

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 08.10.2023 14:05:22
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ:



Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

О.Г. Локтионова 2017 г

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки 15.03.01 Машиностроение
профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Курск 2017

УДК 621.791

Составитель Н.И. Иванов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры
электрооборудования *Н.М. Гайдаш*

Источники питания для сварки [Текст]: методические указания по выполнению лабораторных работ / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост. Н.И. Иванов. Курск, 2017. 76 с., ил. 28, табл. 13, прилож. 1. Библиогр.: с. 71.

Содержат сведения по устройству и принципам действия источников питания сварочной дуги, необходимые при выполнении лабораторных работ. Указывается необходимое оборудование, материалы, порядок выполнения и оформления отчетов по лабораторным работам.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВПО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

Работа предназначена для студентов дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать ^{13.04.17}. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,4. Уч. - изд. л. 4,0. Тираж 100 экз. Заказ 208 Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа № 1. Исследование работы сварочного трансформатора с увеличенным рассеянием типа СТШ-500	5
Лабораторная работа №2. Расчет параметров трансформатора для ручной дуговой сварки	14
Лабораторная работа № 3. Графоаналитическое построение вольтамперной характеристики сварочного трансформатора	25
Лабораторная работа № 4. Изучение особенностей устройства и исследование режима работы сварочного выпрямителя ВС-300	29
Лабораторная работа № 5. Изучение конструктивных особенностей и исследование режима работы источника питания ИПП-300	36
Лабораторная работа № 6. Изучение конструктивных особенностей и исследование режимов работы выпрямителя ВСЖ-303	43
Лабораторная работа №7. Изучение конструкции и исследование режима работы однопостового сварочного преобразователя ПСО-300	53
Лабораторная работа № 8. Изучение конструктивных особенностей и исследование режимов работы специализированного источника ВСВУ-315	61
Список использованных источников	71
ПРИЛОЖЕНИЕ	72

ВВЕДЕНИЕ

«Источники питания для сварки» представляет дисциплину по выбору вариативной части учебного плана направления подготовки 15.03.01 Машиностроение профиль «Оборудование и технология сварочного производства». По данной дисциплине предусматривается чтение лекций и проведение цикла лабораторных работ.

Целью выполнения лабораторных работ является конкретизация и закрепление ряда разделов теоретической части дисциплины. Предлагаемые работы рассчитаны на студента, знакомого с основами электротехники и электроники, с технологическими процессами дуговой и электрошлаковой сварки, а также с соответствующими разделами теоретической части рассматриваемой дисциплины.

В методических указаниях даются необходимые теоретические пояснения, облегчающие выполнение работ. К выполнению работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности с соответствующей отметкой в журнале и тестовый опрос по теоретической части работы. Знание теории вопроса является обязательным при выполнении лабораторной работы.

Перед началом работы каждый студент должен ознакомиться со схемой и устройством источника питания, с характеристиками измерительных приборов.

До начала экспериментов необходимо подготовить таблицы для записи показаний приборов, измерений и результатов расчетов.

После окончания выполнения работы рабочее место, оборудование, аппаратура приводятся в порядок и сдаются учебному мастеру.

Полученные экспериментальные данные следует проанализировать, обработать, построить необходимые графики, диаграммы и представить их для проверки преподавателю. Опыты, давшие сомнительные результаты, могут быть по указанию преподавателя повторены.

Отчет по лабораторной работе составляется самостоятельно каждым студентом. Весь иллюстративный материал (схемы, рисунки, графики и т.п.) выполняется с применением средств вычислительной

техники (ПЭВМ) или, допускается, аккуратно карандашом с помощью чертежных принадлежностей. Отчеты должны быть оформлены должным образом, в соответствии с требованиями методических указаний, на листах формата А4 (297×210 мм) и представлены преподавателю к следующему занятию. Отчет по каждой лабораторной работе должен обязательно заканчиваться выводами, сделанными на основании анализа полученных в экспериментах результатов, выполненных расчетов, составленных схем и т.п. Выводы, перечисляющие выполненные действия в работе, и небрежно оформленные отчеты к защите не принимаются.

Работа считается выполненной студентом после подписания и защиты отчета.

Лабораторная работа № 1. Исследование работы сварочного трансформатора с увеличенным рассеянием типа СТШ-500

1.1 Общие положения

Сварочный однопостовой трансформатор типа СТШ-500 предназначен для питания электрической сварочной дуги переменным током частотой 50 Гц при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металлов. Трансформатор СТШ-500 (рисунок 1.1, *а*) – однофазный, стержневого типа, выполнен в однокорпусном исполнении.

Трансформатор состоит (рисунок 1.1, *б*) из рамы 1 с колесами 2, трансформатора, имеющего магнитопровод 3, первичную 4 и вторичную 5 обмотки, регулятора тока, выполненного из подвижных магнитных шунтов 6, перемещаемых ручкой 7, указателя величины сварочного тока 8, кожуха 9, клеммника высокой стороны 10, клеммника низкой стороны 11 и фильтра радиопомех (на рисунке 1.1 не показан).

Рама с колесами является несущей частью трансформатора, предназначенного для преобразования высокого напряжения питающей сети в низкое сварочное напряжение. Сердечник (магнитопровод) трансформатора собирается из листов электротехнической стали

толщиной 0,5 мм в пакет. Пакет стянут шестью изолированными шпильками, двумя кронштейнами и двумя уголками. Катушки первичной обмотки трансформатора выполнены из изолированного алюминиевого провода прямоугольного сечения. Катушки вторичной обмотки намотаны голой алюминиевой шиной на ребро. Между витками проложены асбестовые прокладки для изоляции витков.

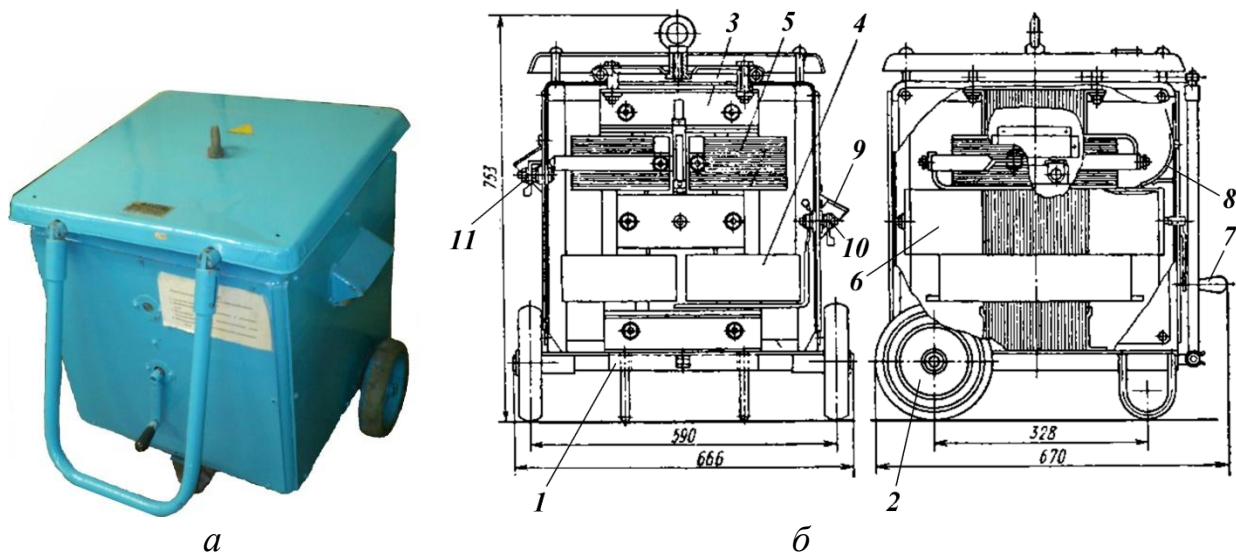


Рисунок 1.1 – Трансформатор СТШ-500: *а* – внешний вид; *б* – конструкция; 1 – рама; 2 – колеса; 3 – магнитопровод; 4 – первичная обмотка; 5 – вторичная обмотка; 6 – магнитный шунт; 7 – ручка; 8 – указатель величины сварочного тока; 9 – кожух; 10 – клемник высокой стороны; 11 – клемник низкой стороны

Регулятор тока представляет собой два подвижных магнитных шунта, расположенных в окне магнитопровода (рисунок 1.2). При вращении рукоятки ходового винта по часовой стрелке шунты раздвигаются, а против часовой стрелки – сдвигаются. Таким образом, осуществляется плавное регулирование сварочного тока. Чем больше расстояние между шунтами δ , тем больше ток, и наоборот. Использование шунта, состоящего из двух частей, снижает его вибрацию, поскольку электродинамические силы, действующие на половинки шунта с частотой 100 Гц, уравновешиваются друг другом.

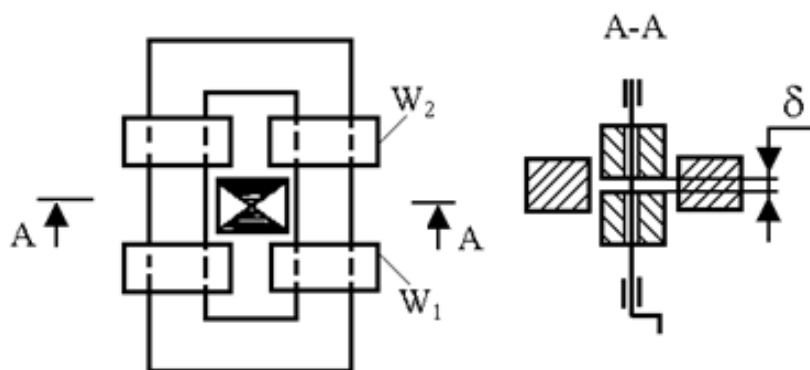


Рисунок. 1.2 – Конструктивная схема трансформатора СТШ-500

Механический указатель величины сварочного тока является ориентировочным. На шкале указателя дано значение сварочного тока при номинальном сетевом напряжении и напряжении на дуге 30 В. Действительное значение сварочного тока зависит от напряжения сети и длины дуги, поэтому показания шкалы могут иметь расхождение с действительными значениями в процессе работы. Для более точных измерений величины сварочного тока необходимо использовать амперметр.

Клеммник низкой стороны предназначен для подсоединения к трансформатору сварочных кабелей и расположен на правой боковой стенке. От случайного прикосновения и падающих предметов клеммник защищен кожухом. Клеммник высокой стороны предназначен для подключения к питающей сети. Он расположен на левой боковой стенке трансформатора и также защищен кожухом.

Для снижения помех радиоприему, создаваемых при сварке, трансформатор снабжен емкостным фильтром. Фильтр состоит из двух конденсаторов емкостью 0,01 мкФ, подключенных на стороне высокого напряжения между каждым зажимом первичной обмотки трансформатора и его кожухом.

ВНИМАНИЕ! При пробое конденсатора первичная обмотка соединяется с кожухом, поэтому включение трансформатора в сеть без заземления не допускается!!! Конденсаторы необходимо систематически проверять.

По конструкции трансформатор СТШ-500 относится к группе сварочных трансформаторов с увеличенным магнитным рассеянием. Магнитопровод трансформатора относится к стержневому типу.

Первичная W_1 и вторичная W_2 обмотки разнесены по высоте стержней магнитопровода. При прохождении тока по обмоткам возникают магнитные потоки. Основная часть магнитных потоков, создаваемых намагничивающими силами первичной и вторичной обмоток, замыкается по стержням и ярам магнитопровода. Другая часть магнитных потоков замыкается через шунт и по воздуху, создавая потоки рассеяния Φ_{p1} и Φ_{p2} . Потоки рассеяния в трансформаторе создают реактивную ЭДС, которая и определяет его индуктивное сопротивление X_m (рисунок 1.3).

При подключении к сети трансформатор может работать в трех режимах: холостой ход, нагрузка и короткое замыкание.

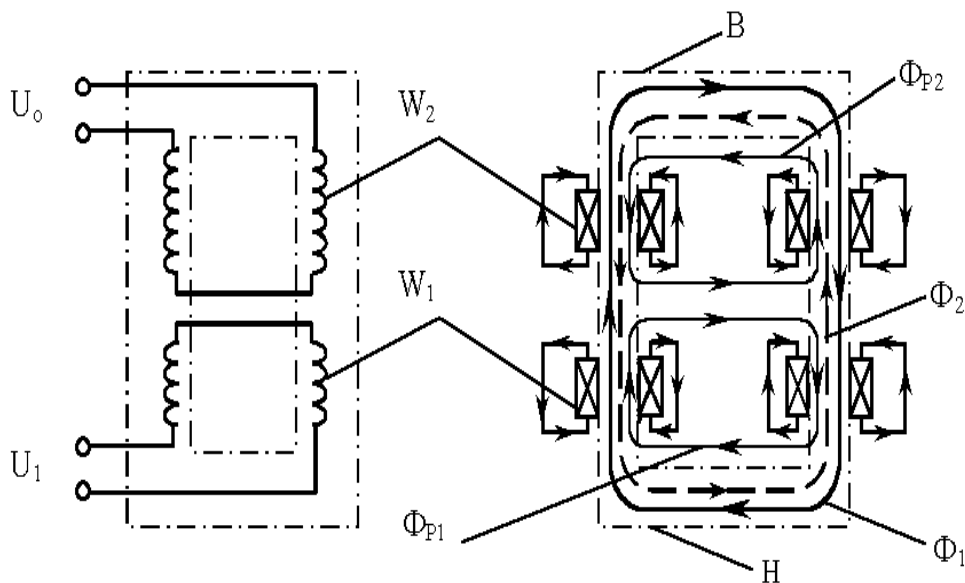


Рисунок 1.3 – Распределение магнитных потоков в трансформаторе СТШ-500

Холостой ход. При холостом ходе ток во вторичной обмотке отсутствует. Магнитный поток в трансформаторе создается намагничивающей силой первичной обмотки. Большая часть магнитного потока замыкается по магнитопроводу и взаимодействует с обмотками. Незначительная часть этого потока замыкается по воздуху, создавая

поток рассеяния. Однако вследствие удаления обмоток трансформатора друг от друга влияние потока рассеяния следует учитывать при определении напряжения холостого хода U_0 коэффициентом магнитной связи $K_{\mu 1-2}$

$$U_0 = U_1 \frac{W_2}{W_1} \cdot K_{\mu 1-2},$$

где U_1 – напряжение питающей сети (первичной обмотки), В;
 W_1 и W_2 – число витков, соответственно, первичной и вторичной обмоток.

В трансформаторах с увеличенным магнитным рассеянием $K_{\mu 1-2} \leq 1$, а в силовых трансформаторах с малым магнитным рассеянием $K_{\mu 1-2} \approx 1$.

При изменении расстояния между шунтами δ напряжение холостого хода трансформатора изменяется незначительно (обычно на 2...5В).

Нагрузка. При нагрузке ток протекает по первичной и вторичной обмоткам трансформатора. Намагничивающие силы этих обмоток создают в магнитопроводе потоки Φ_1 и Φ_2 . Часть этих потоков рассеивается, образуя потоки рассеяния Φ_{p1} и Φ_{p2} (рисунок 1.4).

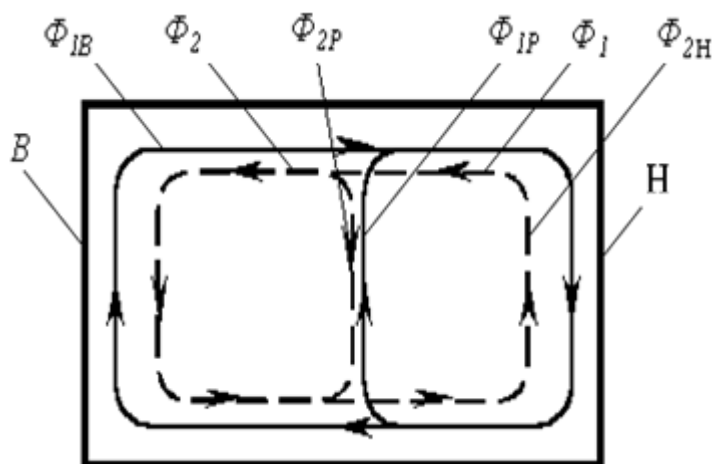


Рисунок – 1.4 – Распределение магнитных потоков в трансформаторе при нагрузке

В нижнем ярме магнитопровода H образуется суммарный магнитный поток Φ_H :

$$\Phi_H = \Phi_1 + \Phi_{2H}.$$

При неизменном первичном напряжении U_1 поток Φ_H остается практически постоянным.

В верхнем ярме магнитопровода B образуется суммарный магнитный поток Φ_B

$$\Phi_B = \Phi_2 + \Phi_{1B}.$$

Магнитный поток в верхнем ярме зависит от суммарного потока рассеяния и определяет ЭДС трансформатора E_2 при нагрузке

$$E_2 = U_d + I_d X_T,$$

где U_d – падение напряжения на дуге, В;

I_d – ток дуги, А;

X_T – индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

Короткое замыкание. При коротком замыкании напряжение трансформатора уравнивается падением напряжения на его индуктивном сопротивлении:

$$E_2 = I_{к.з} X_T,$$

где $I_{к.з.}$ – ток короткого замыкания, А.

Пользуясь векторной диаграммой трансформатора с повышенным магнитным рассеянием, значения тока и напряжения дуги, тока короткого замыкания можно выразить в аналитической форме:

$$U_d = \sqrt{U_0^2 - I_d^2 X_T^2}; \quad I_d = \sqrt{U_0^2 - U_d^2 / X}; \quad I_{к.з.} = \frac{U_0}{X_T}.$$

Эти зависимости показывают, что изменением индуктивного сопротивления трансформатора X_T можно регулировать режим сварки и величину тока короткого замыкания.

При введении в окно магнитопровода подвижного шунта уменьшается магнитное сопротивление на пути потока рассеяния и он возрастает, увеличивая индуктивное сопротивление трансформатора X_T . При этом токи дуги и короткого замыкания уменьшаются. При выдвигании магнитного шунта из магнитной системы поток рассеяния и индуктивное сопротивление X_T трансформатора уменьшаются, а токи дуги и короткого замыкания увеличиваются.

Таким образом, трансформатор СТШ-500 имеет падающую

внешнюю вольт-амперную характеристику благодаря увеличенному магнитному рассеянию, обусловленному размещением первичной и вторичной обмоток на значительном расстоянии друг от друга и наличию магнитного шунта. Крутизна вольт-амперной характеристики определяется величиной индуктивного сопротивления трансформатора X_T . Следовательно, изменяя положение магнитного шунта, обеспечивается возможность регулирования основного параметра режима сварки – тока дуги (рисунок 1.5).

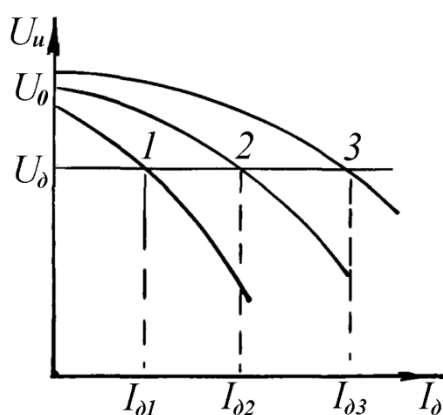


Рисунок 1.5 – Изменение величины сварочного тока в зависимости от положения магнитного шунта: 1 – шунт полностью вдвинут; 2 – среднее положение шунта; 3 – шунт полностью выдвинут

1.2 Цель работы

Изучить конструкцию, принцип действия, правила включения и регулирования режима однопостового сварочного трансформатора типа СТШ-500 с увеличенным магнитным рассеянием. Снять внешние характеристики при разном индуктивном сопротивлении трансформатора.

1.3. Оборудование и приборы

1.3.1 Сварочный трансформатор СТШ-500.

1.3.2 Балластный реостат РБ-300.

1.3.3 Трансформатор тока УТТ-6М1.

1.3.4 Амперметр переменного тока Э30 на 400 А.

1.3.5 Вольтметр переменного напряжения на 100 В.

1.3.6 Соединительные кабели из медного провода сечением не менее 50 мм^2 .

1.3.7 Соединительные провода для подключения измерительных приборов, сечение $1,0 \div 2,0 \text{ мм}^2$.

1.4 Порядок выполнения работы

1.4.1 Ознакомиться с конструкцией и принципом действия сварочного трансформатора СТШ-500 и правилом его включения.

1.4.2 Для снятия внешних характеристик СТШ-500 собрать электрическую схему, согласно рисунка 1.6. В качестве нагрузки используется балластный реостат $PБ$, имеющий ряд секций с определенным омическим сопротивлением. Цепь контактора K используется для режима короткого замыкания. Величина тока во вторичной цепи определяется с помощью трансформатора тока $ТТ$.

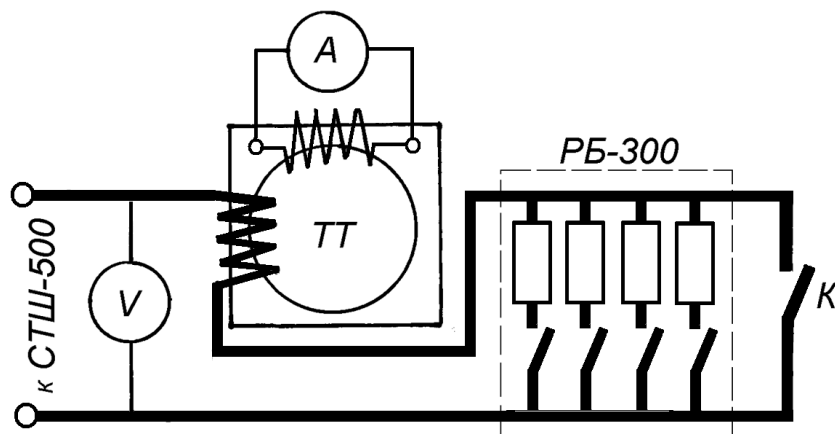


Рисунок 1.6 – Принципиальная схема подключения силовой цепи (толстые линии) и измерительных цепей (тонкие линии) к СТШ-500

1.4.3. Снять внешних характеристик трансформатора $U_2 = f(I_2)$ при трех положениях (двух крайних и среднем) регулятора сварочного тока.

Для снятия характеристик в режиме холостого хода контактор K и ножи балластного реостата $PБ-300$ разомкнуть; в режиме работы под нагрузкой по очереди замыкаются ножи балластного реостата

(1÷5); в режиме короткого замыкания ножи балластного реостата РБ-300 разомкнуть, а контактор K замкнуть.

Экспериментальные данные занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

Замыкание ножей РБ-300	Шунт вдвинут		Шунт выдвинут на 30 оборотов		Шунт выдвинут полностью	
	U_2	I_2	U_2	I_2	U_2	I_2
Холостой ход						
1						
2						
3						
4						
5						
Короткое замыкание						

1.4.4 По результатам выполнения пункта 1.4.3 построить графики внешних характеристик трансформатора $U_2 = f(I_2)$.

1.4.5 Снять и построить регулировочные характеристики трансформатора при постоянном сопротивлении нагрузки.

Экспериментальные данные занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты измерений

Положение частей магнитного шунта	Замыкание ножей РБ-300					
	1		3		5	
	U_2	I_2	U_2	I_2	U_2	I_2
полостью выдвинуты						
выдвинуты на 15 об.						
выдвинуты на 30 об.						
выдвинуты на 45 об.						
полостью вдвинуты						

1.4.6 Определить крутизну KX каждой характеристики, полученной при выполнении экспериментов по пунктам 1.4.3÷1.4.5.

$$KX = \Delta U_2 / \Delta I_2 .$$

1.5 Содержание отчета

1.5.1 Дать описание устройства трансформатора СТШ-500.

1.5.2 Начертить графики полученных внешних и регулировочных характеристик трансформатора.

1.5.3 Рассчитать крутизну полученных внешних и регулировочных характеристик трансформатора.

1.5.4 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.

1.6 Контрольные вопросы

1.6.1 Дайте классификацию сварочных трансформаторов.

1.6.2 Как повлияет на величину тока дуги увеличение зазора между пакетами магнитного шунта в трансформаторе СТШ-500?

1.6.3 Как осуществляется ступенчатая регулировка тока в трансформаторе СТШ-500?

1.6.4 Каково назначение емкостного фильтра в конструкции трансформатора СТШ-500?

1.6.5 Стабилизирован ли режим сварки при изменении сетевого напряжения в трансформаторе СТШ-500?

1.6.6 Какова форма внешней характеристики трансформатора СТШ-500 и чем в его конструкции она обеспечена?

1.6.7 В каких режимах может работать трансформатор СТШ-500?

1.6.8 Что необходимо предпринять для сварки на токах, превышающих номинальный ток трансформатора СТШ-500?

Лабораторная работа № 2. Расчет параметров трансформатора для ручной дуговой сварки

2.1 Общие сведения

Дуговая сварка занимает ведущее место в сварочном производстве. Повышение качества и производительности при изготовлении

сварных конструкций можно достичь как путем совершенствования и разработки новых технологических процессов дуговой сварки, так и путем освоения и разработки в производстве оборудования, отвечающего современным требованиям.

Основу оборудования для дуговой сварки составляют источники сварочного тока для ручной дуговой сварки штучными электродами, полуавтоматы и автоматы для сварки плавящимся электродом под флюсом и в защитных газах, установки для сварки неплавящимся электродом, специальное оборудование для сварки конкретных изделий.

Оборудование для сварки штучными электродами остается наиболее распространенной группой оборудования и включает в себя:

- трансформаторы;
- выпрямители;
- преобразователи;
- агрегаты;
- специальные источники.

Благодаря технологической гибкости ручной сварки штучными электродами, возможности сварки в различных пространственных положениях и простоте организации работ, эти источники широко применяются в промышленности, строительстве и эксплуатируются в сложных климатических условиях.

Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе в качестве источников питания используются понижающие сварочные трансформаторы. В сравнении с источниками питания постоянного тока сварочные трансформаторы имеют следующие достоинства: простота конструкции, надежность в работе, простейшее обслуживание, невысокая стоимость.

Основным узлом современных источников переменного тока является, как правило, однофазный сварочный трансформатор той или иной конструкции. Сварочный трансформатор понижает напряжение сети до необходимого для сварки значения, самостоятельно или в комплекте с дополнительными устройствами обеспечивает формирование требуемых статических внешних характеристик и ре-

гулирование сварочного тока.

Сварочные трансформаторы подразделяются на:

1) трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием (находят ограниченное применение).

2) трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием (применяются очень широко).

3) трансформаторы с подвижными магнитными шунтами (применяются ограниченно).

4) трансформаторы с тиристорным управлением.

В настоящее время промышленностью выпускаются в основном только трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием, т.к. они проще по конструкции, дешевле в изготовлении, удобнее в эксплуатации. Падающая внешняя характеристика трансформатора, необходимая для стабильного зажигания и горения дуги, обеспечивается за счет искусственного увеличения магнитных потоков рассеяния (индуктивности рассеяния).

2.1.1 Сварочные трансформаторы с механическим регулированием.

В эту группу источников входят трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием, а именно трансформаторы с подвижными обмотками и с подвижными магнитными шунтами и трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием, работающие в комплекте с дополнительной реактивной катушкой – дросселем.

Трансформаторы с подвижными обмотками. Трансформаторы с развитым магнитным рассеянием и подвижными обмотками выполняются с магнитопроводами броневые и стержневые типа (рисунки 2.1). Одна из обмоток трансформатора, обычно первичная, выполняется неподвижной, другая - подвижной. Повышенное магнитное рассеяние создаст крутопадающую характеристику сварочного трансформатора, которая необходима для стабильного горения дуги.

При уменьшении расстояния между обмотками магнитное рассеяние уменьшается, соответственно, уменьшается индуктивное сопротивление трансформатора, сила сварочного тока увеличивается. При увеличении расстояния между катушками сила сварочного тока

уменьшается. Но при большом раздвижении обмоток эффективность регулирования тока снижается при непрерывном росте массы магнитопровода. Поэтому большой диапазон плавного регулирования в трансформаторах с подвижными обмотками нецелесообразен.

Для расширения пределов регулирования тока при ограничении массы магнитопровода применяется плавно-ступенчатое регулирование путем одновременного переключения числа витков первичной и вторичной обмоток. Схемы трансформаторов с плавно-ступенчатым регулированием приведены на рисунке 2.1, *а, б, в*.

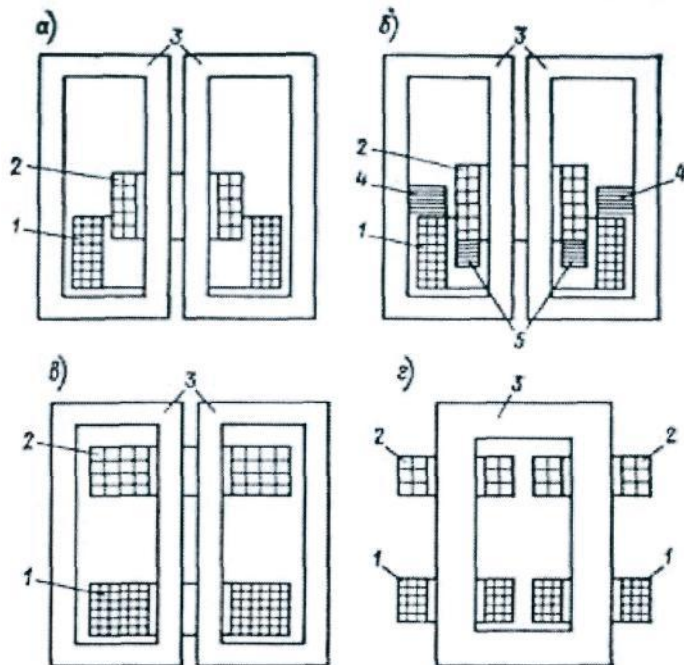


Рисунок 2.1 – Конструкции трансформаторов с подвижными обмотками:
а, б, в – магнитопровод броневое типа; *г* – магнитопровод стержневого типа;
1 – первичная обмотка; *2* – вторичная обмотка; *3* — магнитопровод

Две ступени регулирования для трансформатора по схеме, приведенной на рисунке 2.2, *а* соответствуют параллельному или последовательному соединению катушек обмоток на разных стержнях. При этом напряжение холостого хода не изменяется, а индуктивное сопротивление обмоток изменяется в четыре раза. Общая кратность регулирования тока составляет 1 к 16. Такое глубокое регулирование тока на практике не используется.

Для уменьшения высоты магнитопровода, массы и габаритов трансформатора в целом разработана схема трансформатора (рисунок 2.2,б) с частичным отключением витков катушек первичной обмотки при переходе с параллельного их соединения на последовательное. Напряжение холостого хода в диапазоне малых токов повышается, что благоприятно сказывается на стабильности горения дуги.

На рисунке 2.2,в приведена схема трансформатора, в котором катушки первичной обмотки включены последовательно. Катушки вторичной обмотки на ступени больших токов включены параллельно, а при переходе на ступень малых токов одна катушка вторичной обмотки отключается. С таким подключением обмоток индуктивное сопротивление изменяется примерно в два раза.

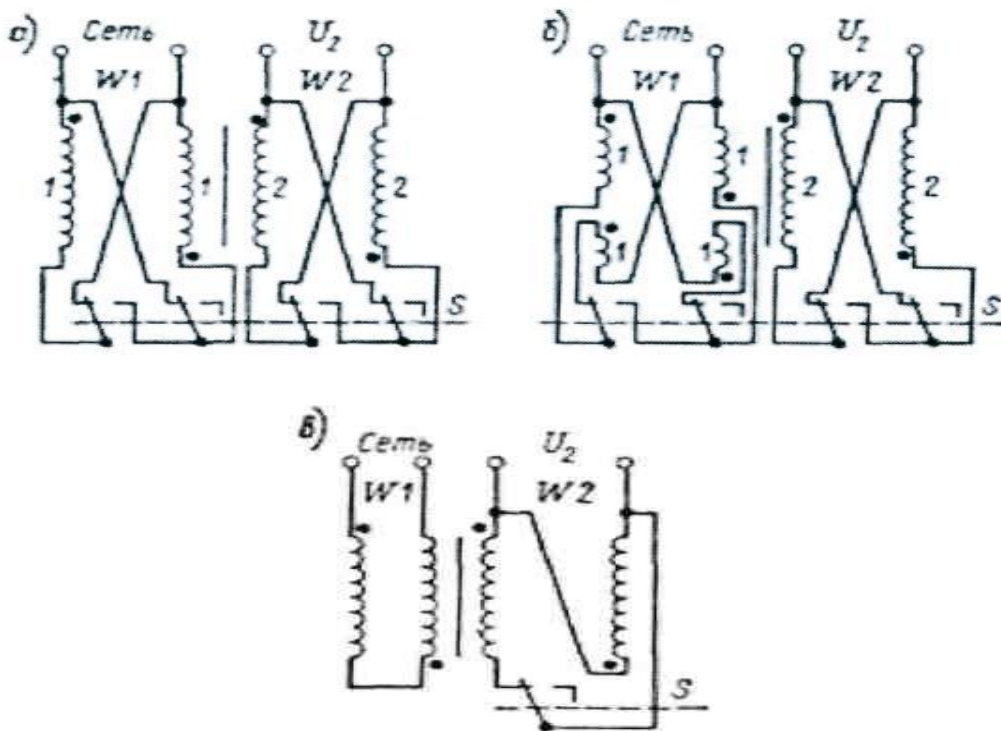


Рисунок 2.2 – Схемы трансформаторов с плавно-ступенчатым регулированием

2.1.2 Элементы расчета трансформатора

Исходными данными при расчете являются расчетная мощность трансформатора, продолжительность нагрузки, номинальный ток и

пределы его регулирования, номинальное рабочее напряжение, напряжение холостого хода и тепловой режим, на который рассчитывается трансформатор (класс изоляции обмоток).

При плавно-ступенчатом регулировании проверочный расчет индуктивных сопротивлений и пределов регулирования тока производится для обеих ступеней (диапазонов).

Расчет выполняется в следующем порядке:

Минимальное и максимальное индуктивные сопротивления, обеспечивающие заданные пределы регулирования, Ом:

$$x_{min} = \frac{\overline{U_{20}^2 - U_{22}^2}}{I_{22}} ; \quad x_{max} = \frac{\overline{U_{20}^2 - U_{21}^2}}{I_{21}} \quad (2.1)$$

где: I_{22} и I_{21} – максимальный и минимальный ток нагрузки, А;
 U_{22} и U_{21} – рабочие напряжения, соответствующие токам нагрузки I_{22} и I_{21} , В.

Рабочие напряжения находим по формуле:

$$U_2 = 20 + 0,04 \cdot I_2 \quad (2.2)$$

Числа витков обмоток. В сварочном трансформаторе выбор числа витков обмоток имеет принципиальное значение, так как витки определяют пределы регулирования сварочного тока. Для выбора числа витков обмоток w_1 , w_2 рекомендуется пользоваться эмпирической зависимостью параметра e_w (в вольтах на виток) от расчетной мощности трансформатора (в киловольт-амперах), приведенной к длительному по нагреву току трансформатора:

$$e_w = 0,55 + 0,095 \cdot P_{дл} . \quad (2.3)$$

Мощность в кВ·А:

$$P_{дл} = U_{20} \cdot I_{2ном} \frac{\overline{ПН}}{100} \cdot 10^{-3} \quad (2.4)$$

где: $I_{2ном}$ – номинальный вторичный ток, А;
 $\overline{ПН}$ – продолжительность нагрузки, %.

Числа витков обмоток:

$$w_1 = U_1 / e_w, \quad w_2 = U_{20} / e_w, \quad (2.5)$$

где: U_1 – напряжение сети, В.

Числа витков катушек.

При параллельном соединении катушек:

$$w_{1к} = w_1; \quad w_{2к} = w_2. \quad (2.6)$$

При последовательном соединении:

$$w_{1к} = w_1 / 2; \quad w_{2к} = w_2 / 2. \quad (2.7)$$

Номинальный ток первичной обмотки в амперах:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{I_{2\text{НОМ}} K_{\mu}}{n} \quad (2.8)$$

где: K_{μ} – коэффициент, учитывающий намагничивающий ток трансформатора, $K_{\mu} = 1,05 \dots 1,1$;

n – коэффициент трансформации, $n = w_1 / w_2$.

Сечение магнитопровода трансформатора, см²:

$$S_c = \frac{U_{20} \cdot 10^4}{4,44 f w_2 B_m} \quad (2.9)$$

где: B_m – индукция в сердечнике, Тл. Для холоднокатаной стали индукция $B_m = 1,6 \dots 1,7$ Тл;

f – частота питающей сети, $f = 50$ Гц.

Конструктивные размеры трансформатора.

Расчет конструктивных размеров произведен применительно к стержневой конструкции, эскиз которой показан на рисунке 2.3.

а) Ширина пластины стержня a и ширина окна $c_{\text{ок}}$ магнитопровода, мм:

$$a = \frac{\overline{s_c \cdot 10^2}}{p_1 \cdot k_c}; \quad c_{\text{ок}} = b / p_2, \quad (2.10)$$

где: $p_1 = b / a = 1,8 \dots 2,2$; $p_2 = 1,0 \dots 1,2$;
 $k_c = 0,95 \dots 0,97$ – коэффициент заполнения стали;
 b – высота набора пакета магнитопровода, мм.

Значение коэффициентов p_1 и p_2 рекомендуется для трансформаторов на токи $315 \div 500$ А, при этом верхние значения соответствуют трансформаторам большей мощности.

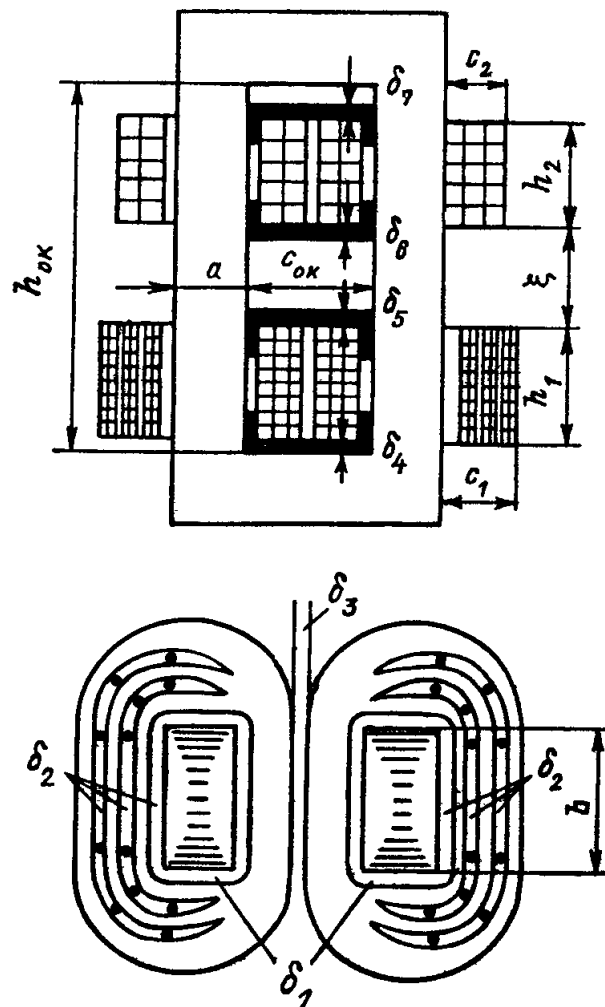


Рисунок 2.3 – К расчету геометрических размеров трансформатора

б) Сечение обмоточных проводов (для параллельного соединения катушек), мм:

$$q_1 = \frac{I_{1\text{НОМ}}}{2J_1} \quad ; \quad q_2 = \frac{I_{2\text{НОМ}}}{2J_2} \quad (2.11)$$

Для трансформаторов на ток до 500 А класса изоляции H для ручной дуговой сварки, изготовленных из алюминиевого провода, могут быть рекомендованы следующие значения плотностей тока: $J_1 = 2,4 \dots 2,8$ А/мм², $J_2 = 2,1 \dots 2,3$ А/мм², нижние значения J_1 и J_2 соответствуют трансформаторам большей мощности. Для первичной обмотки обычно используется провод марки АПСД (таблицы А.1, А.2 Приложения А), для вторичной – голая шина марки АДО (таблица А.7).

в) Размеры провода, выбираемые исходя из требуемых сечений провода по таблицам стандартов или технических условий:

$a_{1\text{п}}, b_{1\text{п}}$ – ширина и высота провода первичной обмотки, мм;

$a_{2\text{п}}, b_{2\text{п}}$ – ширина и высота шины вторичной обмотки, мм;

$a'_{1\text{п}}, b'_{1\text{п}}, a'_{2\text{п}}, b'_{2\text{п}}$ – соответствующие размеры провода и шины в изоляции, $a'_{\text{п}} \approx (a_{\text{п}} + 0,4)$ мм;

Высоту провода следует выбирать по возможности меньшей, так как добавочные потери в обмотках от потоков магнитного рассеяния трансформатора пропорциональны четвертой степени высоты провода.

Конструктивно крепежные размеры (рисунок 2.3):

а) изоляционные расстояния обмоток в окне от магнитопровода $\delta_1 = (5 \dots 10)$ мм. Верхнее значение соответствует подвижной обмотке;

б) ширина вентиляционных каналов в обмотках $\delta_2 = (10 \dots 13)$ мм;

в) ширина прокладки между катушками первичной обмотки $\delta_3 = (1,5 \dots 2,0)$ мм;

г) размеры крепежных изоляционных деталей первичной обмотки $\delta_4 = \delta_5 = 10$ мм; то же для вторичной обмотки $\delta_6 = \delta_7 = 10 \dots 13$ мм;

Размеры катушки первичной обмотки:

а) ширина катушки, мм:

$$c_{1\text{к}} = (c_{\text{ок}} - 2 \cdot \delta_1 - \delta_3) / 2 \quad ; \quad (2.12)$$

б) число слоев в катушке:

$$n_{1\text{сл}} = c_{1\text{к}} / [(a_{1\text{п}}^1 + k_{\text{и}}) \cdot k_{\text{у}}] , \quad (2.13)$$

где: $k_{\text{и}} = 0,15$ мм – толщина межслоевой изоляции; $k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий неплотность укладки проводников;

в) число витков в слое, мм:

$$w_{\text{сл}} = w_{1\text{к}} / n_{1\text{сл}} ; \quad (2.14)$$

г) высота катушки, мм:

$$h_1 = w_{\text{сл}} \cdot b_{1\text{п}}^1 \cdot k_{\text{у}} . \quad (2.15)$$

Коэффициент зависимости напряжения холостого ($U_{\text{хх}}$) хода от рабочего напряжения ($U_{\text{р}}$):

$$\varepsilon_0 = U_{\text{хх}} / U_{\text{р}} ,$$

где ε_0 должно находиться в пределах $0,8 \div 2,5$.

Размеры катушки вторичной обмотки.

Вторичная обмотка наматывается «на ребро» голой алюминиевой шиной марки АДО. Выбор размера шины и внутреннего радиуса намотки «на ребро» производится из условия, что относительное удлинение волокон шины по наружному радиусу должно быть не более 30%, в противном случае могут появиться разрывы шины при намотке.

Высота катушки, мм:

$$H_2 = w_{2\text{к}} \cdot b_{2\text{п}}^1 \cdot k_{\text{у}} . \quad (2.16)$$

Высота окна магнитопровода, мм:

$$h_{\text{ок}} = \delta_4 + h_1 + \delta_5 + \delta_6 + h_2 + \delta_7 . \quad (2.17)$$

Расчет сварочного трансформатора производится по вариантам, для которых исходные данные приведены в таблице А.3 Приложения А.

2.2 Цель работы

2.2.1 Изучить конструкцию и электрические схемы сварочных трансформаторов.

2.2.2 На основе исходных данных рассчитать оптимальные геометрические размеры сварочного трансформатора с учетом его регулировочных свойств.

2.3 Требования к оформлению отчета по работе

Отчет должен включать:

- название и цель работы;
- основную часть (краткая постановка задач работы; краткая характеристика объекта);
- исходные данные, расчеты, эскиз трансформатора по полученным размерам (в масштабе);
- обоснование результатов выполнения работы в виде кратких, но принципиально необходимых доказательств, обоснований, разъяснений, анализов, оценок, обобщений и выводов;
- общий вывод по работе.

2.4 Контрольные вопросы

2.4.1 Перечислите основные элементы сварочного трансформатора.

2.4.2 Перечислите основные способы регулирования сварочного тока в сварочных трансформаторах, назовите их преимущества и недостатки.

2.4.3 Для чего секционируется первичная обмотка сварочного трансформатора?

2.4.4 Перечислите основные типы магнитопроводов, назовите

их конструктивные отличия, преимущества и недостатки.

2.4.5 Расскажите принцип работы сварочного трансформатора, укажите преимущества и недостатки трансформатора по сравнению с другими источниками питания.

2.4.6 Каково назначение дросселя в сварочном трансформаторе?

2.4.7 В чем заключается механизм изменения тока в сварочном трансформаторе с повышенным магнитным рассеянием?

2.4.8 Какова вольт-амперная характеристика сварочного трансформатора, объясните почему?

Лабораторная работа №3. Графоаналитическое построение вольтамперной характеристики сварочного трансформатора

3.1 Общие положения

3.1.1 Аналитический расчет

Расчет параметров вольтамперной характеристики выполняется для трансформатора, рассчитанного в предыдущей работе (лабораторная работа №2).

Определяется средняя длина витка L_{cp} (м) по эскизу вторичной обмотки.

Рассчитывается полная длина вторичной обмотки L_2 , м

$$L_2 = w_2 \cdot L_{cp} \quad (3.1)$$

Активное сопротивление вторичной обмотки R_2 , Ом

$$R_2 = \rho \frac{L_2}{S_2} \quad (3.2)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление выбранной марки провода;

S_2 – площадь поперечного сечения провода.

Максимальное и минимальное индуктивное сопротивление x_2 , Ом

$$x_{2min} = \frac{\overline{U_{20}^2 - U_{\text{д}}^2}}{I_{2min}} ; \quad x_{2max} = \frac{\overline{U_{20}^2 - U_{\text{д}}^2}}{I_{2max}} \quad (3.3)$$

где: I_{2max} и I_{2min} – максимальный и минимальный ток нагрузки, А;
 $U_{\text{д}}$ – рабочее напряжение, соответствующее токам
нагрузки I_{2max} и I_{2min} , В.

Рабочие напряжения находим при соответствующих значениях тока I_2 по формуле:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot I_2 \quad (3.4)$$

где $U_{\text{д}}$ – рассчитываем по формуле (20).

Полное сопротивление обмоток трансформатора Z_{k1} и Z_{k2} , соответственно, полностью сближенных и разнесенных на величину ξ :

$$Z_{k1} = \overline{x_{2min}^2 + R_2^2} ; \quad (3.5)$$

$$Z_{k2} = \overline{x_{2max}^2 + R_2^2} .$$

Токи короткого замыкания, соответственно,

$$I_{кз1} = \frac{U_{\text{xx}}}{Z_{k1}} ; \quad (3.6)$$

$$I_{кз2} = \frac{U_{\text{xx}}}{Z_{k2}} .$$

Сдвиг по фазе (угол φ) между напряжением U и током $I_{кз}$:

$$\varphi_1 = \arccos \frac{I_{кз1} \cdot R_2}{U_{\text{xx}}} ; \quad (3.7)$$

$$\varphi_2 = \arccos \frac{I_{кз2} \cdot R_2}{U_{\text{xx}}} .$$

Используя результаты расчета, строятся вольтамперные характеристики $U_2 = f(I_2)$ для двух крайних положений катушек вторичной обмотки относительно катушек первичной обмотки.

3.1.2 Графическое построение вольтамперных характеристик

Построение выполняется следующим образом (рисунок 3.1).

На вертикальной оси в выбранном масштабе откладывается величина напряжения холостого хода U_{xx} (точка 1) и радиусом $U_{xx}/2$ строится окружность.

Под углом $\beta = 90^\circ - \varphi$ из начала координат проводится луч $0 - 0_1$, на котором в выбранном масштабе токов откладывается значение тока короткого замыкания $I_{кз}$ и радиусом $I_{кз}/2$ строят вторую полуокружность.

Из начала координат под произвольными углами проводят три – четыре луча ($0 - 0_1, 0 - 0_2, 0 - 0_3$) так, чтобы каждый из них пересекал обе полуокружности.

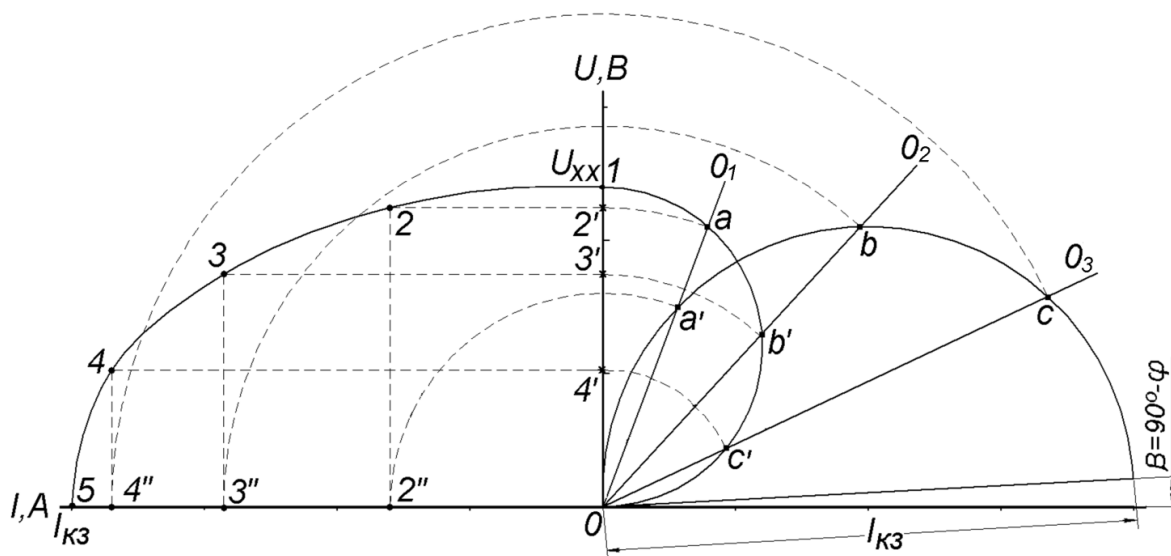


Рисунок 3.1 – Графическое построение вольтамперной характеристики трансформатора

Из начала координат радиусом $0-a$ проводят дугу окружности до пересечения с вертикальной осью (точка 2'), затем радиусом $0-a'$ – дуга окружности до пересечения с горизонтальной осью (точка 2'').

Из точек 2' и 2'' к соответствующим осям восстанавливают перпендикуляры до пересечения друг с другом (точка 2). Эта точка пересечения принадлежит искомой вольтамперной характеристике.

Аналогичным способом получают точки 3 и 4. Точку 5 получают, отложив на горизонтальной оси в принятом масштабе величину тока $I_{кз}$. Соединив плавной кривой точки 1, 2, 3, 4 и 5 получают графическое изображение вольтамперной характеристики.

Таким образом, в задании для конкретного варианта трансформатора строятся две характеристики для двух крайних значений тока $I_{кз1}$ и $I_{кз2}$. Поле, заключенное между двумя крайними вольтамперными характеристиками, представляет собой регулировочное поле режимов сварки для данного трансформатора.

3.2 Цель работы

Для трансформатора, рассчитанного в практической работе №2, построить графоаналитическим методом его внешние характеристики.

3.3 Содержание отчета

- выполнить аналитический расчет;
- используя результаты расчета, построить вольтамперные характеристики $U_2 = f(I_2)$ для двух крайних положений катушек вторичной обмотки относительно катушек первичной обмотки;
- определить крутизну внешних характеристик;
- на графике внешних характеристик заштриховать регулировочное поле режимов сварки данного трансформатора;
- сделать выводы по работе.

Лабораторная работа № 4. Изучение особенностей устройства и исследование режима работы сварочного выпрямителя ВС-300

4.1 Общие сведения

Выпрямитель ВС-300 предназначен для сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, а также может быть использован, например, для сварки под флюсом, порошковой проволокой, легированной электродной проволокой без газовой защиты и т. д.

Выпрямитель ВС-300 прост по устройству и обладает высокой надежностью в работе. Он собран по общей принципиальной схеме, характерной для выпрямителей серии ВС (ВС-200, ВС-500, ВС_600) и отличается, в основном, только мощностью и количеством ступеней регулирования. На рисунке 4.1 приведен вид внутреннего устройства (стенки корпуса сняты), а на рисунке 4.2 – принципиальная схема выпрямителя типа ВС-300.

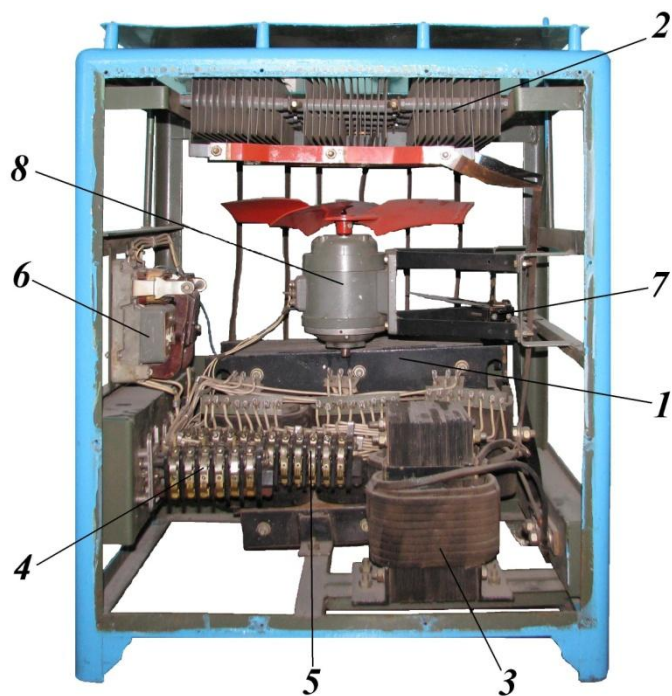


Рисунок 4.1 – Выпрямитель ВС-300 : 1 – трансформатор силовой; 2 – выпрямительный блок; 3 – дроссель; 4 – переключатель регулирования напряжения «Грубо»; 5 – переключатель регулирования напряжения «Плавно»; 6 – магнитный пускатель; 7 – реле контроля вентиляции; 8 – двигатель вентилятора

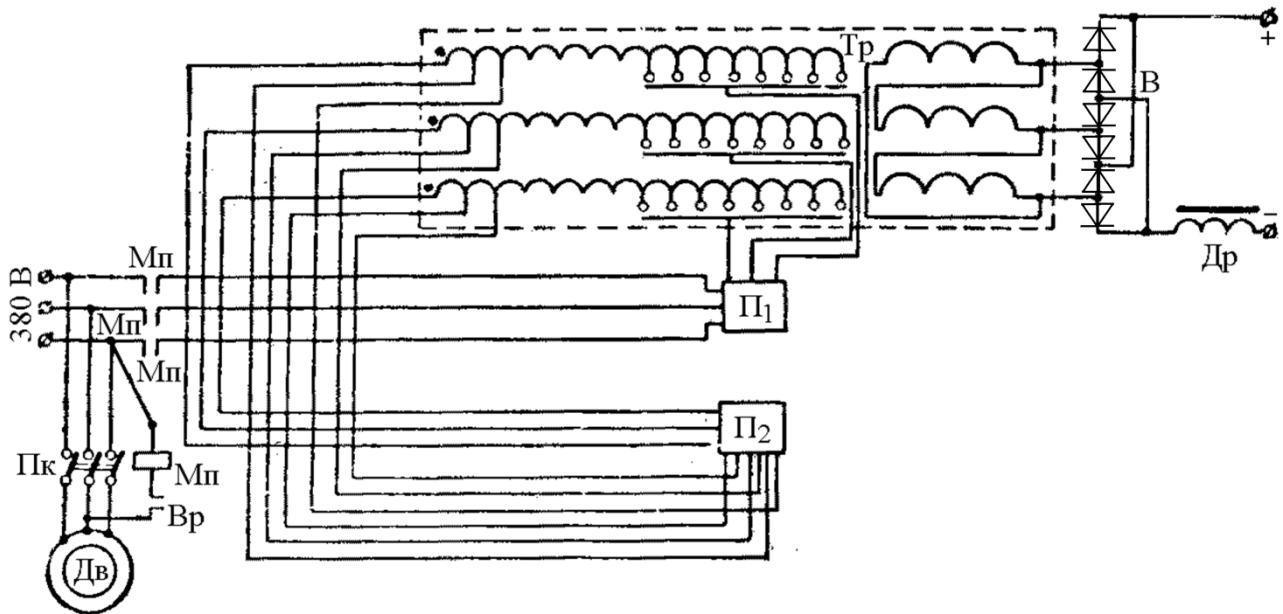


Рисунок 4.2 – Принципиальная электрическая схема выпрямителя ВС-300: T_p — трансформатор силовой; Π_1 и Π_2 — переключатели для регулирования напряжения; B — выпрямительный блок; $Др$ — дроссель; Mn — магнитный пускатель; Bp — реле контроля вентиляции; $Дв$ — двигатель вентилятора

Как и все другие выпрямители этой серии, он состоит из трехфазного понижающего трансформатора с нормальным магнитным рассеянием и секционированной первичной обмоткой, выпрямительного блока, собранного из селеновых вентилей по схеме А. Ларионова, переключателей грубой и тонкой регулировки, дросселя, двигателя вентилятора и реле контроля вентиляции.

За счет трансформатора с нормальным магнитным рассеянием ВС-300, как и другие выпрямители ВС, имеет естественные пологопадающие внешние характеристики. Напряжение холостого хода и соответственно рабочее напряжение выпрямителя регулируются ступенями первичной обмотки трансформатора посредством универсальных переключателей, которые обеспечивают симметричное изменение числа витков этой обмотки. **Внимание! При переключении ступеней нагрузка отключается.** Дроссель в цепи выпрямленного тока ограничивает скорость нарастания тока короткого замыкания. Вентилятор обеспечивает принудительное охлаждение. С помощью реле контроля вентиляции можно обесточить катушку магнитного пускателя и отключить от сети выпрямитель.

По своим динамическим свойствам выпрямитель удовлетворяет требованиям, предъявляемым к источникам питания, применяемым для сварки в углекислом газе электродной проволокой диаметром $0,8 \div 1,2$ мм. Если необходимо выполнить сварку в углекислом газе электродной проволокой диаметром $1,6 \div 3$ мм, то для понижения скорости нарастания тока короткого замыкания в сварочную цепь последовательно с уже имеющейся, включается дополнительная индуктивность, например, дроссель типа А-885.

Выпрямитель представляет собой преобразователь трехфазного переменного тока напряжением 380 В, в постоянный, напряжением от 20 до 40 В.

Силовой трансформатор. В выпрямителях обычно используются трехфазные понижающие трансформаторы с нормальным или повышенным магнитным рассеянием. Трехфазные трансформаторы обеспечивают равномерную загрузку питающей сети по фазам. При работе источника на малых токах обмотки трансформатора соединены в звезду (Y), при работе на больших токах - в треугольник (Δ).

Выходное напряжение трансформатора в режиме холостого хода определяется как

$$U_2 = U_{\text{хх}} = U_1 \frac{\omega_2 \cdot K_M}{\omega_1} ,$$

где U_1 – напряжение на первичной обмотке трансформатора;

ω_1 – число витков первичной обмотки трансформатора;

ω_2 – число витков вторичной обмотки трансформатора;

K_M – коэффициент магнитной связи между обмотками.

Трансформатор выпрямителя ВС-300 с нормальным магнитным рассеянием, поэтому для него $K_M \cong 1$. Первичная обмотка разбита на 24 секции с различным числом витков в каждой. Переключая секции, можно получить 24 значения напряжения на выходе трансформатора. Для этой цели выпрямитель имеет два универсальных переключателя, расположенных на боковой стенке – один для грубой регулировки напряжения (3 ступени) и второй – для тонкой регулировки (8 ступеней) в каждой из трех.

Выпрямительный блок. Собран по трехфазной мостовой схеме выпрямления из селеновых вентилей. Каждый вентиль пропускает

ток в одном направлении в течение одной трети периода, поэтому пульсация выпрямленного тока имеет шестифазную частоту (300 Гц при частоте питающей сети 50 Гц (рисунок 4.3)).

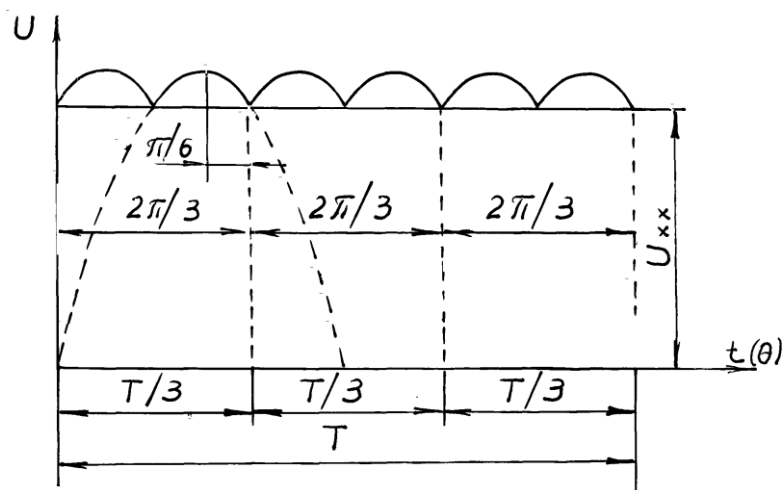


Рисунок 4.3 – График изменения во времени выпрямленного напряжения

Таким образом, при трехфазной мостовой схеме выпрямления кривые выпрямленного напряжения и тока получаются достаточно хорошо сглаженными, что очень важно для создания условий устойчивого горения дуги.

Линейный сглаживающий дроссель. Включается последовательно в сварочную цепь и служит для ограничения пиковых значений токов короткого замыкания, возникающих при шунтировании дуги каплями переносимого металла с электрода в сварочную ванну, а также для сглаживания фронта нарастания тока короткого замыкания. При наличии линейного дросселя в сварочной цепи сварочная ванна формируется спокойно без разбрызгивания.

Пускозащитная аппаратура (ПЗА). Предназначена для подключения выпрямителя под нагрузку и защиты выпрямляющего блока от перегрева. Охлаждение выпрямительного блока воздушное принудительное и создается вентилятором с приводным электродвигателем. Воздушный поток, воздействуя на пластину воздушного реле «Вр» (рисунок 4.2), замыкает контакт тяговой обмотки магнитного пускателя «Мп», что приводит к замыканию его контактной группы и подключению самого источника в сеть. При неправильном направ-

лении вращения вентилятора или его повреждении не произойдет включение выпрямителя, а если он находится в состоянии работы, то произойдет его отключение.

4.2 Цель работы

- Изучить конструкцию и принцип работы выпрямителя ВС-300.
- Освоить методику снятия внешних характеристик выпрямителя.
- Произвести анализ полученных характеристик.

4.3 Оборудование и приборы

4.3.1 Сварочный выпрямитель ВС-300.

4.3.2 Балластный реостат РБ-300.

4.3.3 Калиброванный шунт $75 \text{ мВ} = 300 \text{ А}$.

4.3.4 Милливольтметр постоянного напряжения на 100 мВ .

4.3.5 Вольтметр постоянного напряжения на 100 В .

4.3.6 Соединительные кабели из медного провода сечением не менее 50 мм^2 .

4.3.7 Соединительные провода для подключения измерительных приборов, сечение $1,0 \div 2,0 \text{ мм}^2$.

4.4 Порядок выполнения работы

4.4.1. Ознакомиться с конструкцией выпрямителя, расположением всех его основных узлов, соединений, правилами включения.

4.4.2. Собрать электрическую цепь для проведения испытаний выпрямителя под нагрузкой, используя в качестве последней балластный реостат РБ (рисунок 4.4).

4.4.3 В режиме холостого хода (нагрузка на источник отсутствует – ножи балластного реостата разомкнуты), пользуясь переключателями ступеней первичной обмотки трансформатора (3 ступени – грубое регулирование, 8 ступеней – плавное), определить возможный диапазон и значения выпрямленного напряжения холостого хода (24 значения). Результаты занести в таблицу 4.1.

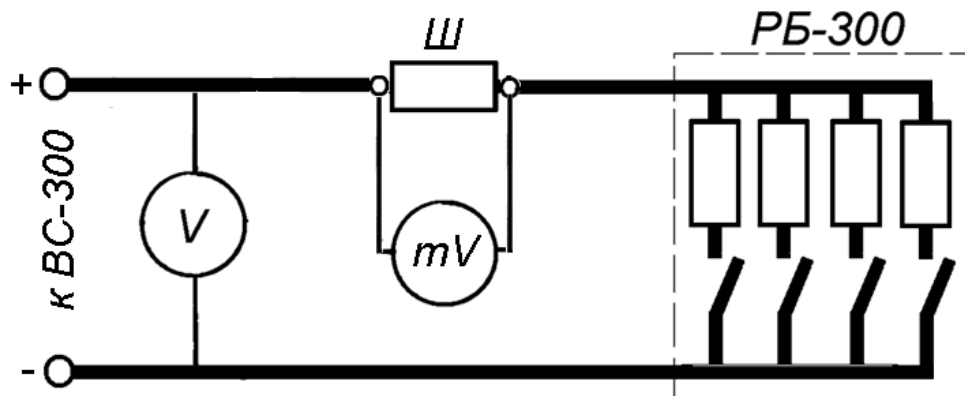


Рисунок 4.4 – Схема включения выпрямителя ВС-300 под нагрузку

Таблица 4.1 – Значения напряжения холостого хода выпрямителя $U_{\text{ХХ}}$, В на разных ступенях регулирования

Положение переключателя «плавной» регулировки	Положение переключателя «грубой» регулировки		
	1	2	3
1			
2			
.....			
8			

4.4.4 Задаваясь различными значениями тока нагрузки с помощью балластного реостата, получить данные для построения вольт-амперных характеристик источника. Построить графическую зависимость для трех значений напряжения холостого хода:

$$U_{\text{ХХ}} = 20 \text{ В}; U_{\text{ХХ}} = 30 \text{ В}; U_{\text{ХХ}} = 38 \text{ В}.$$

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ! При испытании источника с напряжением $U_{\text{ХХ}} = 38 \text{ В}$, ток нагрузки задавать в пределах от 0 до 200А! Результаты свести в таблицу 4.2.

4.5 Содержание отчета

В отчете необходимо представить:

4.5.1 Описание конструкции, принципа действия выпрямителя

согласно его электрической схемы.

4.5.2 Электрическую схему внешнего соединения выпрямителя на нагрузку.

4.5.3 Таблицы полученных результатов.

4.5.4 Графики внешних характеристик источника.

4.5.6 Рассчитать крутизну полученных внешних характеристик.

4.5.7 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.

Таблица 4.2 – Значения напряжения и тока при различной нагрузке

Замыкание ножей РБ-300	$U_{xx} = 38 \text{ В};$		$U_{xx} = 20 \text{ В};$		$U_{xx} = 30 \text{ В};$	
	$I_{д}, \text{ А}$	$U_{д}, \text{ В}$	$I_{д}, \text{ А}$	$U_{д}, \text{ В}$	$I_{д}, \text{ А}$	$U_{д}, \text{ В}$
1						
2						
3						
4						
5						
1-5						
2-5						
3-5						
4-5						

4.6 Контрольные вопросы

4.6.1 К какому типу относится трансформатор выпрямителя ВС-300, какова его внешняя вольтамперная характеристика?

4.6.2 Назовите основные параметры сварочного трансформатора и дайте их определения.

4.6.3 В каких выпрямителях может отсутствовать сглаживающий дроссель?

4.6.4 Поясните схему выпрямителя переменного тока.

Лабораторная работа № 5. Изучение конструктивных особенностей и исследование режима работы источника питания ИПП-300

5.1 Общие положения

Специализированный источник постоянного тока ИПП-300 предназначен для автоматической сварки в защитных газах плавящейся электродной проволокой. Он имеет полого-падающую внешнюю характеристику. Выпрямитель ИПП-300 (рисунок 5.1) состоит из силового трехфазного понижающего трансформатора с нормальным магнитным рассеянием, трехфазного вольтодобавочного трансформатора, трехфазного автотрансформатора с плавной регулировкой напряжения от 0 до 380 В, выпрямительного блока, стабилизирующего дросселя, пускорегулирующей аппаратуры и измерительных приборов. Первичные обмотки силового трансформатора соединены в треугольник (рисунок 5.2) и подключены к сети с напряжением 380 В, вторичные – соединены в звезду. К их концам последовательно подключены вторичные обмотки трехфазного вольтодобавочного трансформатора, первичные обмотки которого также включены в сеть 380 В через автотрансформатор. Источник питания управляется с пульта или дистанционно. Для дистанционного управления предназначен выносной тумблер с фиксированным средним положением. Источник питания включается в схему сварочного автомата или полуавтомата с помощью штепсельного разъема.

Напряжение выпрямителя типа ИПП-300 регулируется вольтодобавочными трансформаторами. Грубая регулировка выполняется встречным (первая ступень) или согласным (вторая ступень) подключением вольтодобавочного трансформатора к главному трансформатору. В первом случае напряжения вычитаются, во втором – складываются. Тонкая регулировка напряжения выпрямителя выполняется плавно автотрансформатором АТ.

Трехфазный автотрансформатор АТ состоит из трех жестко скрепленных однофазных автотрансформаторов (типа РНО-250-2), токосъемные щетки которых укреплены на одной оси.

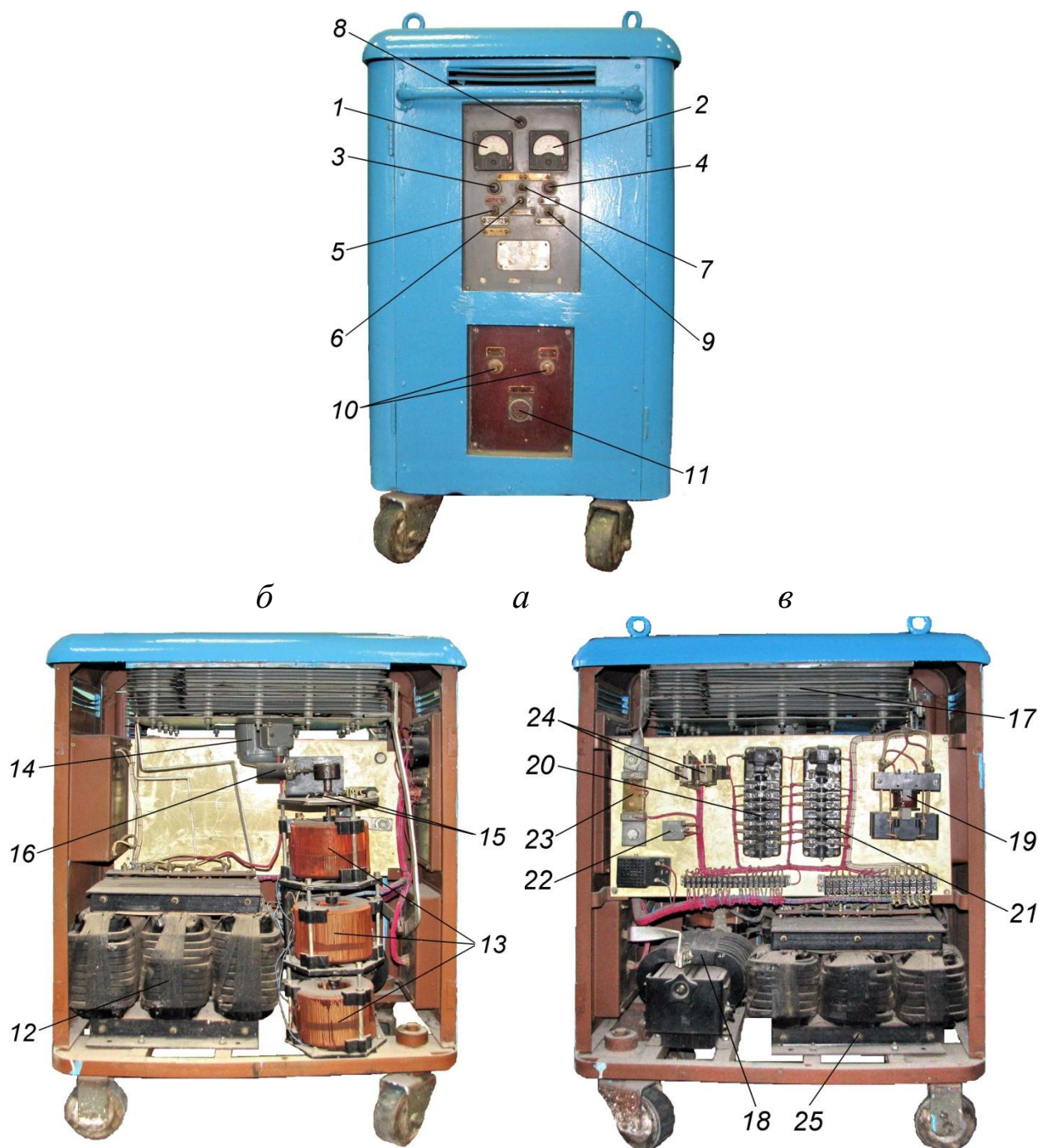


Рисунок 5.1 – Устройство выпрямителя ИПП-300: *а* – вид спереди; *б* – вид слева; *в* – вид справа; 1 – вольтметр; 2 – амперметр; 3 – кнопка ПУСК; 4 – кнопка СТОП; 5 – тумблер переключения ступени; 6 – реверс двигателя; 7 – вращение двигателя; 8 – сигнальная лампа; 9 – управление ВНЕШН.- ВНУТРЕН.; 10 – клемник низкой стороны; 11 – разъем автомата; 12 – силовой трансформатор; 13 – автотрансформатор; 14 – двигатель вентилятора; 15 – переключатели концевые; 16 – двигатель автотрансформатора; 17 – выпрямительный блок силовой; 18 – дроссель; 19 – пускатель магнитный; 20 – реле ступени I; 21 – реле ступени II; 22 – выпрямитель; 23 – шунт; 24 – реле реверса двигателя; 25 – вольтдобавочный трансформатор

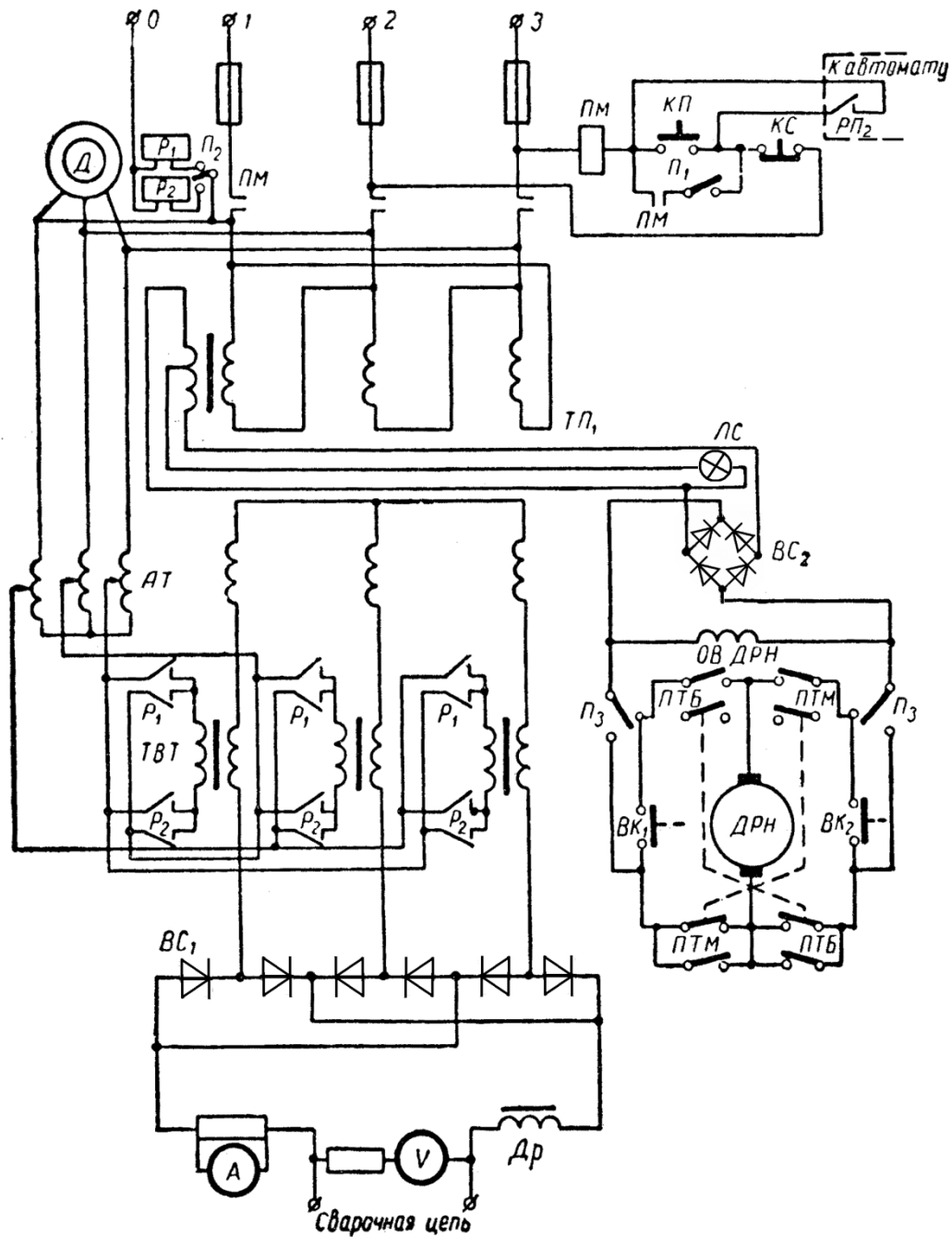


Рисунок 5.2 – Принципиальная электрическая схема выпрямителя ИПП-300: *ТП* – силовой трансформатор; *ТВТ* – вольтодобавочный трансформатор; *АТ* – автотрансформатор; *ВС₁* – выпрямительный блок; *Др* – дроссель стабилизирующий; *Д* – двигатель; *Р* – реле; *ЛС* – сигнальная лампа; *А* – амперметр; *V* – вольтметр; *ПМ* – пускатель магнитный; *ОВ* – обмотка вторичная; *П₁*- *П₂* – переключатели; *ВК₁*- *ВК₂* – концевики; *КС* – кнопка СТОП; *ДРН* – двигатель регулирования напряжения; *КП* – кнопка ПУСК; *ПТМ* и *ПТБ* – переключатели реверса двигателя

Ось приводится во вращение маломощным электродвигателем *ДРН*, включаемым тумблером *ПТБ-ПТМ*. Крайние положения тумблера соответствуют прямому или обратному направлению вращения двигателя и, следовательно, увеличению или уменьшению напряжения выпрямителя. **Внимание! Переключать ступени под нагрузкой нельзя, так как это может вывести из строя трехфазный автотрансформатор.** В пределах каждой ступени допускается плавное регулирование напряжения под нагрузкой.

Силовой трехфазный трансформатор с нормальным магнитным рассеянием и жесткой вольтамперной характеристикой преобразует переменное напряжение 380 В в рабочее напряжение до 26 В. За счет секционирования первичной обмотки трансформатор имеет две ступени выходного напряжения: $U'_2 = 14\text{В}$, $U''_2 = 26\text{В}$.

Выпрямительный силовой блок собран из селеновых вентилях по 3-х фазной мостовой схеме. Охлаждение вентилях воздушное, принудительное.

Линейный дроссель включается последовательно в цепь дуги и предназначен для ограничения скорости нарастания тока короткого замыкания и сглаживания пиков токов короткого замыкания, возникающих при шунтировании дуги каплями переносимого с конца электрода расплавленного металла. При отсутствии линейного дросселя происходит интенсивное разбрызгивание металла сварочной ванны.

Пускозащитная аппаратура предназначена для подключения выпрямителя в сеть и защиты выпрямляющего блока от перегрева: охлаждение выпрямительного блока воздушное, принудительное и создается вентилятором с приводным электродвигателем. Воздушный поток, действуя на пластину, замыкает контакт *РП₂* тяговой обмотки магнитного пускателя *ПМ*, что приводит к замыканию его контактной группы и подключению самого источника в сеть. При неправильном направлении вращения вентилятора или его повреждении не произойдет включение выпрямителя, а если он находится в состоянии работы, то произойдет его отключение.

5.2 Цель работы

Изучение конструкции специализированного источника питания ИПП-300, принципа его действия, методов регулирования и настройки режима сварки. Освоить методику снятия внешних характеристик выпрямителя. Произвести анализ полученных характеристик.

5.3 Оборудование и приборы

5.3.1 Специализированный источник постоянного тока ИПП-300.

5.3.2 Балластный реостат РБ-300.

5.3.3 Калиброванный шунт $75 \text{ мВ} = 300 \text{ А}$.

5.3.4 Милливольтметр постоянного напряжения на 100 мВ.

5.3.5 Вольтметр постоянного напряжения на 100 В.

5.3.6 Соединительные кабели из медного провода сечением не менее 50 мм^2 .

5.3.7 Соединительные провода для подключения измерительных приборов, сечение $1,0 \div 2,0 \text{ мм}^2$.

5.4 Порядок выполнения работы

5.4.1 Ознакомиться с конструкцией выпрямителя, расположением всех его основных узлов и соединений.

5.4.2 Собрать электрическую цепь для проведения испытаний выпрямителя под нагрузкой. В качестве нагрузки используется балластный реостат РБ-300 (схема подключения ИПП-300 аналогична схеме подключения ВС-300, показанной на рисунке 4.4).

5.4.3 Проверить работу источника в режиме холостого хода на *I* и *II* ступенях.

Для этого переключить обмотки силового трансформатора на *I* ступень и проверить диапазон изменения напряжения холостого хода, подключая в работу вольтдобавочный трансформатор. Изменение напряжения на *I* ступени в соответствии с техническими харак-

теристиками источника должно находиться в пределах от 14 до 28 В.

Затем проверяется II ступень. Изменение напряжения на II ступени – от 28 до 40 В. Таким образом полный диапазон изменения напряжения холостого хода выпрямителя должен составить от 14 до 40 В. Полученные в эксперименте результаты записать.

5.4.4. Снять три вольтамперные характеристики источника: при минимальном, среднем и максимальном напряжении холостого хода.

Для этого с помощью балластного реостата РБ-300 задается ряд нагрузок на источник и определяется соответствующее каждой нагрузке напряжение и вторичный ток источника. Результаты измерений занести в таблицу 5.1.

По полученным данным построить вольтамперные характеристики специализированного источника ИПП-300.

Таблица 5.1 – Значения напряжения и тока при различной нагрузке

Замыкание ножей РБ-300	$U_{xx \min}$		$U_{xx \text{ ср}}$		$U_{xx \max}$	
	$I_{\text{д}}, \text{А}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$I_{\text{д}}, \text{А}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$I_{\text{д}}, \text{А}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$
1						
2						
3						
4						
5						

5.4.5. Снять токовую характеристику источника, представляющую собой зависимость величины тока на нагрузке от напряжения на источнике. Для этого необходимо:

- установить минимальное напряжение холостого хода $U_{xx \min}$;
- задать балластным реостатом некоторую нагрузку на источник (например, включая секцию 3);
- меняя напряжение источника с помощью вольтдобавочного трансформатора определить несколько значений $U_{\text{д}}$ и соответствующие им значения $I_{\text{д}}$.

Проделать то же самое на II ступени трансформатора. Результаты измерения занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Значения напряжения и тока при различном напряжении холостого тока источника при неизменной нагрузке

Напряжение холостого хода источника, В	Замыкание секции РБ – 3-я	
	$I_{д}$, А	$U_{д}$, В
<i>I</i> ступень		
$U_{xx \text{ min}}$		
18		
21		
24		
$U_{xx \text{ max}}$		
<i>II</i> ступень		
$U_{xx \text{ min}}$		
31		
34		
37		
$U_{xx \text{ max}}$		

По полученным результатам построить график зависимости величины тока на заданной нагрузке от напряжения источника.

5.5 Содержание отчета

В отчете необходимо представить:

5.5.1 Описание конструкции, принципа действия выпрямителя согласно его электрической схемы.

5.5.2 Электрическую схему внешнего соединения выпрямителя на нагрузку.

5.5.3 Таблицы полученных результатов.

5.5.4 Графики внешних и регулировочных характеристик источника.

5.5.6 Рассчитать крутизну полученных характеристик.

5.5.7 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.

5.6 Контрольные вопросы

5.6.1 Для чего предназначен специализированный источник постоянного тока ИПП-300?

5.6.2 Почему выпрямитель ИПП-300 называют специализированным?

5.6.3 Какую внешнюю характеристику имеет ИПП-300?

5.6.4 Какие основные элементы имеет выпрямитель ИПП-300?

5.6.5 В чем отличие выпрямителя ВС-300 от источника ИПП-300?

5.6.6 Какова особенность устройства трехфазного автотрансформатора в источнике ИПП-300?

5.6.7 Какую характеристику имеет силовой трансформатор источника ИПП-300 и почему?

5.6.8 Как подключаются обмотки силового трансформатора в источнике ИПП-300?

5.6.9 По какой схеме собран выпрямительный блок и какие вентили используются в источнике ИПП-300?

5.6.10 Каковы функции линейного дросселя в источнике ИПП-300?

Лабораторная работа № 6. Изучение конструктивных особенностей и исследование режимов работы выпрямителя ВСЖ-303

6.1 Общие сведения

Выпрямитель ВСЖ-303 предназначен для работы в качестве источника питания при механизированной сварке плавящимся электродом в среде углекислого газа. Его основные технические характеристики приведены в таблице А.4.

По сравнению с выпрямителем типа ВС и ВДГ выпрямитель типа ВСЖ имеет ряд преимуществ, а именно: плавное регулирование величины напряжения холостого хода, стабильность режима сварки

при колебаниях напряжения питающей сети, а также – более высокие технико-экономические показатели.

Выпрямитель состоит из следующих функциональных частей (рисунок 6.1): регулируемого силового трехфазного трансформатора с магнитной коммутацией T , силового выпрямительного блока V , блок коррекции по сварочному току $БКТ$, блок сравнения напряжений $БСН$, линейного сварочного дросселя L .

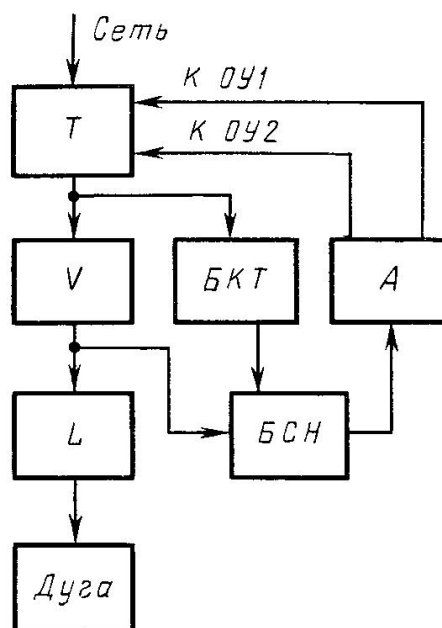


Рисунок 5.1. Функциональная блок-схема выпрямителя типа ВСЖ-303: $БКТ$ – блок коррекции по сварочному току; $БСН$ – блок сравнения напряжений; A – усилительный блок (остальные обозначения в тексте)

В выпрямителе применен трансформатор с магнитной системой особой конструкции. Сердечник, имеет три ярма с регулируемой магнитной проводимостью: два средних ярма $СЯ$ и верхнее ярмо $ВЯ$ (рисунок 6.2). Стержни сердечника внизу соединены нижним ярмом $НЯ$ с нерегулируемой магнитной проводимостью.

Средние ярма делят каждое окно трансформатора на два окна α и β . Магнитная проводимость среднего и верхнего ярма регулируется подмагничиванием их потоками, создаваемыми обмотками $ОУ1$ и $ОУ2$ (обмотки управления), расположенными на этих ярмах.

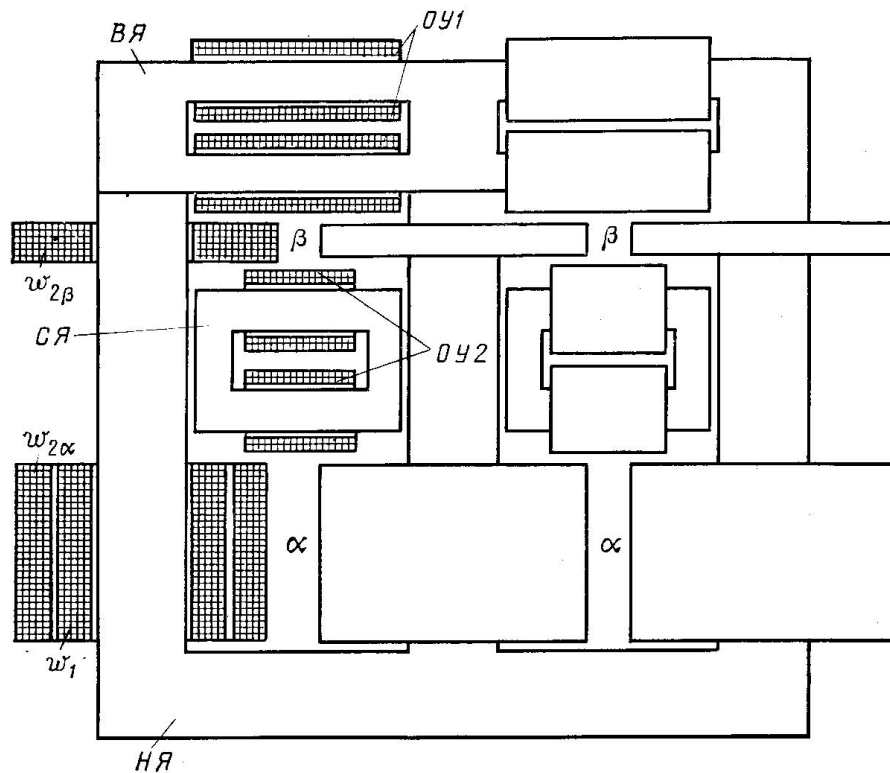


Рисунок 6.2 – Конструкция сердечника и расположение обмоток трансформатора выпрямителя ВСЖ

В окнах α расположены все витки ω_1 первичной обмотки и большая часть витков $\omega_{2\alpha}$ вторичной обмотки. В окнах β размещена оставшая часть витков вторичной обмотки $\omega_{2\beta}$. Витки $\omega_{2\alpha}$ и $\omega_{2\beta}$ соединены последовательно и согласно. Соотношением $\omega_{2\alpha} / \omega_{2\beta}$ обеспечивается заданный диапазон регулирования выходного напряжения выпрямителя. Вторичная обмотка трансформатора имеет отводы для ступенчатого регулирования выходного напряжения.

Силовой выпрямитель (блок V) собран на неуправляемых полупроводниковых вентилях по трехфазной мостовой схеме выпрямления. В цепь дуги включен линейный дроссель L .

Формирование жестких внешних характеристик, регулирование и стабилизация выпрямленного выходного напряжения осуществляются блоком $БКТ$ (блок коррекции по току) и блоком $БСН$ (блок сравнения заданного напряжения с фактическим напряжением на выходах выпрямителя после блока V и блока усиления A).

Принципиальная электрическая схема выпрямителя приведена

на рисунке 6.3. Блок коррекции по сварочному току *БКТ* предназначен для изменения наклона внешних характеристик выпрямителя. Блок сравнения *БСН* – для сравнения заданного напряжения с фактическим напряжением на выводах выпрямителя, а также для стабилизации напряжения подаваемого на обмотки подмагничивания верхнего и среднего ярем.

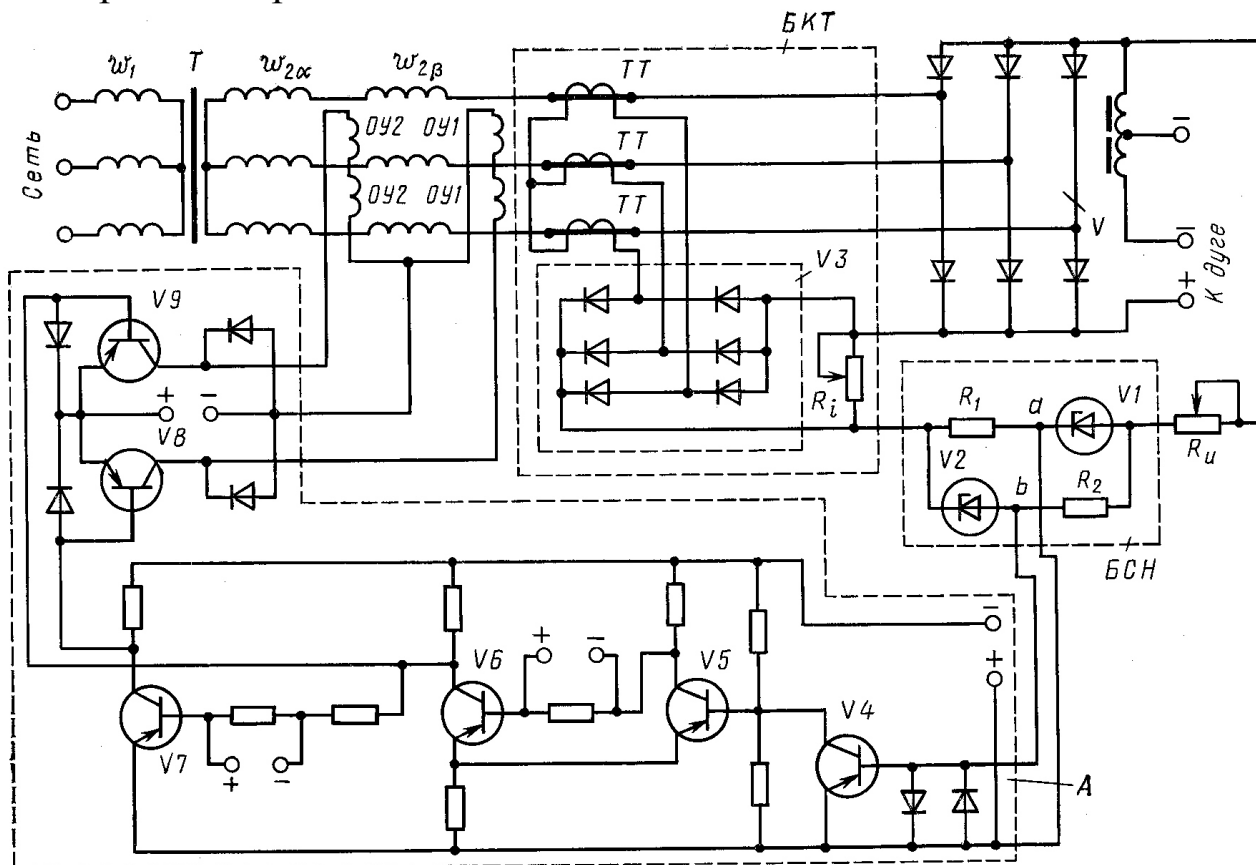


Рисунок 6.3 – Принципиальная электрическая схема выпрямителя ВСЖ-303

Блок *БСН* представляет собой нелинейный мост, в плечи, которого включены резисторы R_1 и R_2 и стабилитроны V_1 и V_2 . При разбалансе моста на его выводах a и b возникает напряжение, которое подается на блок усиления A . В блоке A происходит усиление токов для питания обмоток $OY1$ и $OY2$ подмагничивания ярм трансформатора T . В блок усиления A входят бесконтактные полупроводниковые реле на транзисторах V_4 , V_5 , V_6 , промежуточный транзистор V_7 и дифференциальный выходной усилитель на транзисторах V_8 и V_9 . Проме-

жуточный транзистор $V7$ управляет выходным усилителем. В коллекторные цепи транзисторов $V8$ и $V9$ включены обмотки управления верхнего $OY1$ и среднего $OY2$ ярм. Отдельные элементы блока получают питание от силовой сети через вспомогательные блоки (на рисунке 6.3 не показаны).

Если напряжение на входе блока $БСН$ соответствует заданному, то нелинейный мост находится в равновесии и напряжение на его выводах a и b равно нулю. Бесконтактное реле отключено. Транзистор $V8$ в цепи обмотки управления $OY1$ открыт. Магнитный поток обмотки $OY1$ подмагничивает верхние ярма, при этом уменьшается фазное напряжение трансформатора T и выходное напряжение выпрямителя. Если нарушается равновесие нелинейного моста, то на выводах a и b моста возникает разность потенциалов, бесконтактные реле включаются, открытый транзистор $V8$ закрывается и открывается $V9$. Обмотка управления $OY2$ получает питание. С подмагничиванием средних ярм напряжение на выводах выпрямителя возрастает, бесконтактное реле и транзистор $V9$ отключаются, обмотка $OY1$ получает питание, напряжение на выводах выпрямителя начинает уменьшаться и т.д. Благодаря инерционности обмоток управления, определяемой в основном их большими индуктивностями, заданное напряжение поддерживается стабильным. Таким образом, путем очередного включения обмоток управления $OY1$ и $OY2$ автоматически поддерживается заданное напряжение.

Блок $БКТ$ настраивают так, чтобы наклон стабилизированных внешних характеристик совпадал с наклоном естественных внешних характеристик без работы блока коррекции. В этих условиях сварочный процесс протекает с наименьшим разбрызгиванием металла.

Выходное напряжение источника имеет три ступени, а с помощью потенциометра R_{ii} в каждой ступени производится плавное регулирование.

Конструктивная компоновка элементов выпрямителя ВСЖ-303 показана на рисунке 6.4, а расположение органов настройки на панели управления – на рисунке 6.5

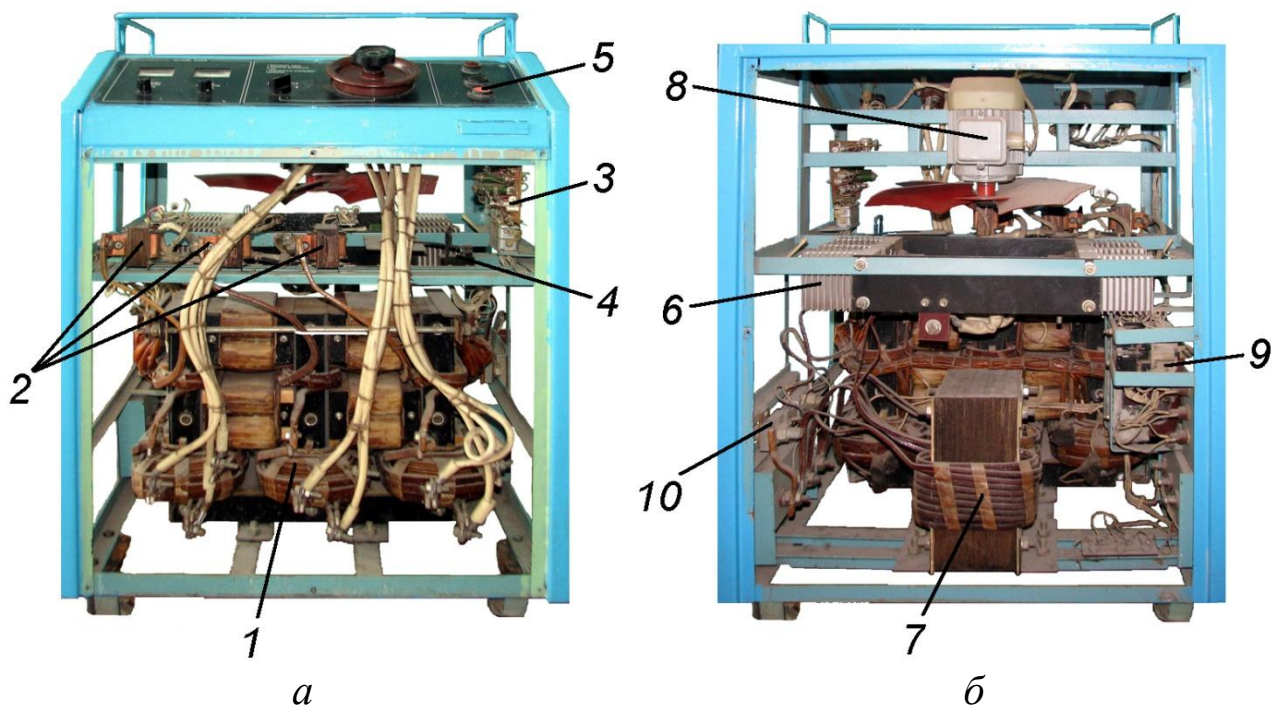


Рисунок 6.4 – Конструкция выпрямителя ВСЖ-303 (стенки корпуса сняты): *а* – вид спереди; *б* – вид сзади; 1 – силовой трансформатор; 2 – трансформатор тока; 3 – плата блока управления; 4 – воздушный выключатель; 5 – панель управления; 6 – силовой выпрямительный мост; 7 – сварочный линейный дроссель; 8 – двигатель вентилятора; 9 – магнитный пускатель; 10 – калиброванный шунт

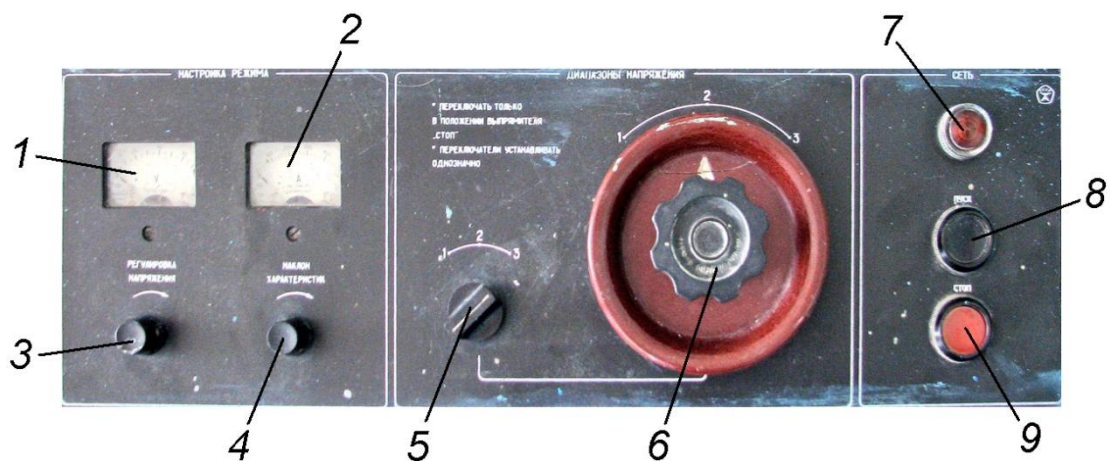


Рисунок 6.5 – Панель управления выпрямителя ВСЖ-303: 1 – вольтметр; 2 – амперметр; 3 – потенциометр «Регулировка напряжения»; 4 – потенциометр «Наклон характеристики»; 5 – переключатель «Диапазон напряжения»; 6 – переключатель «Диапазоны напряжения» (силовой); 7 – сигнальная лампочка; 8 – кнопка ПУСК; 9 – кнопка СТОП

Переключатель **ДИАПАЗОНЫ НАПРЯЖЕНИЯ** служит для установки требуемого диапазона напряжения – это переключатель грубой регулировки. Он имеет блокировочные контакты для отключения выпрямителя в случае переключения ступеней регулирования под напряжением.

Переключатель **ДИАПАЗОН НАПРЯЖЕНИЯ** служит для обеспечения возможности плавного регулирования напряжения потенциометром **РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ** на всех диапазонах. **Внимание! Оба переключателя – ДИАПАЗОН НАПРЯЖЕНИЯ и ДИАПАЗОНЫ НАПРЯЖЕНИЯ – устанавливаются обязательно в одинаковых положениях.**

При включении нагрузки сигнал, снимаемый с потенциометра R_u (рисунок 6.3), суммируется с сигналом, пропорциональным сварочному току, который снимается с трансформатора тока TT , включенного во вторичную цепь силового трансформатора, и через выпрямительный мост $V3$ подается на резистор R_i **НАКЛОН ХАРАКТЕРИСТИК**, который служит для регулировки наклона внешней характеристики выпрямителя под нагрузкой.

6.2 Цель работы

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы выпрямителя, освоить методику испытания и порядок снятия его внешних характеристик.

6.3 Оборудование и приборы

6.3.1 Выпрямитель ВСЖ-303.

6.3.2 Балластный реостат РБ-300.

6.3.3 Калиброванный шунт $75 \text{ мВ} = 300 \text{ А}$.

6.3.4 Милливольтметр постоянного напряжения на 100 мВ.

6.3.5 Вольтметр постоянного напряжения на 100 В.

6.3.6 Соединительные кабели из медного провода сечением не менее 50 мм^2 .

6.3.7 Соединительные провода для подключения измерительных приборов, сечение $1,0 \div 2,0 \text{ мм}^2$.

6.4 Порядок выполнения работы

6.4.1 Ознакомиться с конструкцией выпрямителя, расположением всех его основных узлов и соединений.

6.4.2 Собрать электрическую цепь для проведения испытаний выпрямителя под нагрузкой. В качестве нагрузки используется балластный реостат РБ-300 (рисунок 6.6).

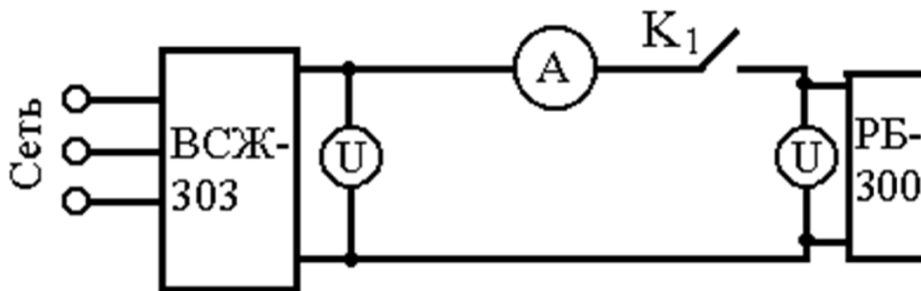


Рисунок 6.6 – Принципиальная электрическая схема испытания выпрямителя ВСЖ-303

6.4.3 Снять и построить внешние характеристики выпрямителя $U_2 = f(I_2)$ для первой (I) и третьей (III) ступеней ДИАПАЗОНА НАПРЯЖЕНИЙ. Данные измерений занести в таблицы, форма которых соответствует таблице 6.1.

6.4.4 Снять и построить регулировочные характеристики выпрямителя $U_2 = f(I_2)$:

а) при плавном регулировании напряжения потенциометром РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ и фиксированном положении переключателей ДИАПАЗОНОВ НАПРЯЖЕНИЙ и потенциометра НАКЛОН ХАРАКТЕРИСТИК для постоянного сопротивления нагрузки (замыкание ножа №5 РБ-300) (таблица 6.2);

б) при регулировании НАКЛОНА ХАРАКТЕРИСТИК и постоянном положении переключателей ДИАПАЗОНОВ НАПРЯЖЕНИЙ и потенциометра РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ (внешние характеристики выпрямителя снимаются при трех различных положениях

движка переменного НАКЛОН ХАРАКТЕРИСТИК – двух крайних и среднем) (таблица 6.3).

Таблица 6.1 – Результаты измерений

Замыкание ножей РБ-300	Ступень I (III)							
	PH_{\min}, HX_{\min}		PH_{\min}, HX_{\max}		PH_{\max}, HX_{\min}		PH_{\max}, HX_{\max}	
	I_2, A	U_2, B	I_2, A	U_2, B	I_2, A	U_2, B	I_2, A	U_2, B
Холостой ход								
1								
2								
3								
4								
5								
1-5								
2-5								
3-5								
4-5								

Таблица 6.2 – Значения напряжения и тока при регулировке напряжения холостого хода потенциометром РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ

РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ, В	Замыкание секции РБ – №5; ступень II, PH_{\max}	
	I_d, A	U_d, B

Таблица 6.3 – Значения напряжения и тока при регулировке потенциометром НАКЛОН ХАРАКТЕРИСТИК

НАКЛОН ХАРАКТЕРИСТИК	Замыкание секции РБ – №5; ступень II, HX_{\min}	
	I_d, A	U_d, B
HX_{\min}		
HX_{cp}		
HX_{\max}		

6.4.5 По результатам опытов построить графические зависимости и проанализировать полученные результаты.

6.5 Содержание отчета

В отчете необходимо представить:

6.5.1 Описание конструкции, принципа действия выпрямителя согласно его электрической схемы.

6.5.2 Электрическую схему внешнего соединения выпрямителя на нагрузку.

6.5.3 Таблицы полученных результатов.

6.5.4 Графики внешних и регулировочных характеристик источника.

6.5.6 Рассчитать крутизну полученных характеристик.

6.5.7 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.

6.6 Контрольные вопросы

6.6.1 Для чего предназначен выпрямитель ВСЖ-303?

6.6.2 В чем особенность магнитопровода выпрямителя ВСЖ-303?

6.6.3 Какую внешнюю характеристику имеет выпрямитель ВСЖ-303?

6.6.4 Какие основные элементы входят в конструкцию выпрямителя ВСЖ-303?

6.6.5 В чем отличие выпрямителя ВСЖ-303 от источника ИПП-300 и выпрямителя ВС-300?

6.6.6 Как линейный дроссель в цепи сварочной дуги постоянного тока сглаживает пульсации сварочного тока?

6.6.7 Как линейный дроссель в цепи сварочной дуги постоянного тока уменьшает разбрызгивание металла при сварке плавящимся электродом?

6.6.8 Напряжение сети увеличилось (уменьшилось) до значения, большего (меньшего) номинальной величины. Как это возмущение повлияет на величину тока дуги, питаемой от выпрямителя ВСЖ-303? Приведите обоснование своего ответа.

Лабораторная работа №7. Изучение конструкции и исследование режима работы однопостового сварочного преобразователя ПСО-300

7.1 Общие сведения

Сварочный преобразователь ПСО-300 предназначен для ручной дуговой сварки плавящимся электродом, а также для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов.

Преобразователь (рисунок 7.1) является однопостовым источником постоянного тока и состоит из генератора постоянного тока ГСО-300 и приводного короткозамкнутого асинхронного электродвигателя АВ-62-4. Якорь генератора выполнен за одно целое с валом электродвигателя.

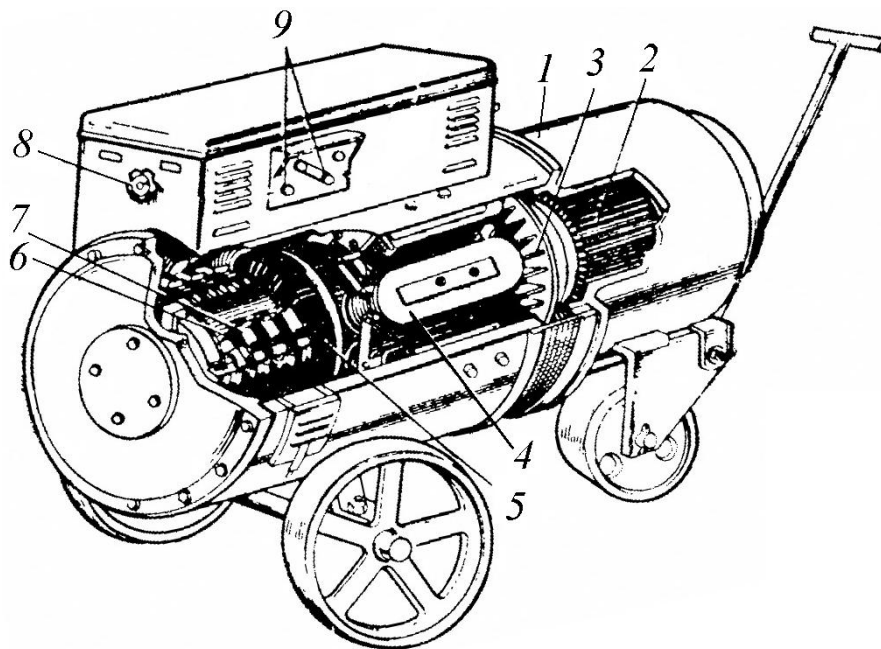


Рисунок 7.1 – Общий вид сварочного преобразователя ПСО-300: 1 – корпус; 2 – электродвигатель; 3 – вентилятор; 4 – катушки полюсов; 5 – якорь; 6 – коллектор; 7 – щетки токосъемника; 8 – маховичок регулирования тока; 9 – зажимы подключения сварочных проводов

Тело якоря набрано из отдельных лакированных пластин электротехнической стали. В продольных пазах его уложены витки обмотки. Рядом с якорем находится коллектор, состоящий из большого

числа изолированных друг от друга медных пластинок, к которым припаяны начала и концы каждой группы витков якоря. Магнитное поле внутри генератора создается магнитными полюсами обмоток возбуждения, которые питаются постоянным током от щеток самого генератора. В распределительном устройстве размещены пакетный выключатель, регулировочный реостат, зажимы высокого и низкого напряжения.

При включении электродвигателя якорь начинает вращаться в магнитном поле и в витках его возникает переменный ток, который с помощью коллектора преобразуется в постоянный. К коллектору прижимаются угольные щетки, с помощью которых постоянный ток снимается с коллектора и подводится к зажимам «+» и «-». К этим же зажимам присоединяют сварочные провода, подводящие сварочный ток к электроду и изделию. Для охлаждения преобразователя во время его работы на валу имеется вентилятор. Ходовая часть преобразователя состоит из переднего поворотного колеса с тягой и двух задних колес, сидящих на одной оси. Это позволяет передвигать его на небольшое расстояние. Для подъема и перемещения преобразователя предусмотрены два рым-болта. Сварочный ток регулируется с помощью маховичка реостата: при вращении его по часовой стрелке сварочный ток увеличивается, и наоборот.

Генератор ГСО-300 имеет независимое возбуждение и последовательную размагничивающую обмотку. Принципиальная электромагнитная схема генератора этого типа представлена на рисунке 7.2.

Намагничивающая обмотка независимого возбуждения *НО* питается от сети переменного тока через выпрямляющий блок, включенный по однофазной мостовой схеме двухполупериодного выпрямления. Выпрямитель подключается к двум точкам одной из фаз обмотки приводного асинхронного двигателя, напряжение между этими точками равно 50 В.

Магнитный поток, создаваемый обмоткой намагничивания определяется как

$$\Phi_H = \frac{i_H \cdot \omega_H}{R_M}, \quad (7.1)$$

где i_H , ω_H – ток и количество витков обмотки намагничивания;

R_H – сопротивление магнитному потоку под полюсами.

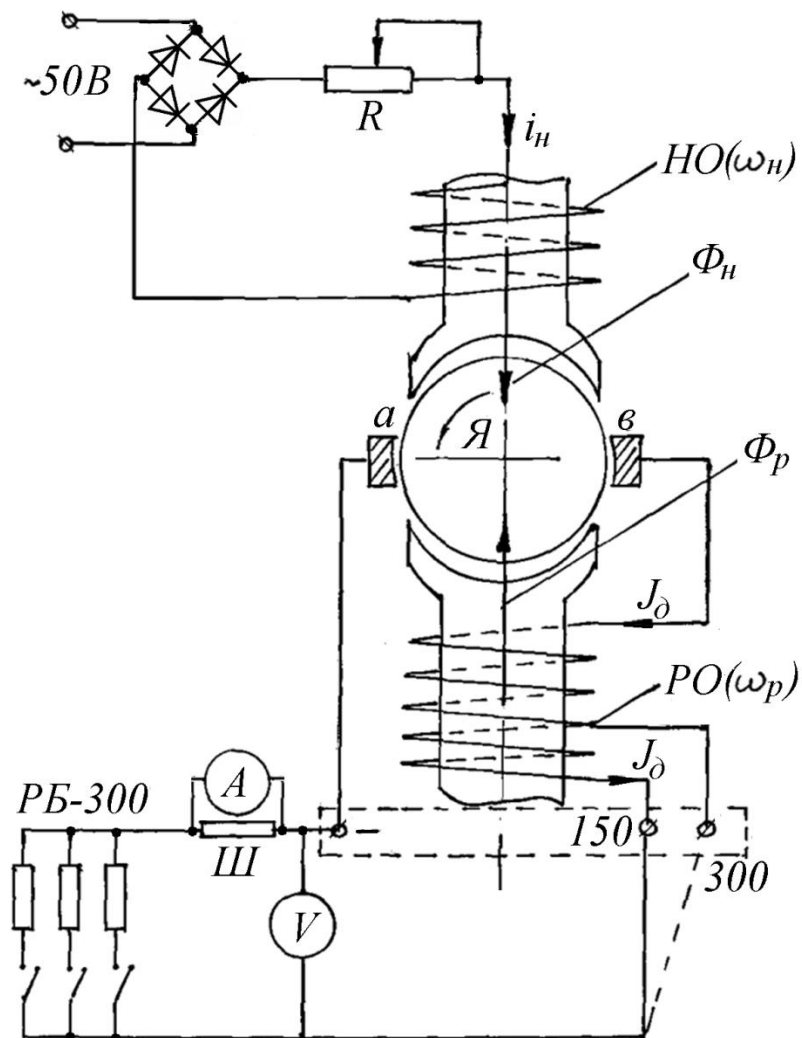


Рисунок 7.2 – Принципиальная электромагнитная схема генератора ГСО-300 и схема внешнего соединения на нагрузку

Размагничивающая обмотка PO включена последовательно с обмотками якоря генератора и при нагрузке по ней течет ток дуги (J_d), создавая магнитный поток Φ_p

$$\Phi_p = \frac{J_d \cdot \omega_p}{R_m} \quad (7.2)$$

Магнитные потоки Φ_H и Φ_p , создаваемые в воздушном зазоре под полюсами, направлены встречно друг другу, так что суммарный

магнитный поток под полюсами генератора будет изменяться в зависимости от изменения тока или в обмотке возбуждения (i_H), или тока дуги (J_d) в размагничивающей обмотке, т.е.

$$\Phi_{\Gamma} = \Phi_H - \Phi_p. \quad (7.3)$$

При вращении якоря генератора в магнитном поле в его обмотках возбуждается ЭДС, снимаемая со щеток a и b . В этом случае

$$\Phi_{\Gamma} = U_{ab} = C \cdot \Phi_{\Gamma}, \quad (7.4)$$

где C – постоянная генератора, зависящая от его конструкции и числа оборотов якоря;

Φ_{Γ} – суммарный магнитный поток под полюсами генератора.

Таким образом, меняя величину магнитного потока за счет изменения величин тока i_H и количества витков обмотки намагничивания ω_p , можно регулировать режим сварки по току и напряжению.

Режим холостого хода. В этом случае нагрузка отсутствует и ток дуги $J_d = 0$. Тогда магнитный поток Φ_p , создаваемый размагничивающей обмоткой PO будет равен нулю и суммарный поток под полюсами генератора будет создаваться только намагничивающей обмоткой HO и будет определяться как

$$\Phi_{\Gamma} = \Phi_H = \frac{i_H \cdot \omega_H}{R_M}.$$

Тогда напряжение, снимаемое с генератора (U_{Γ}) будет определяться как

$$U_{\Gamma} = C \cdot \Phi_{\Gamma} = C \frac{i_H \cdot \omega_H}{R_M},$$

т.е. в режиме холостого хода

$$U_{\Gamma} = U_{XX} = C \frac{i_H \cdot \omega_H}{R_M}.$$

Т.о. при $\omega_H = const$, меняя величину тока в обмотке намагничивания (i_H), можно менять величину напряжения холостого хода гене-

ратора.

Зависимость напряжения холостого хода от тока намагничивания называется характеристикой холостого хода генератора.

Для изменения величины тока i_H в цепь обмотки намагничивания включают резистор R .

Режим нагрузки. В режиме нагрузки $J_d = J_r \neq 0$. В этом случае по размагничивающей обмотке и обмотке якоря течет ток нагрузки J_d . Размагничивающая обмотка с числом витков ω_p располагается на тех же полюсах, что и намагничивающая, но намотана таким образом,

что магнитный поток, создаваемой ею $\Phi_p = \frac{J_d \cdot \omega_p}{R_m}$ направлен

встречно потоку намагничивания Φ_H и размагничивает генератор. Таким образом напряжение, снимаемое с генератора под нагрузкой будет меньше напряжения холостого хода, при этом падение напряжения будет тем больше, чем больше величина размагничивающего потока Φ_p , т.е., чем больше величина тока нагрузки J_d ($J_d = J_r$) и число витков размагничивающей обмотки ω_p :

$$U_\Gamma = U_{ав} = C \cdot (\Phi_H - \Phi_p) = C \cdot \left(\frac{i_H \cdot \omega_H}{R_m} - \frac{J_p \cdot \omega_p}{R_m} \right);$$

$$U_\Gamma = C \cdot \frac{i_H \cdot \omega_H}{R_m} - C \cdot \frac{i_p \cdot \omega_p}{R_m} = U_{XX} - J_p \cdot \frac{C \cdot \omega_p}{R_m}.$$

Величина $J_p \cdot \frac{C \cdot \omega_p}{R_m} = \Delta U_\Gamma$ – есть величина падения напряжения

на генераторе под нагрузкой. Т. о., вольтамперная характеристика генератора $U_\Gamma = f(J_d)$ будет падающей и крутизна её будет зависеть от числа витков ω_p .

Настройка и регулирование режима в генераторах этой системы производится следующим образом:

- плавное регулирование напряжения холостого хода осуществляется резистором R в цепи намагничивающей обмотки;
- изменение крутизны характеристики производится ступенчато за счет изменения числа витков в последовательной размагничивающей обмотке PO (две ступени).

Технические характеристики преобразователя приведены в таблице А.5.

7.2 Цель работы

Изучение конструкции, технологических данных, правил включения и регулирования режима сварочного преобразователя ПСО-300. Освоить методику испытания и порядок снятия его внешних характеристик.

7.3 Оборудование и приборы

7.3.1 Однопостовой преобразователь ПСО-300.

7.3.2 Балластный реостат РБ-300.

7.3.3 Калиброванный шунт $75 \text{ мВ} = 300 \text{ А}$.

7.3.4 Милливольтметр постоянного напряжения на 100 мВ.

7.3.5 Вольтметр постоянного напряжения на 100 В.

7.3.6 Соединительные кабели из медного провода сечением не менее 50 мм^2 .

7.3.7 Соединительные провода для подключения измерительных приборов, сечение $1,0 \div 2,0 \text{ мм}^2$.

7.4 Порядок выполнения работы

7.4.1 Изучить конструкцию генератора (рисунок 7.1): расположение полюсов, щеток, регулировочного резистора и т.д.

7.4.2 Собрать электрическую схему согласно рисунку 4.4. В качестве нагрузки на источник использовать балластный реостат РБ-300.

7.4.3 При разомкнутой внешней цепи снять зависимость напряжения холостого хода генератора от тока возбуждения i_H в намагничивающей обмотке

$$U_{\text{ХХ}} = C \frac{i_H \cdot \omega_H}{R_M} = f(i_H).$$

Величина i_H задается резистором R в делениях шкалы (таблица

7.1.

7.4.4 Снять внешние характеристики генератора $U_{\Gamma} = f(J_{\text{д}})$, задаваясь различной величиной нагрузки балластным реостатом РБ.

Таблица 7.1 – Зависимость напряжения холостого хода генератора от тока возбуждения $i_{\text{н}}$ в намагничивающей обмотке

Положение маховичка регулятора тока	$U_{\text{х.х.}}$ В	
	Ступень 160 А	Ступень 300 А
1		
2		
3		
4		
5		

Характеристики снять при минимальном и максимальном значениях напряжения холостого хода на I ступени (клемма 150 А) (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Зависимость напряжения генератора от величины нагрузки на ступени 150 А

Замыкание ножей РБ-300	$U_{\text{х.х. min}}$		$U_{\text{х.х. max}}$	
	$J_{\text{д}}, \text{А}$	$U_{\Gamma}, \text{В}$	$J_{\text{д}}, \text{А}$	$U_{\Gamma}, \text{В}$
1				
3				
5				
1-5				
3-5				

7.4.5 Исследовать зависимость величины сварочного тока от тока намагничивания $i_{\text{н}}$ в обмотке возбуждения. Для этого, задав нагрузку на источник (5 секция балластного реостата РБ), ступенчато меняя величину тока в обмотке возбуждения, получить зависимость $J_{\text{д}} = f(i_{\text{н}})$ (таблица 7.3).

7.4.6 Все полученные характеристики генератора построить в виде графиков.

Таблица 7.3 – Зависимость величины сварочного тока от тока намагничивания i_H в обмотке возбуждения при постоянной нагрузке

Положение маховичка регулятора тока	U_r , В.	J_d , А
1		
2		
3		
4		
5		

7.5 Содержание отчета

7.5.1 Дать описание конструкции и принципа действия преобразователя согласно пункту 7.1 методических указаний.

7.5.2 Нарисовать электрическую схему внешнего соединения выпрямителя на нагрузку.

7.5.3 Привести таблицы полученных результатов.

7.5.4 Представить графики всех исследованных в работе зависимостей.

7.5.6 Рассчитать крутизну полученных характеристик и сравнить кривые графиков.

7.5.7 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.

7.6 Контрольные вопросы

7.6.1 Назовите основные типы сварочных генераторов и поясните принцип их действия.

7.6.2 Поясните методы регулирования напряжения и тока в генераторе ГСО-300.

7.6.3 Какие вольт-амперные характеристики будет иметь данный генератор в случае:

- отсутствия последовательной размагничивающей обмотки;
- при намотке её в обратном направлении.

7.6.5 За счет чего в конструкции преобразователя ПСО-300 осуществляется ступенчатая регулировка режима?

7.6.6 Как в преобразователе ПСО-300 осуществляется плавная регулировка режима?

7.6.7 Какова форма внешней характеристики преобразователя ПСО-300 и чем в его конструкции она обеспечена?

7.6.8 В каких режимах может работать преобразователь ПСО-300?

Лабораторная работа № 8. Изучение конструктивных особенностей и исследование режимов работы специализированного источника ВСВУ-315

8.1 Общие сведения

Специализированные сварочные выпрямители серии ВСВУ предназначены для автоматической сварки изделий из обычных, коррозионностойких и жаропрочных сталей и титановых сплавов открытой и сжатой дугой в непрерывном и импульсном режимах.

Выпрямитель ВСВУ-315 выполнен с применением обратных связей по выходным току и напряжению. В нем предусмотрена возможность управления формой, величиной и продолжительностью импульсов, подаваемых на тиристоры силовых выпрямительных блоков, благодаря чему осуществляется регулирование выходного тока и (или) напряжения источника. ВСВУ обеспечивает стабилизацию установленного сварочного тока в пределах $\pm 2,5\%$ при изменениях напряжения питающей сети $\pm 10\%$, длины дуги от 0,5 до 6 мм и температуры окружающей среды от $+5$ до $+35^\circ\text{C}$.

Источники серии ВСВУ обеспечивают:

- работу в непрерывном и импульсном режимах;
- автоматическое, плавное, регулируемое во времени нарастание тока в начале сварки от минимального до заданного значения, благодаря чему происходит равномерный разогрев конца вольфрамового электрода и повышается его стойкость;
- плавное регулирование тока дежурной дуги в импульсном

режиме в пределах от 2 до 30 % номинального сварочного тока;

- модулирование формы импульса от практически прямоугольной до треугольной, что дает различные скорости изменения полярности сварочного тока;
- плавное, регулируемое во времени снижение сварочного тока от рабочего до минимального значения в конце сварки при заварке кратера.

Независимость сварочного тока от температуры окружающей среды достигается помещением элементов электрической схемы, чувствительных к изменениям температуры, в термостат специальной конструкции, входящий в блок регулирования.

Функциональная блок-схема источников серии ВСВУ приведена на рисунке 8.1.

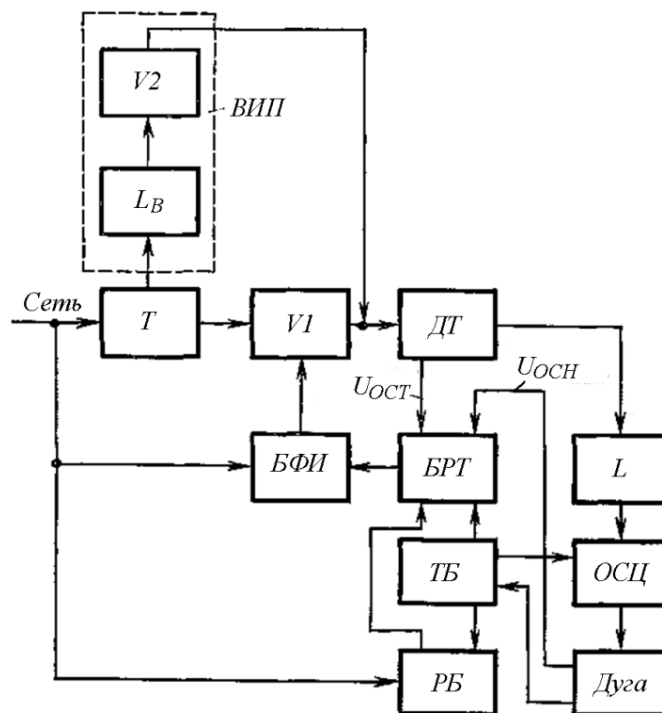


Рисунок 8.1 – Функциональная блок-схема источника питания серии ВСВУ:

Т – силовой трехфазный трансформатор; *V1* – силовой тиристорный выпрямительный блок; *ВСП* – вспомогательный источник питания для возбуждения дуги; *ДТ* – измерительный элемент тока; *L* – дроссель, *ОСЦ* – осциллятор; *БФИ* – блок формирования импульсов управления тиристорами; *БРТ* – блок регулирования тока; *ТБ* – триггерный блок; *РБ* – релейный блок

Рассмотрим роль и действие блоков схемы. Силовой трехфазный трансформатор T имеет одну первичную обмотку $w1$ и две вторичных обмотки $w2$ и $w2в$ (рисунок 8.2). Фазы первичной и вторичных обмоток соединены звездой. Напряжение от вторичной обмотки $w2$ подводится к трехфазному выпрямителю $V1$ (основной силовой выпрямитель), собранному по мостовой схеме выпрямления на тиристорах, имеющему пологопадающую внешнюю характеристику.

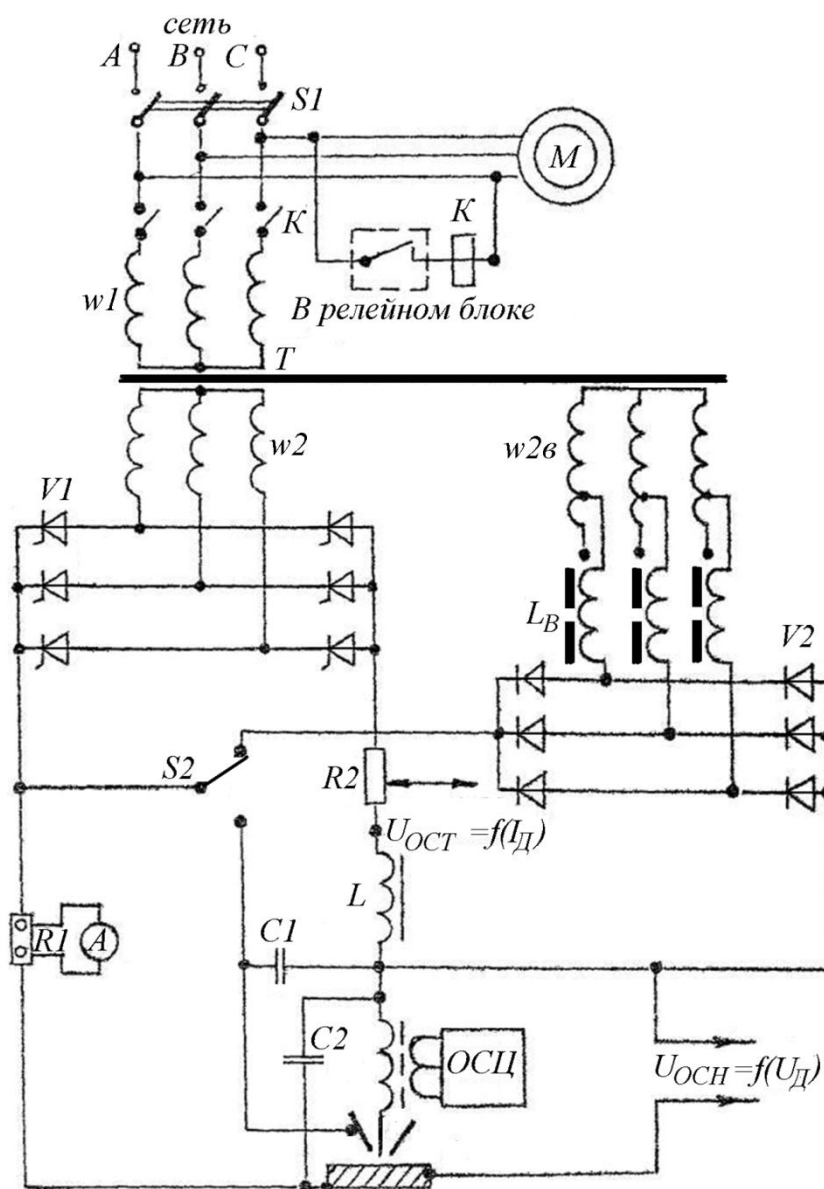


Рисунок 8.2 – Упрощенная электрическая схема силовой цепи выпрямителя ВСВУ-315

От вторичной обмотки $w_{2в}$ напряжение подводится к трехфазному неуправляемому выпрямителю V_B , собранному также по мостовой схеме, который входит в состав вспомогательного источника питания $ВИП$, включенного на дугу параллельно с основным. $ВИП$ имеет крутопадающую внешнюю характеристику. Такая форма характеристики обеспечивается действием трех однофазных неуправляемых линейных дросселей L_B с разъемными ферромагнитными сердечниками. Требуемый ток возбуждения дуги устанавливается соответствующим зазором в разъемном сердечнике дросселя.

Этот ток является минимальным током источника. Дроссели L_B выполняют также функции сглаживающих фильтров на малых токах и предотвращают возникновение автоколебательного режима при глубоком регулировании.

$ВИП$ обеспечивает также необходимое напряжение холостого хода – 200 В для сварки в среде гелия и 100 В для сварки в среде аргона. В процессе сварки горят одновременно обе дуги. Маломощная дуга обеспечивает сигналы обратной связи по току U_{OCT} и напряжению U_{OCH} , необходимые для получения вертикального участка внешней характеристики источника до зажигания сварочной дуги. Совмещение двух существенно различных по форме внешних характеристик, когда маломощный вспомогательный источник имеет достаточное для надежного возбуждения дуги напряжение, а основной источник — вертикальную внешнюю характеристику в диапазоне рабочих напряжений, позволяет существенно снизить напряжение холостого хода основного источника питания сварочной дуги, а следовательно, потребляемую мощность, массу, габаритные размеры, повысить КПД и коэффициент мощности. Ток возбуждения составляет около 3 % от номинального сварочного тока.

Силовой выпрямитель VI выполняет также функции формирователя внешней характеристики, стабилизатора и коммутатора тока, модулятора импульсов и регулятора тока дежурной дуги при импульсной сварке. Температурная защита тиристоров обеспечивается специальным релейным блоком $РБ$. Датчиком температуры является терморезистор, установленный в радиаторе тиристора, который включен последним в контуре водяного охлаждения и, следовательно,

но, наиболее сильно нагрет. При превышении температуры охлаждающей воды над заданной срабатывает реле, отключающее силовую цепь и включающее сигнальную лампу. Другие электромагнитные реле блока определяют порядок работы элементов схемы при нажатии кнопок и выключателей, расположенных на панели управления и дублирующем пульте сварщика.

Измерительный элемент *ИЭ* (датчик тока – шунт), включенный последовательно в сварочную цепь, выдает сигнал обратной связи по току. Конструктивно он выполнен в виде трубки из коррозионно-стойкой стали с приваренными токоподводящими отводами. Постоянство электрического сопротивления *ИЭ* в процессе работы обеспечивается малым температурным коэффициентом сопротивления материала трубки и охлаждением трубки проточной водой.

Блок формирования импульсов *БФИ* выполнен по принципу «вертикального управления», заключающемуся в формировании пилообразного напряжения, сравнении его с напряжением управления и последующем формировании прямоугольных импульсов, положение которых во времени определяется результатом указанного сравнения и зависит от характера суммирующего импульса, поступающего на блок *БФИ* с блока регулирования тока *БРТ*. *БФИ* состоит из следующих основных узлов: входного устройства, создающего многофазную систему напряжений, синхронизированную с напряжением питающей сети; фазосдвигающего устройства, обеспечивающего изменение фазы управления импульсов относительно напряжения питающей сети; выходного усилителя, осуществляющего усиление и формирование управляющих импульсов. Работа источника питания в переходном и импульсном режимах обеспечивается двойными импульсами, которые генерирует *БФИ* благодаря соответствующему соединению трех его каналов управления.

Блок регулирования тока *БРТ* выполнен по схеме дифференциального усилителя постоянного тока на транзисторах. Суммирующие сигналы, которые поступают на блок *VI* с блока *БРТ* через блок *БФИ*, обеспечивают плавное регулирование сварочного тока во всем рабочем диапазоне; плавное нарастание тока в начале и плавное снижение в конце сварки; формирование внешней характеристики

источника; стабилизацию рабочего тока при изменениях длины дуги и напряжения питающей сети; импульсную коммутацию тока и модуляцию импульса.

Триггерный блок *ТБ* служит для задания импульсного режима работы источника питания и обеспечивает независимое регулирование длительности импульсов и пауз, которое кратно целому числу периодов синусоидального напряжения сети. Триггерный блок обеспечивает возбуждение периодически повторяющихся, регулируемых по продолжительности и частоте импульсов напряжения, которые через блоки *БРТ* и *БФИ* задают режим работы блоку *VI*. Регулирование тока дежурной дуги при импульсной сварке осуществляется с помощью этих же импульсов, которые подаются на промежуточный транзистор в блоке регулирования, а с него — на резистор регулирования дежурного тока, установленный на пульте управления источником, и выходной транзистор блока *БРТ*.

Для возбуждения дуги неконтактным способом в источниках серии *ВСВУ* использован осциллятор последовательного включения типа *ОСППЗ-300М-1*. Уровень помех, создаваемых при работе источников серии *ВСВУ*, снабженных осциллятором, не превышает пределы установленных норм. На рисунке 8.38 приведены внешние характеристики источника питания типа *ВСВУ-315*.

Технические данные выпрямителя *ВСВУ-315* приведены в таблице А.6.

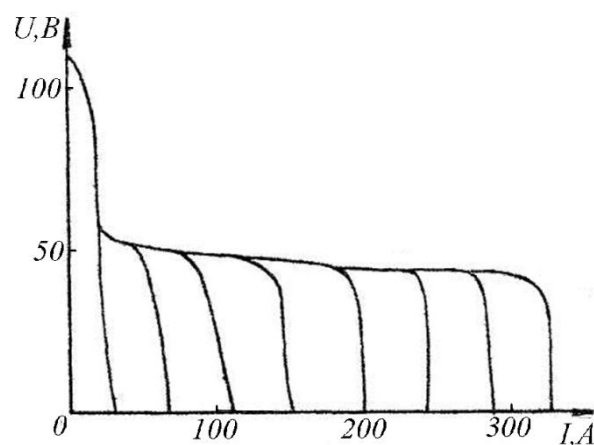


Рисунок 8.3 – Внешние характеристики выпрямителя *ВСВУ-315*

На рисунке 8.4 приведена схема конструктивной компоновки основных элементов выпрямителя ВСВУ-315.

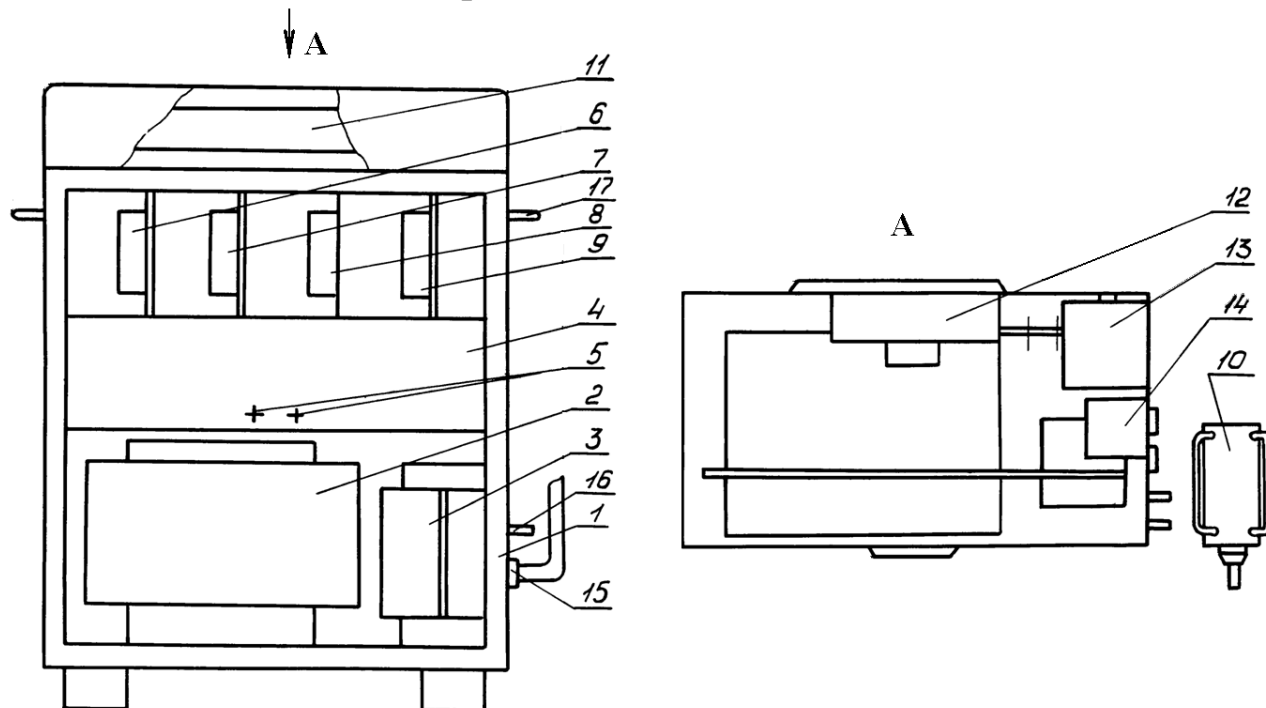


Рисунок 8.4 – Общий вид выпрямителя ВСВУ-315: 1 – шкаф; 2 – трансформатор силовой; 3 – дроссель сглаживающий; 4 – блок тиристорный; 5 – место подключения нагрузки; 6 – блок регулирования; 7 – блок релейный; 8 – блок триггерный; 9 – формирователь импульсов; 10 – пульт управления; 11 – панель управления; 12 – электроventильатор ; 13 – выключатель автоматический; 14 – магнитный пускатель; 15 – разъемы подключения осциллятора, пульта управления, установки; 16 – штуцеры подвода охлаждающей воды; 17 – рым-болты

8.2 Цель работы

Изучить конструкцию и электрическую схему выпрямителя ВСВУ 315, научиться использовать его в работе.

8.3 Оборудование и приборы

8.3.1 Специализированный выпрямитель ВСВУ-315.

8.3.2 Балластный реостат РБ-300.

8.3.3 Калиброванный шунт $75 \text{ мВ} = 300 \text{ А}$.

8.3.4 Милливольтметр постоянного напряжения на 100 мВ.

8.3.5 Вольтметр постоянного напряжения на 100 В.

8.3.6 Соединительные кабели из медного провода сечением не менее 50 мм².

8.3.7 Соединительные провода для подключения измерительных приборов, сечение 1,0÷2,0 мм².

8.4 Порядок выполнения работы

8.4.1 Ознакомиться с конструкцией выпрямителя и его функциональной схемой (рисунок 8.1). Зарисовать функциональную схему.

8.4.2 Изучить принципиальную схему силовой цепи выпрямителя и зарисовать ее (рисунок 8.2).

8.4.3 Записать технические данные выпрямителя.

8.4.4 Составить схему испытания выпрямителя со всеми необходимыми измерительными приборами, используя для этого функциональную схему, и представить ее на утверждение преподавателю.

8.4.5 Собрать схему для испытания. **Внимание! Включение собранной студентами схемы под напряжение разрешается только после проверки ее преподавателем.**

Таблица 8.1 – Результаты измерений

Условия	Параметр	Номер измерения					
		1	2	3	4	5	6
$U_{\text{осн}} = 0$	$J_{\text{д}}, \text{А}$						
	$U_{\text{д}}, \text{В}$						
$U_{\text{ост}} = 0$	$J_{\text{д}}, \text{А}$						
	$U_{\text{д}}, \text{В}$						
$U_{\text{осн}} = 0$	$J_{\text{д}}, \text{А}$						
	$U_{\text{д}}, \text{В}$						
$U_{\text{ост}} = 0$	$J_{\text{д}}, \text{А}$						
	$U_{\text{д}}, \text{В}$						

8.4.6 Провести испытание на статическую нагрузку. Запись показаний измерительных приборов начать с холостого хода, далее, уменьшая сопротивление нагрузки, довести величину сварочного тока до номинального значения. Для каждого опыта делать 6÷7 замеров:

а) снять и построить естественные (без обратных связей по току и напряжению) внешние вольт-амперные характеристики выпрямителя для трех значений напряжения холостого хода, соответствующих крайним к среднему положениям регулировочного потенциометра. Для проведения опыта необходимо тумблером «Ручн.- Автом.», расположенным в блоке формирования импульсов, отключить блок регулирования. В этом случае регулирование выходного напряжения осуществляется с помощью потенциометра, расположенного в блоке формирования импульсов. Результаты опытов заносятся в таблицу 8.1, по данным которой строятся в соответствующем масштабе естественные внешние характеристики выпрямителя;

б) снять и построить вольт-амперные характеристики выпрямителя стабилизации тока. Для этого тумблер «Ручн.-Автом.» в блоке формирования поставить в положение «Автомат».

Характеристики снимают для трех положений потенциометра регулирования тока на выносном пульте управления. Результаты опытов также заносятся в таблицу 8.1, по данным которой строят внешние вольт-амперные характеристики.

Для построенных характеристик определить крутизну внешней характеристики по формуле

$$K_{\alpha} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{20 - 8}{I_2 - I_1}$$

где I_2, I_1 - значения тока выпрямителя при напряжении на нагрузке соответственно 20 и 8 В.

8.5 Содержание отчета

8.5.1 Дать описание конструкции и принципа действия выпрямителя, согласно пункту 8.1 методических указаний.

8.5.2 Привести технические данные выпрямителя.

8.5.3 Нарисовать электрическую схему внешнего соединения выпрямителя на нагрузку.

8.5.4 Привести таблицы полученных результатов.

8.5.5 Представить графики всех исследованных в работе зависимостей.

8.5.6 Рассчитать крутизну полученных характеристик и сравнить кривые графиков.

8.5.7 Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.

8.6 Вопросы для контроля

8.6.1 Устройство и назначение сварочного выпрямителя ВСВУ-315?

8.6.2 Какими способами формируются вольт-амперные характеристики основного и вспомогательного выпрямителей в источнике питания?

8.6.3 Какие способы регулирования тока используются в основном и вспомогательном выпрямителях?

8.6.4 Как осуществляется бесконтактное возбуждение дуги в источнике питания ВСВУ?

8.6.5 Перечислите возможности и преимущества тиристорных сварочных выпрямителей.

Список использованных источников

1. Милютин В.С., Катаев Р.Ф. Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением: учебник. – М.: Академия, 2010. – 368 с.
2. Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги. – М.: Высшая школа, 1982. – 182 с.
3. Закс М.И. Трансформаторы для электродуговой сварки / М.И.Закс, Б.А.Каганский, А.А. Печенин. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1988. – 135 с.
4. Привезенцев В.А., Пешков И.Б. Обмоточные и монтажные провода. – М.: Энергия, 1971. – 551 с.
5. Александров А.Г. Источники питания для дуговой и электрошлаковой сварки: Справочное пособие / А.Г. Александров, И.И. Заруба, И.В. Пеньковский. – Днепропетровск: Издательство «Проминь», 1976. – 151 с.

Приложение А

Таблица А.1 – Сечения (мм²) прямоугольного обмоточного алюминиевого провода марки АПСД

Номинальный размер проволоки по стороне <i>b</i> , мм	Номинальный размер проволоки по стороне <i>a</i> , мм						
	<i>1,80</i>	<i>1,9</i>	<i>2,0</i>	<i>2,12</i>	<i>2,24</i>	<i>2,36</i>	<i>2,50</i>
4,00	6,837	7,237	7,637	8,117	8,597	8,891	9,451
4,25	7,287		8,137		9,157		10,08
4,50	7,737	8,187	8,637	9,117	9,717	10,07	10,70
4,75	8,188		9,137		10,28		11,33
5,0	8,637	9,137	9,637	10,24	10,84	11,25	11,95
5,30	9,177		10,24		11,51		12,70
5,60	9,717	10,28	10,84	11,51	12,18	12,67	13,45
6,00	10,44		11,64		13,08		14,45
6,30	10,98	11,61	12,24	12,99	13,75	14,32	15,20
6,70	11,70		13,04		14,65		16,20
7,10	12,42	13,13	13,84	14,69	15,54	16,21	17,20
7,50	13,14		14,64		16,44		18,20
8,00	14,04	14,84	15,64	16,60	17,56	18,33	19,45
8,50	14,94		16,64		18,68		20,70
9,00	15,84	16,74	17,64	18,72	19,80	20,69	21,95
9,50	16,74		18,64		20,92		23,20
10,00	17,64	18,64	19,64	20,84	22,04	23,05	24,45
10,60	18,72		20,84		23,38		25,95
11,20				23,38	24,73	25,88	27,45
11,80					26,07		28,95
12,50				26,14	27,64	28,95	30,70
13,20							32,45
14,00						32,49	34,45
15,00							36,95
16,00							
17,00							
18,00							

Таблица А.2 – Сечения (мм^2) прямоугольного обмоточного алюминиевого провода марки АПСД

Номинальный размер проволоки по стороне b , мм	Номинальный размер проволоки по стороне a , мм						
	2,65	2,80	3,00	3,15	3,35	3,55	3,75
4,00	10,05	10,65					
4,25		11,35					
4,50	11,38	12,05	12,59	13,63			
4,75		12,75		14,41			
5,0	12,70	13,45	14,45	15,20	16,20	17,20	
5,30		14,29		16,15		18,27	
5,60	14,29	15,13	16,25	17,09	18,21	19,33	20,17
6,00		16,25		18,35		20,75	
6,30	16,15	17,09	18,35	19,30	20,56	21,82	22,77
6,70		18,21		20,56		23,24	
7,10	18,27	19,33	20,75	21,82	23,24	24,66	25,77
7,50		20,45		23,08		26,08	
8,00	20,65	21,85	23,45	24,65	26,25	27,85	29,14
8,50		23,25		26,23		29,63	
9,00	23,30	24,65	26,45	27,80	29,60	31,40	32,89
9,50		26,05		29,38		33,18	
10,00	25,95	27,45	29,45	30,95	32,95	34,95	36,64
10,60		29,13		32,84		37,08	
11,20	29,13	30,81	33,05	34,73	36,97	39,21	41,14
11,80		32,49		36,72		41,34	
12,50	32,58	34,45	36,95	38,83	41,33	34,83	46,02
13,20		36,41		41,03		46,31	
14,00	36,65	38,65	41,45	43,55	46,35	49,15	51,95
15,00		41,45		46,70		52,70	
16,00	41,85	44,25	47,45	49,85	53,05	56,25	59,14
17,00		47,05		53,00		59,80	
18,00			53,45	56,15	59,75	63,35	66,64

Таблица А.3 – Данные к расчету трансформатора

№ варианта	Номинальный сварочный ток ($I_{2ном}$), А	Номинальный режим работы, ПН %	Номинальное рабочее напряжение (U_{20}), В	Пределы регулирования тока, А (I_{21}, I_{22})
1	400	60	64	200÷460
2	160	25	70	30÷180
3	200	65	63	60÷240
4	400	60	75	65÷460
5	315	65	68	110÷385
6	400	60	76	100÷480
7	500	65	60	165÷650
8	160	25	70	45÷190
9	125	20	80	30÷160
10	500	65	60	150÷650

Таблица А.4 – Технические данные выпрямителя ВСЖ-303

Напряжение питания –трехфазное переменное, частота 50 Гц, В	380
Номинальный сварочный ток при ПН = 60% , А	315
Номинальное рабочее напряжение, В	32
Продолжительность цикла сварки, мин.	10
Пределы регулирования сварочного тока, А	50÷315
Стабилизация выходного напряжения:	
- при повышенном (на 5 %) напряжении питающей сети, %	± 2,5
- при пониженном (на 10 %) напряжении питающей сети, %	± 5
Потребляемая мощность, кВА (не более)	19,5
Коэффициент полезного действия (не менее)	0,7

Таблица А.5 – Технические характеристики ПСО-300

Тип генератора	ГСО-300
Номинальное напряжение, В	30
Напряжение холостого хода, В	55÷80
Номинальный сварочный ток (при ПР = 65%), А	300
Пределы регулирования тока, А	75÷320
Тип электродвигателя	АВ-62-4
Мощность электродвигателя, кВА	14
Напряжение питающей сети, В	220/380
К. п. д. преобразователя, %	52
Коэффициент мощности (косинус «фи»)	0,88
Исполнение	однокорпусный на колесах
Масса, кг	400

Таблица А.6 – Техническая характеристика специализированного источника ВСВУ-315

Номинальный сварочный ток, А	315
Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	380/50
Режим работы ПВ, %	60
Продолжительность цикла, мин	60
Максимальный сварочный ток, А	350
Пределы регулирования длительности импульса и паузы, с	0,1÷1,0
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Напряжение возбуждения	
при автоматической сварке, В (не более)	110÷200
при ручной сварке, В (не более)	65
Минимальный ток заварки кратера и ток электрод-сопло, А	8
Время нарастания тока после возбуждения дуги, с	(2÷10)+20%
Стабилизация сварочного тока при отклонениях напряжения сети от номинального значения на ± 10%, % (не более)	2,5
Крутизна внешней характеристики (ВАХ), В/А (не менее)	6
КПД, % (не менее)	70
Габаритные размеры: длина × ширина × высота, мм	700×520×1195
Масса, кг	360

Таблица А.7 – Сечения (см²) голой алюминиевой шины марки АДО по ГОСТ 15176-89

Номинальный размер шины по стороне <i>b</i> , мм	Номинальный размер шины по стороне <i>a</i> , мм																
	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>30</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>60</i>	<i>80</i>	<i>100</i>	<i>120</i>	<i>140</i>	<i>160</i>	<i>180</i>	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>350</i>
3,0	0,29	0,44	0,6	0,74	0,89	1,19	1,49	1,79	2,39								
4,0	0,39	0,59	0,79	0,99	1,19	1,59	1,99	2,39	3,19								
4,5		0,62															
5,0			0,99	1,24	1,49	1,99	2,49	2,99	3,99	4,99							
5,5		0,83															
6,0			1,17	1,47	1,77	2,37	2,97	3,57	4,77	5,97	7,17						
6,5						2,24											
7,0									5,57	6,97							
7,5												10,99					
8,0			1,57	1,97	2,37	3,17	3,97	4,77	6,37	7,97	9,57	11,16	12,77				
8,5													14,76				
9,0					2,67												
9,5													15,07				
10			1,97	2,47	2,97	3,97	4,97	5,97	7,97	9,97	11,97	13,97	15,97				
12			2,32	2,92	3,52	4,72	5,92	7,12	9,52	11,92	13,32	16,52	19,52				
15									11,92				23,92				
20					5,92			11,92		19,92				35,92	39,92	49,92	
25								14,86	19,66						49,86		
30															59,86		
35								20,29	27,79								122,29
40																	
50																124,79	174,79
60															119,45		
70																	
80									60,25								
110											131,45						