Включить тумблер включения сварочной цепи 6.

8) Установить регулятор напряжения (тока) 7 в положение «4». Занести данные в протокол.

9) Подключить лабораторный реостат к сварочной цепи с помощью тумблера на стенде. Снять показания с амперметра 10 и вольтметра 11 на выпрямителе. Занести, эти данные в протокол. Отключить лабораторный реостат от сварочной цепи.

10) Поочередно включая, ножи-разъединители с «1» по «4» на балластном реостате, снять показания с амперметра и вольтметра выпрямителя. Занести эти данные в протокол.

11) Включить на короткое время (не более 3 секунд) нож-разъединитель балластного реостата «КЗ». Снять показания с измеритель-

ных приборов выпрямителя и занести их в протокол.

12) Отключить все ножи-разъединители балластного реостата.

13) Установить регулятор 7 в положение «5».

14) Повторить операции, перечисленные в п.п. 9-12.

15) Установить регулятор 7 в положение «6».

16) Повторить операции, перечисленные п.п. 9-12.

17) Выключить тумблер включения сварочной, цепи.

18) Переключатель внешних характеристик установить в положение «жесткие внешние характеристики».

19) Повторить операции, перечисленные в п.п. 8-16, исключая п.11.  
**ВНИМАНИЕ!** Категорически запрещается включать нож-разъединитель балластного реостата "КЗ" при работе на жестких внешних характеристиках.

20) Отключить сварочный выпрямитель с помощью кнопки 3.

21) По полученным данным построить внешние вольтамперные характеристики

## **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет должен содержать:

1) Структурную блок-схему системы управления выпрямителем ВДУ-506УЗ.

2) Технические данные выпрямителя ВДУ-506УЗ.

3) Результаты произведенных замеров в табличной и графической форме.

4) Вольтамперные характеристики выпрямителя

5) Выводы.

Таблица 2

Данные для построения внешних вольтамперных характеристик выпрямителя ВДУ-506-УЗ

№ опыта	Вид внешней характеристики	Положение регулятора тока	№ замера	$I_{св}$ , А	$U_d$ , В
1	Крутопадающая	4	1 2 3 4 5 6 КЗ		
2		5			
3		6			
4	Жесткая	4	1 2 3 4 5 6		
5		5			
6		6			

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

- 1) Назначение и характеристика выпрямителя сварочного ВДУ-6УЗ
- 2) Описать принцип работы операционного усилителя
- 3) На чем основан принцип регулирования внешних параметров выпрямителя в режиме крутопадающих и жестких характеристик?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5**  
**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СВАРОЧНОМ ВЫПРЯМИТЕЛЕ**  
**МА-150**

**1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.**

Изучение эксплуатационных характеристик, схемы и принципа автоматического управления и регулирования тока, напряжения в сварочном выпрямителе МА – 150.

**2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

- 1) Изучить эксплуатационные характеристики и структурную схему системы автоматического управления и регулирования выпрямителя.
- 2) Ознакомиться с назначением, расположением приборов и общим устройством учебного стенда к лабораторной работе.
- 3) Исследовать работу выпрямителя.
- 4) Построить внешние вольт-амперные характеристики выпрямителя по результатам опытов.
- 5) Сделать выводы по результатам выполненной работы.

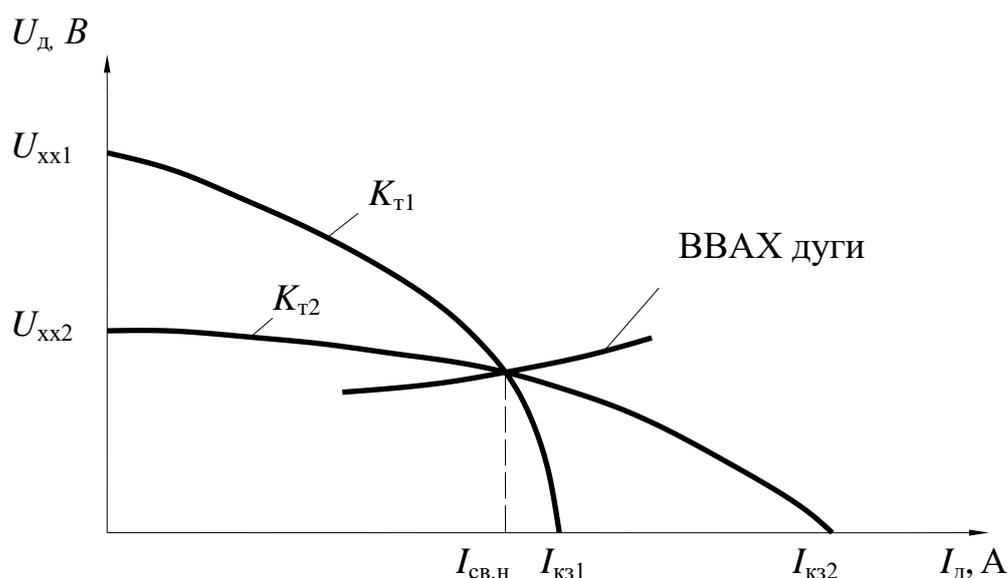
**3. ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

**3.1. Общие положения**

В настоящее время все более широкое применение для сварки находят легкие и мобильные однофазные источники питания. Специфические особенности эксплуатации таких источников (мелкие и средние производственные предприятия, фермерские хозяйства, бытовые условия) выдвигают ряд новых требований к их свойствам и характеристикам, а именно повышенная электробезопасность и пониженная величина потребляемого из сети тока в процессе сварки. Наиболее просто эти требования могут

быть удовлетворены путём увеличения коэффициента трансформации применяемых в источниках питания трансформаторов, пропорционально росту которого снижается напряжение холостого хода  $U_{xx}$  и потребляемый сетевой ток  $I_c$ .

Таким образом,  $U_{xx}$  сварочных источников питания, не имеющих дополнительных стабилизирующих устройств, может быть снижено при условии применения соответствующих роду тока электродов практически до 40 В, что соответствует коэффициенту трансформации  $K_T$  5,5. С точки зрения технологических свойств это несколько уменьшает разрывную длину и незначительно повышает разбрызгивание металла, но, тем не менее, не сказывается существенно на процессе сварки.



**Рис. 1.** Внешние вольт-амперные характеристики источников питания для дуговой электросварки с различными коэффициентами трансформации  $K_T$

Основными недостатками решения проблемы путём увеличения  $K_T$  являются затруднённое возбуждение дуги из-за низкого выходного напряжения источника питания и значительная величина тока короткого замыкания  $I_{кз}$ . Последнее объясняется необходимостью применения трансформаторов с более жёсткой внешней вольтамперной характеристикой

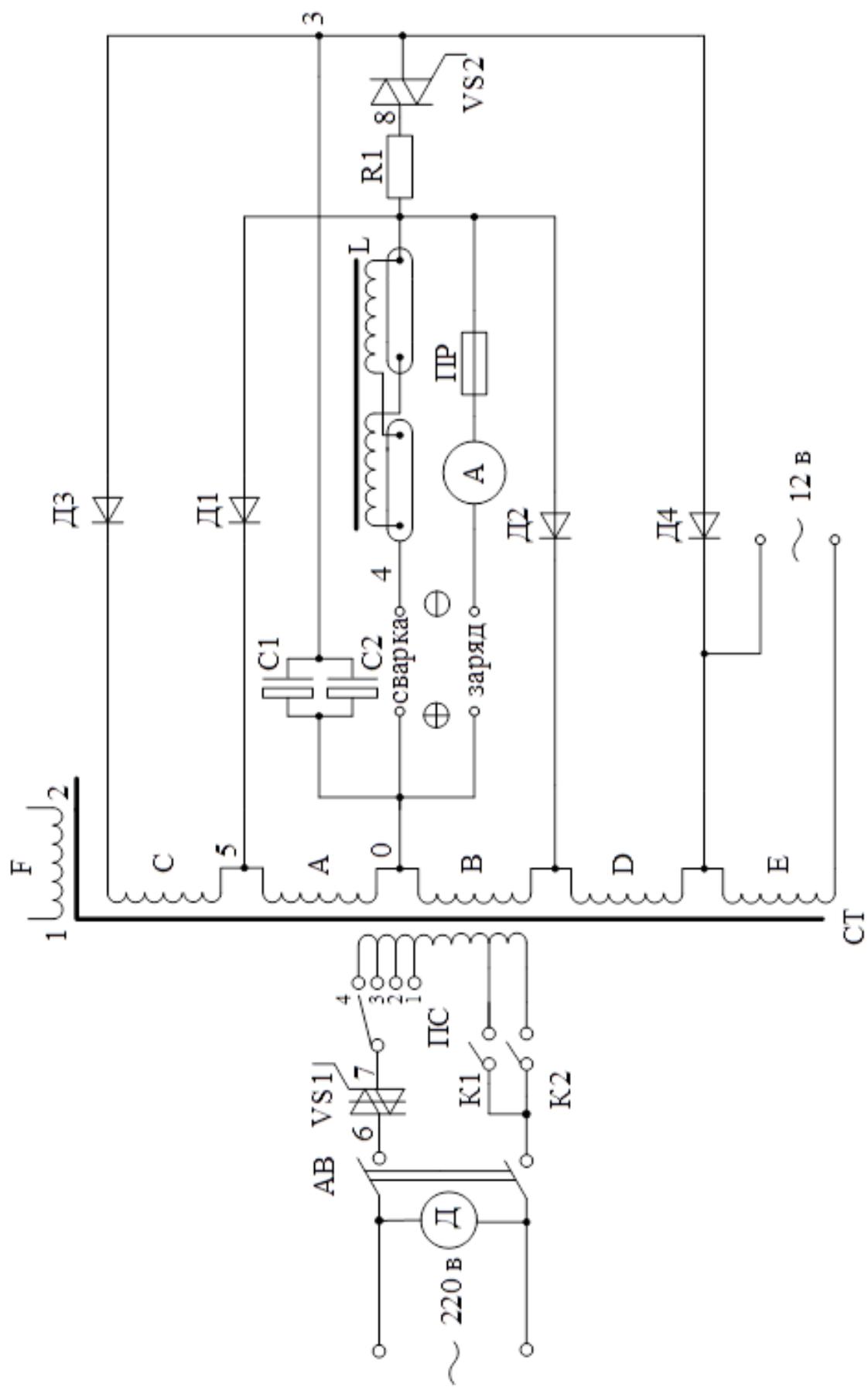
(ВВАХ), что при номинальной величине сварочного тока  $I_{св.н}$  существенно увеличивает ток при коротком замыкании (рис. 1). Помимо возникновения нежелательных перегрузок это является одной из причин усиления разбрызгивания при сварке.

Промышленностью освоен и серийно выпускаются однофазные сварочные выпрямители, в конструкции которых предусмотрен ряд дополнительных устройств, сводящих к минимуму негативное влияние указанных факторов на процесс сварки. Примером такого выпрямителя является МА-150.

### **3.2. Описание конструкции однофазного выпрямителя МА – 150**

Принципиальная электрическая схема источника питания представлена на рис. 2, а технические характеристики – в табл. 1.

Сварочный трансформатор СТ в рассматриваемом источнике питания имеет две основные (А и В) и три вспомогательные вторичные обмотки, две из которых (С и D) являются продолжением основных обмоток и имеют с ними общую нулевую точку 0. Третья вспомогательная Е обмотка выполнена в виде отдельной секции с напряжением на выходе 12 В и служит для подключения осветительных или других приборов. В цепи основных обмоток установлены силовые диоды Д1, Д2, отрицательные выводы которых через сглаживающий дроссель L соединены с выходом «минус» источника питания, а выходная клемма «плюс» соединена с нулевым выводом СТ. Указанный выпрямитель служит в качестве основного источника питания сварочной дуги и имеет на выходе близкую к жёсткой внешнюю ВАХ с напряжением  $U_{xx}$  30-40 В при  $K_T$  5,5-7,3 (в зависимости от положения переключателя ступеней ПС сварочного тока в первичной обмотке).



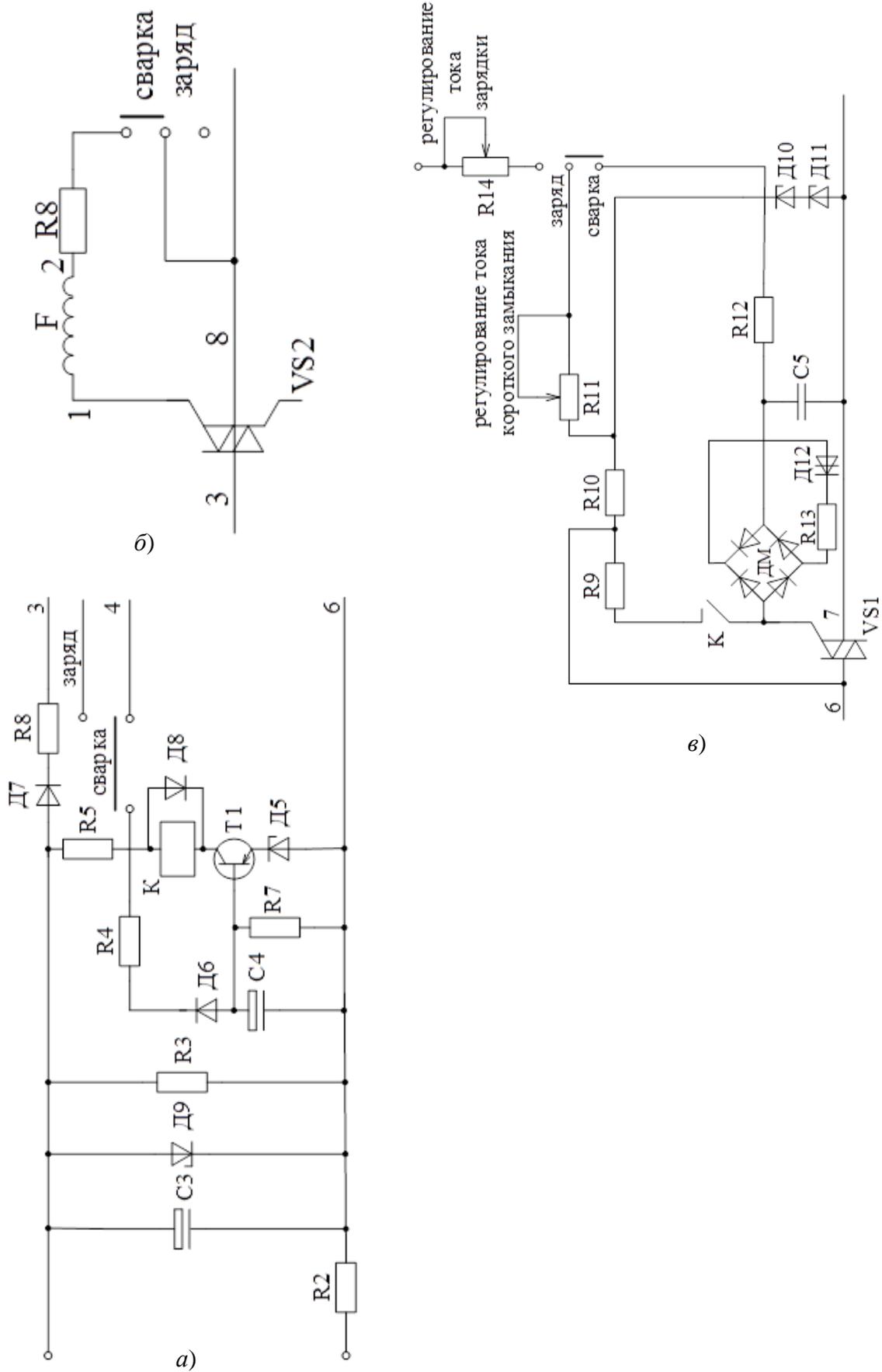


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема выпрямителя МА-150

Для надёжного возбуждения дуги в источнике питания помимо основного имеется дополнительный выпрямитель с крутопадающей внешней характеристикой и напряжением на выходе 55-70 В. Он образован путём последовательного подключения к основным двух вспомогательных обмоток, в цепи которых установлены диоды Д3, Д4, соединённые отрицательными выводами через симистор VS2 и балластный резистор R1 с минусовым выходом основного выпрямителя. Величина тока короткого замыкания во вспомогательной цепи питания не превышает 10-15 А, поэтому, несмотря на низкий коэффициент трансформации ( $K_T 3,3$ ), наличие её несущественно сказывается на потреблении сетевого тока.

В целях безопасности конструкция источника питания предусматривает автоматическое отключение вспомогательного выпрямителя в режиме холостого хода. Снижение напряжения до безопасной величины происходит путём запираания симистора VS2, управление которым осуществляется при помощи специальной обмотки F, расположенной на поверхности магнитопровода сварочного трансформатора (см. рис. 2 а, б). Управляющие импульсы формируются в указанной обмотке за счёт резкого увеличения магнитных потоков рассеяния трансформатора при его работе под нагрузкой. При этом снижение амплитуды сигнала в результате обрыва дуги приводит к мгновенному запираанию симистора VS2, и напряжение на выходе источника питания снижается до значения, соответствующего напряжению на выходе основного выпрямителя.

Поскольку основной выпрямитель имеет пологопадающую внешнюю характеристику, ток в его цепи при коротком замыкании без принятия специальных мер оказывается чрезмерно высок. В рассматриваемом устройстве величина  $I_{кз}$ , ограничивается фазовым регулированием угла отпираания симистора VS1, установленного в первичной обмотке сварочного трансформатора (см. рис. 2, в).

В режиме холостого хода и при горении дуги управляющие импульсы на симистор VS1 подаются непосредственно от питающей сети через резистор R9 и нормально разомкнутый контакт К герконового реле (см. рис. 2, в). При этом в замкнутом состоянии контакт удерживается при помощи катушки К, питание которой осуществляется за счёт пульсирующего однополярного напряжения, снимаемого со вспомогательной обмотки трансформатора СТ. При коротком замыкании сварочной цепи и падении напряжения до нуля на дуговом промежутке резко уменьшается ток базы транзистора Т1 и падает напряжение на стабилитроне Д5, что приводит к его запирающему и обесточиванию питания катушки К (см. рис. 2, б). Стабилитрон Д5 служит для ускорения процесса регулирования и представляет собой полупроводниковый прибор, отпирание или закрытие которого осуществляется при строго определённом напряжении. В этот момент размыкается контакт К, и управляющие импульсы на симистор VS1 подаются через диодный мост ДМ со смещением, создаваемым при помощи цепи задержки R12-С5. Отпирание симистора осуществляется с запозданием на определённый угол, величина которого может корректироваться при помощи резистора R11.

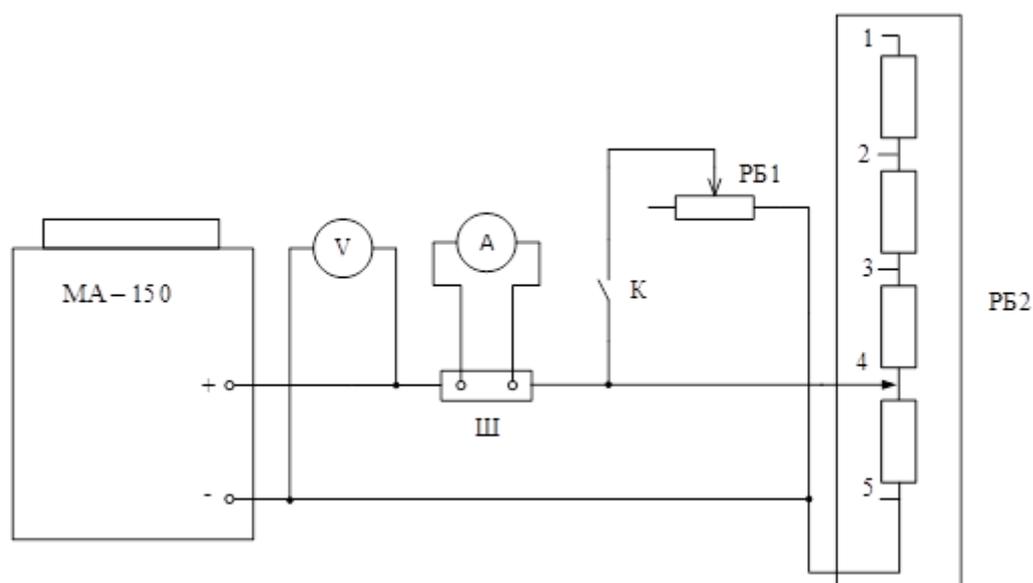
**Таблица 1**

**Технические данные выпрямителя МА – 150**

Напряжение питающей сети, В	Род сварочного тока	Максимальный сварочный ток, А	ПВ, %	Напряжение холостого хода $U_{xx}$ , В	Номинальный сетевой ток $I_c$ , А	Способ регулировки тока	Максимальная мощность, кВт	Масса, кг
220	Пост.	150	60	40	20	Ступен.	5,5	28

#### **4. Описание лабораторной установки**

Лабораторная установка укомплектована сварочным выпрямителем МА-150, балластным реостатом, осциллографом, электроизмерительными приборами. Электрическая схема установки представлена на рис. 3.



**Рис. 3. Схема лабораторной установки:**

РБ1 – лабораторные реостат; РБ2 – балластный реостат; К – ключ; Ш – электрический шунт; А – амперметр; V – вольтметр

Органы управления и контроля работы выпрямителя выведены на переднюю и заднюю панели корпуса. На передней панели расположены контрольные лампы режима работы (сварка, заряд аккумулятора), розетки ручной регулировки коэффициента трансформации K1 и K2, переключатель сварочного тока, таблица режимов и органы управления работой зарядного устройства. На задней панели расположены выходные клеммы выпрямителя, выключатель с автоматической защитой и выходные клеммы сглаживающего дросселя для более плавной регулировки тока сварки.

## **5. Методика выполнения работы и обработка результатов.**

1) До выполнения лабораторной работы самостоятельно изучить её теоретическую часть.

2) Подготовить испытательный стенд к проведению лабораторной работы, для чего присоединить балластный и лабораторный реостаты к выходным клеммам выпрямителя с помощью соединительных кабелей со-

гласно схеме (рис. 3). При этом ножи-разъединители балластного реостата должны быть **ВЫКЛЮЧЕНЫ**.

3) Подключить лабораторный реостат РБ1 в сварочную цепь с помощью тумблера на стенде.

4) Переключатель ступеней сварки выпрямителя МА-150 на передней панели установить в положение «1».

5) Включить на задней панели выпрямителя МА-150 выключатель напряжения.

6) Зафиксировать показания амперметра А и вольтметра V. Занести данные в таблицу.

7) Отключить лабораторный реостат от сварочной цепи.

8) Зафиксировать напряжение холостого хода выпрямителя МА-150 по вольтметру V. Занести данные в таблицу.

9) Последовательным включением ножей-разъединителей с «1» по «4» балластного реостата РБ2 получить данные по показаниям приборов. Занести эти данные в таблицу.

10) Включить на короткое время (не более 3 секунд) нож-разъединитель «К3» балластного реостата. Снять показания измерительных приборов и занести их в таблицу.

11) Отключить все ножи-разъединители балластного реостата.

12) Выключить МА-150.

**Таблица 2**

**Данные для построения ВВАХ выпрямителя МА-150**

Номер измерений			1 (XX)	2	3	4	5	6	7 (К3)
Номер ступени	1	$U_d$ , В							
		$I_{св}$ , А							

13) Повторить операции, перечисленные в п.п. 3-12 для 2-4 ступеней выпрямителя. Все полученные данные занести в таблицу.

14) По полученным данным построить внешние вольтамперные характеристики выпрямителя МА-150.

## **6. Содержание отчёта**

Отчёт должен содержать:

- 1) Электрическую схему выпрямителя МА-150.
- 2) Технические данные выпрямителя.
- 3) Исходные данные для построения ВВАХ.
- 4) Вольтамперные характеристики выпрямителя.
- 5) Выводы.

## **7. Контрольные вопросы**

- 1) Каковы особенности применения, преимущества и конструктивные недостатки однофазных сварочных источников питания?
- 2) Чем достигается ограничение тока короткого замыкания при сварке выпрямителем МА-150?
- 3) Каковы конструктивные особенности сварочного трансформатора в выпрямителе МА-150?
- 4) Чем обеспечивается полученная форма ВВАХ источника питания?
- 5) Для чего в конструкции источника питания заложены два выпрямителя и в чём их назначение?

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладков, Э. А. Автоматизация сварочных процессов : учебник / Э. А. Гладков, В. Н. Бродягин, Р. А. Перковский. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 421, [3] с.
2. Контрольно-измерительные приборы и инструменты [Текст] : учебник. - 4-е изд., стер. - М. : ИЦ "Академия", 2009. - 462, [1] с.
3. Милютин, В.С. Источники питания для сварки/ В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров. - М.: "Айрис-Пресс", 2007. – 384 с.

Учебное издание  
Владимир Ильич **Лысак**  
Сергей Викторович **Кузьмин**  
Валентин Олегович **Харламов**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Учебно-методическое пособие*

Редактор Н. Н. Кваша

Темплан 2016 г. Поз. № 217.

Подписано в печать 06.12.2016. Формат 60x84 1/16. Бумага газетная.  
Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,42. Уч.-изд. л. 3,68.

Тираж 50 экз. Заказ .

Волгоградский государственный технический университет.  
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 1.

Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолгГТУ.  
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 7.