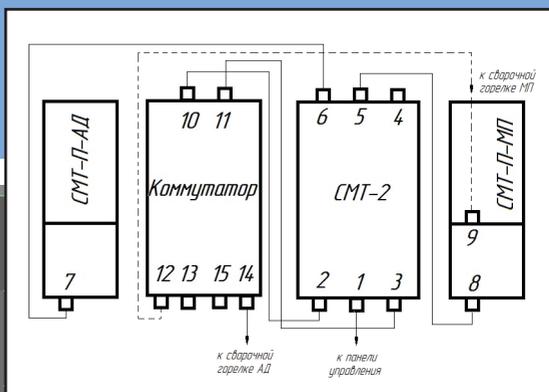


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт машиностроения  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением  
и родственные процессы»

И.В. Смирнов  
А.И. Смирнова

# БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Лабораторный практикум



© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский  
государственный университет», 2015

ISBN 978-5-8259-0860-1



УДК 621.791  
ББК 30.616я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, главный сварщик  
Управляющей компании «Ставрополь на Волге» *В.А. Иевлев*;  
канд. техн. наук, профессор Тольяттинского государственного  
университета *Г.М. Короткова*.

Научный редактор:

д-р техн. наук, профессор Тольяттинского государственного  
университета *В.П. Сидоров*.

Смирнов, И.В. Блочно-модульные источники питания для дуговой сварки : лабораторный практикум / И.В. Смирнов, А.И. Смирнова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 1 оптический диск.

В лабораторном практикуме представлены цели работ, теоретические сведения, исходные данные, порядок выполнения работ, контрольные вопросы.

Предназначен для магистров направления подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов (магистерская программа «Сварка и пайка новых металлических и неметаллических неорганических материалов») при изучении дисциплины «Специальные источники питания и элементы автоматизации». Может быть полезен для бакалавров направления подготовки 15.03.01 Машиностроение (профиль «Оборудование и технология сварочного производства», дисциплина «Источники питания сварочной дуги»).

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер:  
Windows XP/Vista/7/8; ПIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA;  
Adobe Reader.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2015

11:23:50.300 11:23:50.500

11:23:50.700

11:23:50.900

11:23:51.100

Редактор *О.И. Елисева*  
Технический редактор *З.М. Малявина*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 26.03.2015.

Объем издания 2 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-06-14.

Издательство Тольяттинского государственного университета  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14  
тел. 8(8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)



## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА .....	6
Лабораторная работа 1. Оценка коэффициента полезного действия источников питания сварочной дуги, реализующих принцип пространственно- параметрического управления тепловложением .....	7
Лабораторная работа 2. Разработка блочно-модульной конструкции установок для дуговой сварки с управляемым тепловложением .....	19
Библиографический список .....	26
Приложения .....	27

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение энергоэффективности промышленных предприятий, снижение потребления ими электроэнергии является приоритетной задачей в развитии науки и техники. В лабораторном практикуме специалисту предлагается для повышения энергоэффективности технологических процессов дуговой сварки исследовать энергоэффективность источников питания сварочной дуги, реализующих принцип пространственно-параметрического управления тепловложением, а также разработать блочно-модульную конструкцию установки для дуговой сварки с управляемым тепловложением. Подход, основанный на применении принципа пространственно-параметрического управления тепловложением при сварке, обладает высоким потенциалом в области сокращения энергозатрат при реализации технологических процессов сварки. С учетом широкой распространённости технологических процессов сварки в промышленности внедрение энергосберегающих технологий позволит добиться значительного сокращения энергопотребления в масштабах отдельного предприятия, отрасли и страны в целом.

В лабораторном практикуме приведены две лабораторные работы, в основу которых положены результаты исследований самих авторов. Причем эти работы носят не узкоспециальный, а общий характер; их достоинством является возможность более глубокой проработки студентами актуального материала, нежели просто выполнение заимствованных лабораторных работ.

Авторы надеются, что лабораторный практикум будет полезен для преподавателей и студентов вузов, колледжей, всех специалистов, занятых в области сварочного производства.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

При выполнении каждой лабораторной работы студент должен соблюдать следующий порядок.

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями по предмету лабораторной работы.
2. Ознакомиться с принципом и порядком работы используемого лабораторного оборудования.
3. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении лабораторной работы.
4. Ознакомиться с методикой проведения эксперимента и обработки его результатов.
5. Получить задание на лабораторную работу у преподавателя.
6. Записать исходные данные по работе.
7. Совместно с преподавателем и лаборантом подготовить и провести эксперимент согласно разделу «Методика проведения эксперимента» методических указаний к каждой работе.
8. Обработать результаты эксперимента в соответствии с содержанием раздела «Алгоритм обработки экспериментальных данных» методических указаний к каждой работе.
9. Сформулировать выводы по результатам проведённой работы.
10. Защитить отчёт о лабораторной работе.

Отчёт о каждой лабораторной работе выполняется в виде отдельного документа на листах формата А4. Оформление отчёта и его объём должны соответствовать правилам и требованиям, действующим в вузе.

# **Лабораторная работа 1**

## **Оценка коэффициента полезного действия источников питания сварочной дуги, реализующих принцип пространственно-параметрического управления тепловложением**

**Цель работы:** оценить влияние на коэффициент полезного действия топологии инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов в сравнении с топологией традиционного источника питания на базе одного инвертора.

### **Задачи лабораторной работы**

1. Оценить коэффициент полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора при разных режимах нагрузки.
2. Оценить коэффициент полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов при разных режимах работы нагрузки.

### **Исходные данные к выполнению работы**

Исходные данные к выполнению работы выдаются преподавателям по вариантам, указанным в прил. 1.

### **Краткие теоретические сведения**

Основной задачей исследования, в котором будет применяться оборудование для оценки коэффициента полезного действия технических сварочных систем, будет являться сравнительная оценка эффективности использования электрической энергии техническими сварочными системами. Для этого потребуется определить количество энергии, потребляемой системами из сети, а также количество энергии, отдаваемое техническими сварочными системами на нагрузку.

В традиционной постановке задачи для этой цели достаточно измерить токи и напряжения по каждой фазе на входе источника

питания и токи и напряжения на выходных клеммах источника питания при работе его на нагрузку.

При применении способа сварки с пространственно-параметрическим управлением тепловложения, когда два инвертора то поочередно, то одновременно потребляют ток из сети и работают на нагрузку, задача усложняется тем, что на выходе источник питания работает в импульсном режиме. Это требует применения аппаратной части, которая будет способна регистрировать не среднее, а мгновенное значение мощности, выдаваемой источником питания на нагрузку.

Для достижения этой цели во вторичной цепи источника питания необходимо использовать регистрирующее устройство с высокой частотой дискретизации при записи данных и с возможностью их переноса и сохранения во встроенной памяти компьютера. Для этих целей в промышленности применяются промышленные регистраторы параметров технологических процессов.

При оценке энергоэффективности источников питания различного типа необходимо вести оценку по нескольким критериям одновременно:

- 1) повышение коэффициента полезного действия источника питания;
- 2) увеличение коэффициента мощности источника питания ( $\cos \varphi$ );
- 3) снижение мощности, потребляемой из сети;
- 4) улучшение динамических характеристик источника питания и, соответственно, расширение возможностей управления им;
- 5) уменьшение пульсаций тока/напряжения на выходе источника питания, обеспечение более стабильного формирования шва и снижение уровня разбрызгивания электродного металла.

Основным фактором, определяющим высокую энергоэффективность инверторных источников питания, является отсутствие в их конструкции силового трансформатора, на который приходится большая часть всех потерь электроэнергии. В связи с отсутствием силового трансформатора коэффициент полезного действия инверторного источника питания может достигать 98–99 %.

Современное сварочное оборудование, построенное на базе инверторных источников, в отличие от традиционных трансфор-

маторных, позволяет получить не только качественную сварку, но и существенную экономию электроэнергии за счет высокого КПД и высокого коэффициента мощности. Сравнение значений КПД для разных типов источников питания приведено в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициент полезного действия источников питания для ручной дуговой сварки

Марка источника питания	КПД, %
ВД-306	60
ТДМ-4ПДДМ-180, ТДМ-250, ТДМ-40, ТДМ-505, ТДМ-181, ТДМ-259, ТДМ-300	70
ВД-306М, ВД-306С	73
ВД-309, ВД-313	75
ВДУ-506С, ВДУ-506, ВДУ-601	79
ВД-306Д, ВД-506Д, ВД-306ДК, ВД-506ДК	80
ВДУ-1202, ВДМ-1202С, ВДМ-6303С (без балластных реостатов)	83
ВДУ-1602, ВДУ-1250	85

### Используемое оборудование и материалы

Для определения коэффициента полезного действия используется следующее оборудование.

1. Для исследований будет применяться источник питания марки СМТ-1.2 (рис. 1.1), поскольку он имеет возможность работать как в режиме работы одного инвертора (т. е. реализовывать традиционный процесс сварки), так и в режиме сварки с управляемым тепловложением (т. е. реализовывать процесс сварки с коммутируемым подключением двух инверторов).

На передней панели источника размещены индикаторы «Ошибка», «Работа осциллятора», «Питание» (индикаторы включения напряжения питания) и «Сварка», кнопки «Пуск» и «Стоп», панель управления, два разъёма подключения кабелей для подвода тока к изделию (обратных кабелей), разъём для подключения сварочной горелки.

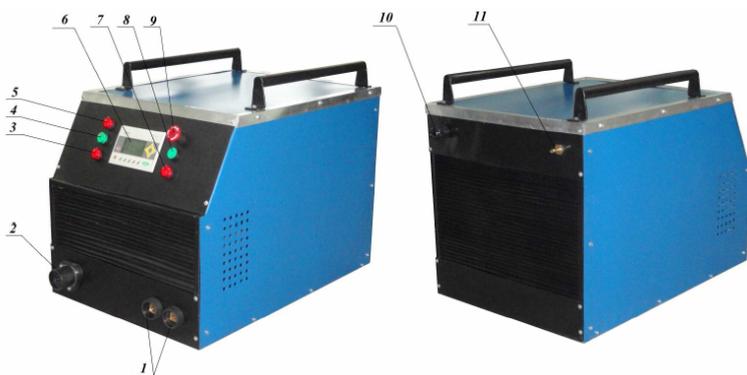


Рис. 1.1. Общий вид источника питания СМТ-1.2:

1 – разъёмы подключения кабелей для подвода тока к изделию (обратных кабелей); 2 – разъём для подключения сварочной горелки; 3 – индикатор «Ошибка»; 4 – индикатор «Работа осциллятора»; 5 – индикатор «Питание»; 6 – панель управления; 7 – индикатор «Сварка»; 8 – кнопка «Пуск»; 9 – кнопка «Стоп»; 10 – изолирующая втулка для ввода сетевого кабеля; 11 – штуцер для подвода защитного газа

Кнопка «Пуск» предназначена для включения системы управления источником питания и подачи напряжения на программируемую панель оператора.

Кнопка «Стоп» предназначена для отключения питания системы управления источником. Кнопка «Стоп» может также использоваться как кнопка аварийного отключения источника.

Индикатор «Питание» загорается, когда срабатывает входной автоматический выключатель и напряжение подаётся на элементы силовой электроники источника питания.

Индикатор «Осциллятор» горит в течение времени работы осциллятора. Как только осциллятор прекращает работу, индикатор гаснет.

Индикатор «Сварка» загорается в момент возбуждения сварочной дуги и продолжает гореть на протяжении всего цикла сварки. Гаснет индикатор в момент обрыва сварочной дуги.

Индикатор «Ошибка» предназначен для информирования оператора о неисправностях источника и ошибочных действиях при подготовке и проведении сварки. Как только загорается индикатор, на экране панели управления появляется сообщение об ошибке, в содержании которого описывается суть возникшей проблемы.

В качестве панели управления в источнике используется программируемая панель оператора. Источник комплектуется панелью серии DOP.

На задней панели размещены изолирующая втулка для ввода сетевого кабеля, шнур питания и штуцер для подачи защитного газа в источник от баллона, а также болт заземления.

2. Анализатор энергии трёхфазный Omix P99-MA-3-0.1-ACX220-RS485 (рис. 1.2) для измерения параметров первичной цепи.



Рис. 1.2. Внешний вид прибора Omix P99-MA-3-0.1-ACX220-RS485

Данный прибор позволяет получать данные о напряжении, токе, коэффициенте мощности, частоте питающего напряжения и потребляемой электроэнергии, также может быть соединен с компьютером посредством интерфейса RS485 для записи и сохранения данных.

Технические характеристики прибора приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики прибора  
Omix P99-MA-3-0.1-ACX220-RS485

Параметр	Значение параметра
Максимальное измеряемое напряжение	~700 В/100 МВ при подключении через трансформатор
Максимальный измеряемый ток	6А/100 МА при подключении через трансформатор
Предельное входное напряжение	1000 В
Предельный входной ток	50 А
Питание	~16–300 В, 50/60 Гц, 5 ВА
Габаритные размеры (В×Ш×Г)	96×96×80 мм
Масса	150 г

Анализируемые параметры Omix P99-MA-3-0.1-ACX220-RS485: линейный ток по трем фазам, линейное напряжение по трем фазам, фазное напряжение, ток нулевой цепи,  $\cos \varphi$ , частота, коэффициент нелинейных искажений по току и напряжению, спектр гармоник тока и напряжения по 64 включительно для регистратора и 31 для анализатора, активная мощность по трем фазам, реактивная мощность по трем фазам, полная мощность по трем фазам, суммарная реактивная мощность, суммарная активная мощность, суммарная полная мощность, задаваемые коэффициенты трансформации по току и напряжению, класс точности: 0,1.

3. Трансформаторы тока ТТИ-А на 50 А. В стенде используются одноступенчатые трансформаторы тока со встроенной шиной в пластмассовом корпусе.

Внешний вид и габаритные размеры трансформаторов тока модификации ТТИ-А на первичный ток 50 А приведены на рис. 1.3.

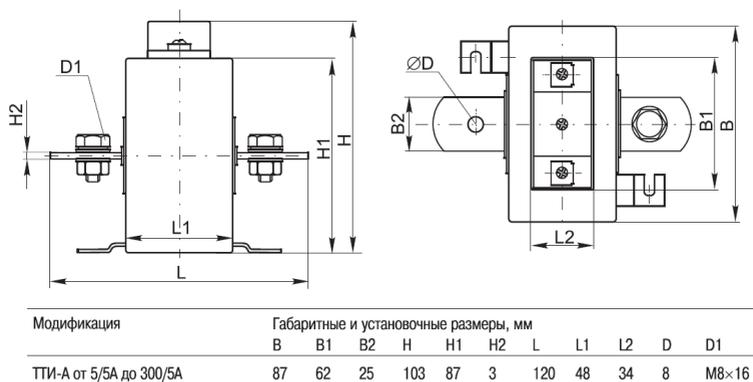


Рис. 1.3. Внешний вид и габаритные размеры трансформаторов тока модификации ТТИ-А на первичный ток 50 А

Технические характеристики трансформаторов тока приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технические характеристики трансформаторов тока модификации ТТИ-А на первичный ток 50 А

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$ , кВ	0,66
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	0,72
Номинальная частота сети $f_{\text{ном}}$ , Гц	50
Номинальный первичный ток трансформатора $I_{\text{ном}}$ , А	50
Номинальный вторичный рабочий ток трансформатора $I_{2\text{ном}}$ , А	5
Номинальная вторичная нагрузка $S_{2\text{ном}}$ , с коэффициентом мощности $\cos \varphi = 0,8$ , В·А	5
Класс точности	0,5
Масса, кг, не более	0,6

4. Портативный регистратор аналоговых сигналов Flash-Recorder-216RTC-SD для записи параметров работы вторичной цепи, таких как значение тока и напряжение.

5. Датчик напряжения ДНХ-01 и датчик тока ДИТ-300Н. Существенным преимуществом датчиков ДИТ-300Н и ДНХ-01 является наличие гальванической развязки силовой и измерительной цепи, что значительно понижает уровень помех и надёжность датчиков при перегрузках, характерных для сварочного процесса. Эти особенности позволяют увеличить точность измерения тока и напряжения в процессе сварки.

Технические характеристики датчиков ДНХ-01 и ДИТ-300Н приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Технические характеристики измерительного преобразователя тока ДИТ-300Н

Технические характеристики	Параметры
Диапазон преобразования напряжения $U$ , В эфф.	0 – (50; 100; 200; 300; 500)
Полоса частот преобразуемых напряжений, Гц	0...60
Входной ток номинальный ИМХ, А	0,01
Сопrotивление первичной обмотки, Ом	140...160
Выходной ток при номинальном входном напряжении, мА	40
Пределы допустимой приведенной основной погрешности, %	$\pm 1$
Время установления выходного сигнала, с, не более	0,1
Время непрерывной работы, ч, не менее	Не ограничено
Время перегрузки входным сигналом 120 % от номинального напряжения, с, не более	1
Напряжение питания, В	$\pm(14,5...15,5)$
Габариты, мм, не более	95×54×65
Масса, г, не более	100

Таблица 5

Технические характеристики измерительного преобразователя напряжения ДНХ-01

Технические характеристики	Параметры
Диапазон преобразования силы тока, А	0...300
Ток на выходе при номинальном токе на входе, мА	75,0
Пределы допускаемой приведенной основной погрешности, %	$\pm 0,8$
Время установления рабочего режима, мин, не более	1
Время установления выходного сигнала, с, не более	0,1
Время непрерывной работы, ч	Не ограничено
Время перегрузки по входу, с: – удвоенный номинальный ток – пятикратный номинальный ток	Не ограничено
Напряжение питания, В	$\pm(14,5...15,5)$
Максимальный диаметр токовой шины, мм	30
Габариты, мм, не более	115×95×102
Масса, г, не более	500

Для работы датчиков ДИТ-300Н и ДНХ-01 необходимо их питание напряжением  $\pm(14,5...15,5)$ . Для этого используется источник питания марки ИПС-3D.

6. Реостат балластный РБ-306 – 2 шт.

7. Для записи и отображения параметров вторичной цепи используется программное обеспечение S-Recorder v.2.2 фирмы ADClab. Типичный вид регистрограмм тока и напряжения для случая работы источника питания на базе двух инверторов показан на рис. 1.4.

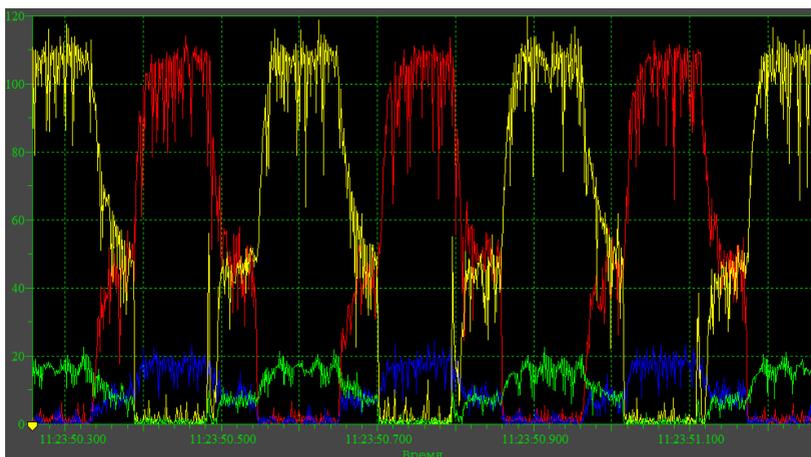


Рис. 1.4. Вид регистрограмм тока и напряжения

### **Меры безопасности при выполнении лабораторной работы**

1. Перед выполнением работы необходимо убедиться, что лабораторный стенд для оценки коэффициента полезного действия (оборудование) отключен от сети.
2. Включение лабораторного оборудования производить только на время снятия параметров.
3. Не касаться руками оголенных участков проводов и клемм.
4. При появлении специфического запаха горения изоляции немедленно отключить оборудование от сети и доложить преподавателю.

5. Во всех случаях отключения оборудования от сети браться рукой за корпус вилки, а не за шнур питания.

### **Методика проведения эксперимента**

1. Эксперимент состоит из двух опытов. В первом опыте оценить коэффициент полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора на режимах работы нагрузки, указанных по вариантам в прил. 1.

2. Источник питания марки СМТ-1.2 подключить к испытательному стенду. В настройках источника питания установить режим работы только одного инвертора (инвертор *A* или инвертор *B*). Произвести нагрузку источника и необходимые замеры по заданию, указанному по вариантам в прил. 1.

3. Во втором опыте оценить коэффициент полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов на разных режимах работы нагрузки.

4. Источник питания марки СМТ-1.2 подключить к испытательному стенду. В настройках источника питания установить режим работы «УТВ», т. е. режим сварки с управляемым тепловложением (повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов). Произвести нагрузку источника и необходимые замеры по заданию, указанному по вариантам в прил. 1.

### **Алгоритм обработки экспериментальных данных**

1. Для расчёта мощности данные регистрограмм тока и напряжения из программы S-Recorder экспортируются в приложение Excel, в котором выполняется расчёт мощности, отдаваемой на нагрузку по каждому из инверторов, а в цикле их совместной работы – их суммарной отдаваемой мощности. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Результаты измерений и расчетов энергопотребления из сети и мощности, отдаваемой на нагрузку, традиционного двухполюсного инверторного источника питания

№ п/п	Ток нагрузки, А	Потребляемая мощность, Вт	Показатели выходной мощности		
			Среднее значение тока, А	Среднее значение напряжения, В	Полная отдаваемая мощность, Вт

Таблица 7

Результаты измерений и расчетов энергопотребления из сети и мощности, отдаваемой на нагрузку, источника питания для сварки с управляемым тепловложением

№ п/п	Ток нагрузки, А	Потребляемая мощность, Вт	Частота коммутации тока, Гц	Показатели выходной мощности			
				Средняя мощность канала А, Вт	Средняя мощность канала В, Вт	Средняя мощность нахлеста, Вт	Средняя общая мощность, Вт

2. Для расчёта коэффициента полезного действия источника питания делят определённую в эксперименте мощность, отдаваемую на нагрузку, на мощность, потребляемую из сети:

$$\eta = \frac{N_l}{N_n}, \quad (1)$$

где  $N_n$  – мощность, отдаваемая на нагрузку, Вт;  $N_c$  – мощность, потребляемая из сети, Вт.

Расчетные значения коэффициентов полезного действия источника питания для сварки с управляемым тепловложением и традиционного двухполюсного инверторного источника питания приведены в табл. 8.

Таблица 8

Расчетные значения коэффициентов полезного действия источника питания для сварки с управляемым тепловложением и традиционного двухполюсного инверторного источника питания

№ п/п	Ток нагрузки, А	Частота коммутации, Гц	Среднее значение КПД источника с управляемым тепловложением, %	КПД традиционного источника питания, %	Изменение КПД, %

### Выводы

При сравнении результатов проделанных опытов оценить, какой из источников питания обладает более высоким коэффициентом полезного действия.

### Содержание отчёта

1. Титульный лист.
2. Цель лабораторной работы.
3. Исходные данные работы.
4. Описание оборудования и материалов.
5. Порядок выполнения работы.
6. Результаты исследований в виде таблиц опытных данных.
7. Анализ результатов работы.
8. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент полезного действия?
2. Как рассчитывался коэффициент полезного действия в данной лабораторной работе?
3. Описать методику проведения экспериментов.
4. По какой формуле рассчитывается мощность?
5. С помощью чего производится нагрузка источника?
6. Какие измерения необходимо снять для расчета мощности традиционного двухполюсного инверторного источника питания?
7. Какие измерения необходимо снять для расчета мощности источника питания при сварке с управляемым тепловложением?

## **Лабораторная работа 2**

### **Разработка блочно-модульной конструкции установок для дуговой сварки с управляемым тепловложением**

**Цель работы:** разработать блочно-модульную конструкцию установки для дуговой сварки.

#### **Задачи лабораторной работы**

1. Разработать карту блочно-модульной схемы построения сварочной установки.
2. Описать сборку модификации сварочной установки.

#### **Исходные данные к выполнению работы**

Исходные данные к выполнению работы выдаются преподавателем по вариантам, указанным в прил. 1.

#### **Краткие теоретические сведения**

В рамках данной лабораторной работы примем следующую терминологию применительно к конструкции сварочных машин:

- *топологическая модификация* — технически законченное решение в виде сварочной установки, обеспечивающей реализацию технологического процесса сварки с заданными технологическими характеристиками, выполняемого одним или несколькими способами сварки;

- *модуль (или агрегат)* — автономная сборочная единица, способная выполнять одну или несколько функций, требуемых от топологической модификации в виде сварочной установки. Топологическая модификация строится на основе нескольких разнотипных или однотипных модулей;

- *блок* — сборочная единица, являющаяся основной для построения модуля. Блок не обладает автономностью и может выполнять свои функции только в составе модуля.

Рациональность и целесообразность применения блочно-модульного принципа состоит в том, что любую техническую сварочную систему, простую или сложную, допускается рассматривать как состоящую из отдельных конструктивных элементов, которые назы-

вают модулями (или агрегатами), исполняющими свои особые, отличные от других, конструктивные и эксплуатационные функции.

С точки зрения инженерной системогенетики агрегатирование – это совокупность приемов, позволяющих объединять функционально связанные составные части изделия в единые модули (агрегаты). В результате агрегатирования происходит качественное изменение признаков отдельных составных частей. Таким образом, агрегатирование – это создание объектов на базе универсальных структурных составляющих.

Важнейшими признаками агрегатированного оборудования являются:

- функциональная законченность составных частей;
- конструктивная обратимость, т. е. возможность повторного использования составных частей;
- изменение функциональных свойств агрегатированного изделия при перестановке составных частей.

#### **Описание состава и назначения силовых и коммуникационных разъёмов каждого модуля блочно-модульной установки для сварки с управляемым тепловложением**

Описание начнём с источника питания марки СМТ-2. Внешний вид лицевой и задней панели источника питания показан на рис. 2.1.

На лицевой панели источника питания имеется один коммуникационный разъём (№ 1), предназначенный, как правило, для соединения источника питания с выносной панелью управления (панелью оператора). Также на лицевой панели расположено два силовых байонетных разъёма (№ 2 и 3) для подключения источника питания в сварочную цепь.

На задней панели источника питания расположено три коммуникационных разъёма. Коммуникационный разъём (№ 4) предназначен, как правило, для соединения двух источников питания между собой при работе в тандемном режиме. Коммуникационные разъёмы № 5 и 6 служат для подключения через них к источнику питания механизмов подачи проволоки.

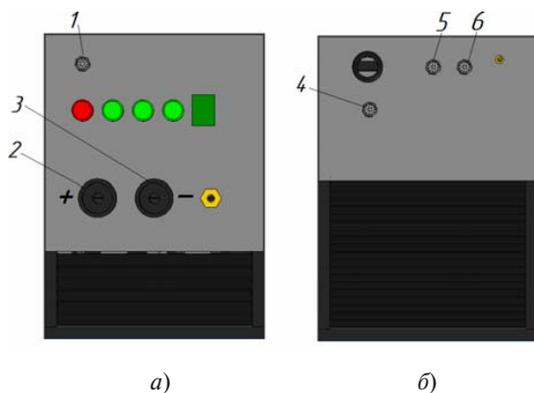


Рис. 2.1. Внешний вид лицевой (а) и задней (б) панели источника питания СМТ-2: 1 – коммуникационный разъем № 1; 2 – силовой байонетный разъем положительного полюса; 3 – силовой байонетный разъем отрицательного полюса; 4 – коммуникационный разъем № 4; 5 – коммуникационный разъем № 5; 6 – коммуникационный разъем № 6

На рис. 2.2 показан внешний вид передней панели механизма подачи присадочной проволоки для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом СМТ-П-АД. Данный механизм содержит всего один коммуникационный разъем (№ 7), предназначенный для соединения подающего механизма с источником питания СМТ-2.



Рис. 2.2. Внешний вид передней панели механизма подачи проволоки СМТ-П-АД

На рис. 2.3 представлен внешний вид передней (а) и задней (б) панели механизма подачи электродной проволоки для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа СМТ-П-МП.

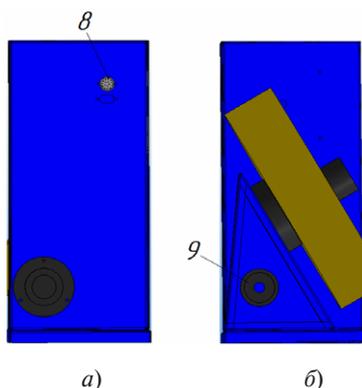


Рис. 2.3. Внешний вид передней (а) и задней (б) панели механизма подачи электродной проволоки для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа СМТ-П-МП: 8 – коммуникационный разъём № 8; 9 – силовой байонетный разъём.

На передней панели данного механизма содержится всего один коммуникационный разъём (№ 8), предназначенный для соединения подающего механизма с источником питания СМТ-2. На задней панели размещён силовой байонетный разъём, предназначенный для соединения с отрицательным байонетным разъёмом источника питания СМТ-2 с целью включения сварочной горелки в сварочную цепь.

На рис. 2.4 показан внешний вид передней (а) и задней (б) панели коммутационного модуля. На передней панели модуля расположены четыре силовых байонетных разъёма (№ 12, 13, 14 и 15). Разъём № 12 представляет собой положительный выход коммутационного модуля, разъём № 14 – отрицательный выход коммутационного модуля, разъёмы № 13 и 15 – коммутируемые выходы коммутационного модуля.

На задней панели коммутационного модуля расположены два силовых байонетных разъёма (№ 10 и 11). Разъём № 10 представляет собой положительный входной разъём коммутационного модуля, разъём № 11 – отрицательный входной разъём коммутационного модуля.

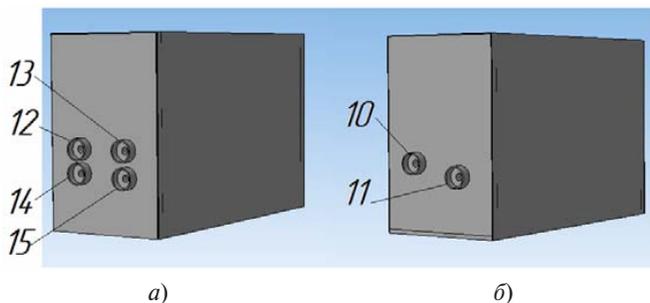


Рис. 2.4. Внешний вид передней (а) и задней (б) панели коммутационного модуля: 10–15 – силовые байонетные разъёмы № 10–15

Сводная ведомость коммуникационных и силовых разъёмов модулей блочно-модульной конструкции установки для сварки с управляемым тепловложением приведена в табл. 9.

Таблица 9

Сводная ведомость коммуникационных и силовых разъёмов модулей блочно-модульной конструкции установки для сварки с управляемым тепловложением

№ разъёма	Описание	Модуль
1	Коммуникационный разъём № 1	Источник питания СМТ-2
2	Силовой байонетный разъём положительного полюса	
3	Силовой байонетный разъём отрицательного полюса	
4	Коммуникационный разъём № 4	
5	Коммуникационный разъём № 5	
6	Коммуникационный разъём № 6	
7	Коммуникационный разъём № 7	Механизм подачи проволоки СМТ-П-АД
8	Коммуникационный разъём № 8	Механизм подачи проволоки СМТ-П-МП
9	Силовой байонетный разъём	
10	Силовой байонетный разъём положительного входа	Коммутационный модуль
11	Силовой байонетный разъём отрицательного входа	
12	Силовой байонетный разъём положительного выхода	

№ разъёма	Описание	Модуль
13	Силовой байонетный разъём коммутируемый	Коммутационный модуль
14	Силовой байонетный разъём отрицательного выхода	
15	Силовой байонетный разъём коммутируемый	

Соединение между собой коммуникационных разъёмов производится проводом связи в виде экранированной витой пары с многоштырьковыми цилиндрическими коннекторами на концах.

Соединение между собой байонетных силовых разъёмов производится многожильным медным кабелем типа КГ2 сечением 50 мм<sup>2</sup>. Концы силовых кабелей должны иметь байонетные штекеры по EN 60974-12.

Каждая технологическая инструкция по сборке топологической модификации блочно-модульной конструкции установок для дуговой сварки с управляемым тепловложением будет представлять собой указания по порядку соединения между собой различных коммуникационных и силовых байонетных разъёмов модулей.

### **Методика проведения эксперимента**

1. Выбрать топологическую модификацию сварочной установки. Топологическая модификация сварочной установки задается преподавателем по вариантам прил. 2.

2. Определить основные функции, которые должна реализовать каждая топологическая модификация сварочных установок. Основные функции описаны в заданных вариантах прил. 3.

3. Из карты топологических модификаций блочно-модульной схемы построения сварочных установок (прил. 4) определить, из каких модулей состоит сварочная установка.

4. После определения перечня модулей сформировать укрупненный перечень блоков, из которых состоит каждый модуль блочно-модульной конструкции установки (прил. 5).

## **Алгоритм обработки экспериментальных данных**

1. Разработать свою карту блочно-модульной схемы построения сварочной установки. На карте показать, из каких модулей и блоков состоит топологическая модификация сварочной установки.

2. Описать сборку модификации установки (пример описания сборки модификации установки приведен в прил. 6). Состав и назначение силовых и коммуникационных разъемов каждого модуля блочно-модульной установки для сварки описаны в п. 3 данной лабораторной работы. Схема соединения модулей приведена в заданных вариантах прил. 2.

## **Выводы**

Сделать вывод, из каких блоков и модулей состоит конструкция сварочной установки.

## **Заключение**

Описать состав и назначение силовых и коммуникационных разъемов каждого модуля блочно-модульной установки для сварки.

## **Содержание отчёта**

1. Титульный лист.
2. Цель лабораторной работы.
3. Исходные данные работы.
4. Порядок выполнения работы.
5. Карта блочно-модульной схемы построения сварочной установки.
6. Описание сборки модификации установки.
7. Выводы.
8. Заключение.

## **Контрольные вопросы**

1. Что подразумевается под термином «топологическая модификация» в лабораторной работе?
2. Что означает термин «модуль» (или «агрегат») в лабораторной работе?
3. Что имеется в виду под термином «блок» в лабораторной работе?

## Библиографический список

1. Блочно-модульная конструкция установок для дуговой сварки с управляемым тепловложением / И.В. Смирнов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 9 – С. 80–85.
2. Ильященко, Д.П. Источник питания как энерго- и ресурсосберегающий фактор в сварочном производстве / Д.П. Ильященко, Д.А. Чинахов // Новые промышленные технологии. – 2010. – № 3. – С. 40–42.
3. Лесков, Г.И. Электрическая сварочная дуга / Г.И. Лесков. – М. : Машиностроение, 1970. – 335 с.
4. Милютин, В.С. Источники питания для сварки / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров. – М. : Айрис-пресс, 2007. – 384 с.
5. Оценка энергоэффективности инверторного источника питания для дуговой сварки с управляемым тепловложением / И.В. Смирнов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 11. – С. 96–102.
6. Расчётная оценка энергоэффективности процесса дуговой сварки с управляемым тепловложением / В.П. Сидоров [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 7. – С. 170–174.
7. Сравнение показателей энергоэффективности традиционного инверторного источника питания для дуговой сварки и инверторного источника питания для сварки с управляемым тепловложением / И.В. Смирнов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 8. – С. 138–141.
8. Экспериментальные исследования энергоэффективности процесса аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением / В.П. Сидоров [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 8. – С. 131–136.
9. Эффективность применения различных топологий установок для дуговой сварки с управляемым тепловложением в зависимости от условий производства сварочных работ / В.П. Сидоров [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 12. – С. 103–107.

**Вариант № 1**

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора

№ п/п	Ток нагрузки, А
1	30

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов

№ п/п	Ток нагрузки, А	Ток нахлёста (на каждом канале), А	Баланс, %	Время нахлёста, % (от времени цикла)	Частота коммутации, Гц
1	30	15	50	25	0,2
2	30	15	50	25	0,5
3	30	15	50	25	1
4	30	15	50	25	1,5
5	30	15	50	25	2
6	30	15	50	25	3
7	30	15	50	25	4
8	30	15	50	25	5
9	30	15	50	25	6
10	30	15	50	25	7
11	30	15	50	25	8
12	30	15	50	25	9
13	30	15	50	25	10

## Вариант № 2

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора

№ п/п	Ток нагрузки, А
1	50

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутлируемой работы двух инверторов

№ п/п	Ток нагрузки, А	Ток налёста (на каждом канале), А	Баланс, %	Время налёста, % (от времени цикла)	Частота коммутации, Гц
1	50	25	50	25	0,2
2	50	25	50	25	0,5
3	50	25	50	25	1
4	50	25	50	25	1,5
5	50	25	50	25	2
6	50	25	50	25	3
7	50	25	50	25	4
8	50	25	50	25	5
9	50	25	50	25	6
10	50	25	50	25	7
11	50	25	50	25	8
12	50	25	50	25	9
13	50	25	50	25	10

### Вариант № 3

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора

№ п/п	Ток нагрузки, А
1	80

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутлируемой работы двух инверторов

№ п/п	Ток нагрузки, А	Ток нахлёста (на каждом канале), А	Баланс, %	Время нахлёста, % (от времени цикла)	Частота коммутации, Гц
1	80	40	50	25	0,2
2	80	40	50	25	0,5
3	80	40	50	25	1
4	80	40	50	25	1,5
5	80	40	50	25	2
6	80	40	50	25	3
7	80	40	50	25	4
8	80	40	50	25	5
9	80	40	50	25	6
10	80	40	50	25	7
11	80	40	50	25	8
12	80	40	50	25	9
13	80	40	50	25	10

#### Вариант № 4

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора

№ п/п	Ток нагрузки, А
1	110

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов

№ п/п	Ток нагрузки, А	Ток нахлёста (на каждом канале), А	Баланс, %	Время нахлёста, % (от времени цикла)	Частота коммутации, Гц
1	110	55	50	25	0,2
2	110	55	50	25	0,5
3	110	55	50	25	1
4	110	55	50	25	1,5
5	110	55	50	25	2
6	110	55	50	25	3
7	110	55	50	25	4
8	110	55	50	25	5
9	110	55	50	25	6
10	110	55	50	25	7
11	110	55	50	25	8
12	110	55	50	25	9
13	110	55	50	25	10

## Вариант № 5

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора

№ п/п	Ток нагрузки, А
1	140

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов

№ п/п	Ток нагрузки, А	Ток нахлёста (на каждом канале), А	Баланс, %	Время нахлёста, % (от времени цикла)	Частота коммутации, Гц
1	140	70	50	25	0,2
2	140	70	50	25	0,5
3	140	70	50	25	1
4	140	70	50	25	1,5
5	140	70	50	25	2
6	140	70	50	25	3
7	140	70	50	25	4
8	140	70	50	25	5
9	140	70	50	25	6
10	140	70	50	25	7
11	140	70	50	25	8
12	140	70	50	25	9
13	140	70	50	25	10

### Вариант № 6

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия традиционного источника питания на базе одного инвертора

№ п/п	Ток нагрузки, А
1	150

План эксперимента по определению коэффициента полезного действия инверторного источника питания, построенного на базе повторно-переменной коммутируемой работы двух инверторов

№ п/п	Ток нагрузки, А	Ток нахлёста (на каждом канале), А	Баланс, %	Время нахлёста, % (от времени цикла)	Частота коммутации, Гц
1	150	75	50	25	0,2
2	150	75	50	25	0,5
3	150	75	50	25	1
4	150	75	50	25	1,5
5	150	75	50	25	2
6	150	75	50	25	3
7	150	75	50	25	4
8	150	75	50	25	5
9	150	75	50	25	6
10	150	75	50	25	7
11	150	75	50	25	8
12	150	75	50	25	9
13	150	75	50	25	10

**Вариант 1**

**Модификация 1.** Установка для реализации традиционного процесса автоматической аргодуговой сварки без поперечных перемещений сварочной дуги с подачей присадочной проволоки.

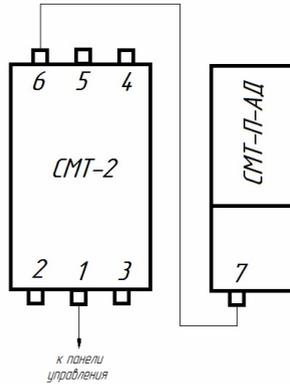


Рис. 1. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

**Вариант 2**

**Модификация 2.** Установка для реализации традиционного процесса автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе без поперечных перемещений сварочной дуги.

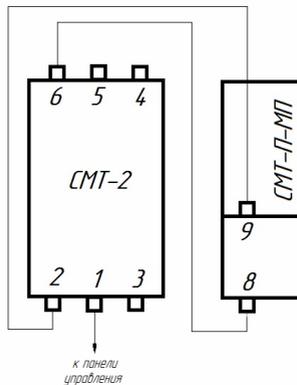


Рис. 2. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

### Вариант 3

**Модификация 3.** Установка для реализации комбинированного процесса с применением традиционной автоматической аргодуговой сварки и традиционной автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе без поперечных перемещений сварочной дуги.

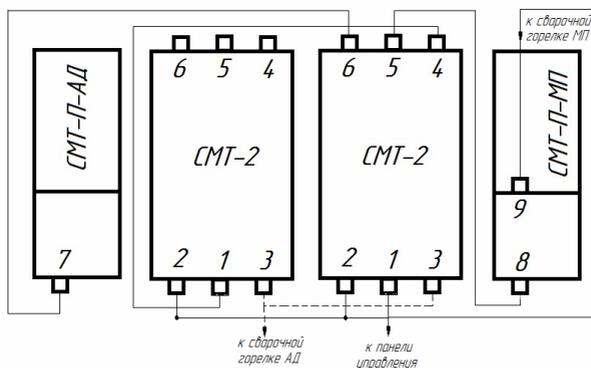


Рис. 3. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

### Вариант 4

**Модификация 4.** Установка для реализации процесса автоматической аргодуговой сварки с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью.

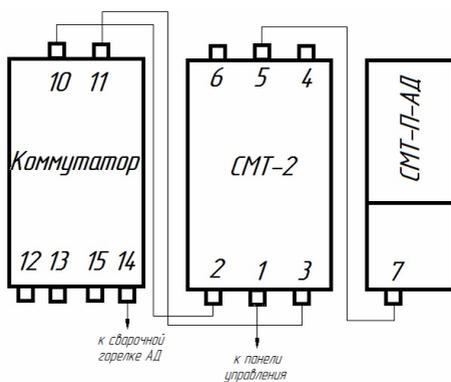


Рис. 4. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

## Вариант 5

**Модификация 5.** Установка для реализации процесса автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью.

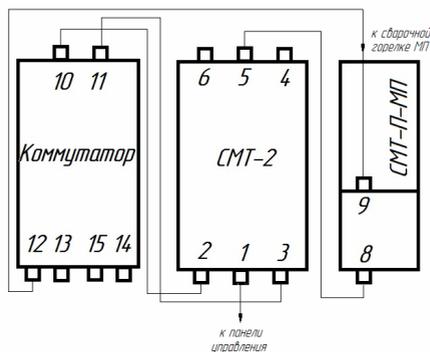


Рис. 5. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

## Вариант 6

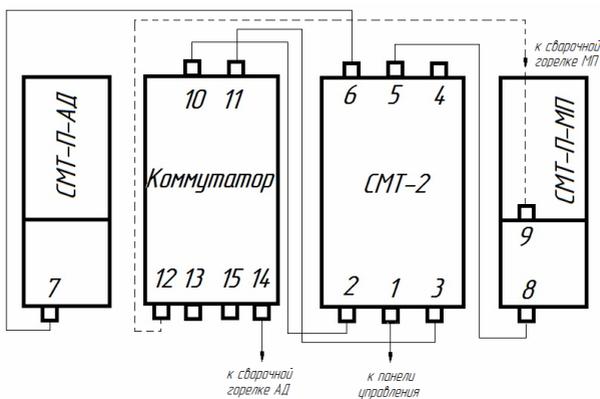


Рис. 6. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

**Модификация 6.** Установка для реализации комбинированного процесса с применением автоматической аргодуговой сварки с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью и автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного

газа с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью (с возможностью реализации традиционного процесса автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе без поперечных перемещений сварочной дуги).

### Вариант 7

**Модификация 7.** Установка для реализации процесса автоматической аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением.

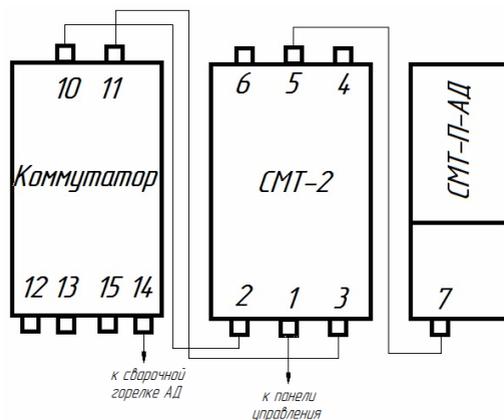


Рис. 7. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

### Вариант 8

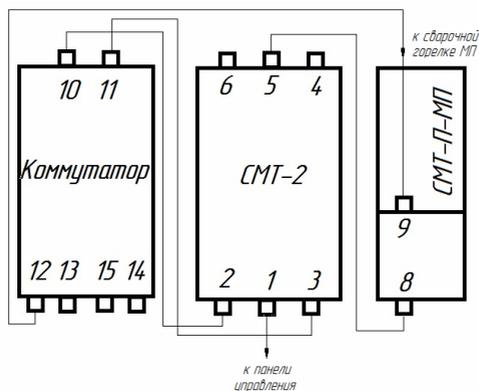


Рис. 8. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

**Модификация 8.** Установка для реализации процесса автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением.

### Вариант 9

**Модификация 9.** Установка для реализации комбинированного процесса с применением автоматической аргодуговой сварки с управляемым тепловложением и автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением (с возможностью реализации традиционного процесса автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе без поперечных перемещений сварочной дуги).

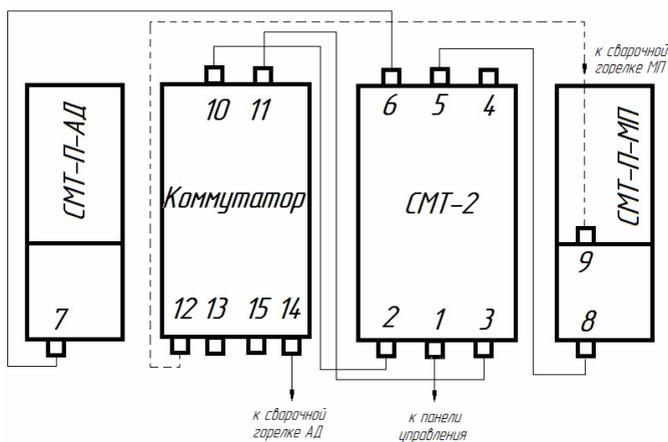


Рис. 9. Схема соединения модулей, входящих в состав установки

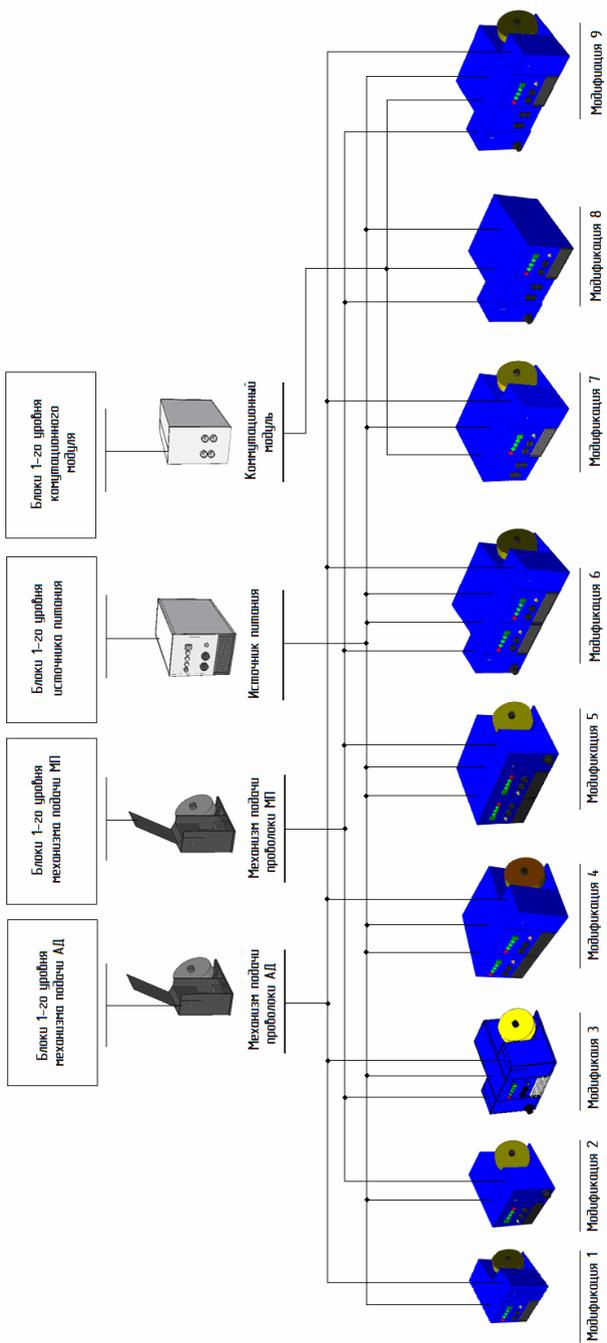
*Укрупнённый перечень функций, которые должна реализовать каждая топологическая модификация сварочных установок*

Топологическая модификация	Функция					
	Подача сварочного напряжения на горелку и контакты токоподводов	Коммутация сварочного тока между каналами подвода тока к изделию	Управление параметрами коммутации тока	Управление мощностью на каждом канале токоподвода	Подача присадочной проволоки	Подача электродной проволоки
Установка для реализации традиционного процесса автоматической аргонодуговой сварки без поперечных перемещений сварочной дуги с подачей присадочной проволоки	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Установка для реализации традиционного процесса автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе без поперечных перемещений сварочной дуги	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Установка для реализации комбинированного процесса с применением традиционной автоматической аргонодуговой сварки и традиционной автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе без поперечных перемещений сварочной дуги	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Установка для реализации процесса автоматической аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью	Да	Да	Да	Да	Да	Нет
Установка для реализации процесса автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью	Да	Да	Да	Да	Нет	Да

Топологическая модификация	Функция					
	Подача сварочного напряжения на горелку и контакты токоподводов	Коммутация сварочного тока между каналами подвода тока к изделию	Управление параметрами коммутации тока	Управление мощностью на каждом канале токоподвода	Подача присадочной проволоки	Подача электродной проволоки
Установка для реализации комбинированного процесса с применением автоматической аргодуговой сварки с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью и автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением с высокой энергоэффективностью	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Установка для реализации процесса автоматической аргодуговой сварки с управляемым тепловложением	Да	Да	Да	Нет	Да	Нет
Установка для реализации процесса автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением	Да	Да	Да	Нет	Нет	Да
Установка для реализации комбинированного процесса с применением автоматической аргодуговой сварки с управляемым тепловложением и автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением (с возможностью реализации традиционного процесса автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе без поперечных перемещений сварочной дуги)	Да	Да	Да	Нет	Да	Да

## Приложение 4

### Карта топологических модификаций блочно-модульной схемы построения сварочных установок для сварки с управляемым тепловложением



*Укрупнённый перечень блоков, входящих в состав каждого модуля*

Источник питания сварочный одноканальный:

- входной фильтр;
- плата предзаряда;
- конденсаторный делитель;
- снаббер;
- блок первичного выпрямления;
- вторичный выпрямитель;
- блок IGBT транзисторов;
- плата управления;
- плата драйверов;
- блок осциллятора;
- трансформатор импульсный;
- дроссель сглаживающий;
- радиаторы охлаждения;
- панель управления;
- корпус источника питания.

Коммутационный модуль:

- блок IGBT транзисторов;
- плата управления;
- плата драйверов;
- панель управления;
- радиаторы охлаждения;
- корпус источника питания.

Механизм подачи присадочной проволоки для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом:

- механизм протяжки проволоки с приводом;
- корпус механизма подачи;
- тормозное устройство;
- плата управления механизмом подачи проволоки;
- блок питания платы управления.

Механизм подачи электродной проволоки для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа:

- механизм протяжки проволоки с приводом;
- корпус механизма подачи;
- тормозное устройство;
- плата управления механизмом подачи проволоки;
- блок питания платы управления;
- разъём для подключения сварочной горелки;
- разъём для подключения обратного кабеля сварочной цепи.

*Сборка установки для реализации комбинированного процесса с применением автоматической аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением и автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением*

Установка для реализации комбинированного процесса с применением автоматической аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением и автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением состоит из следующих модулей:

- 1) источник питания сварочный одноканальный СМТ-2;
- 2) коммутационный модуль;
- 3) механизм подачи присадочной проволоки для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом СМТ-П-АД;
- 4) механизм подачи электродной проволоки для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа СМТ-П-МП.

Схема соединения двух модулей, входящих в состав установки, приведена на рис. 10.

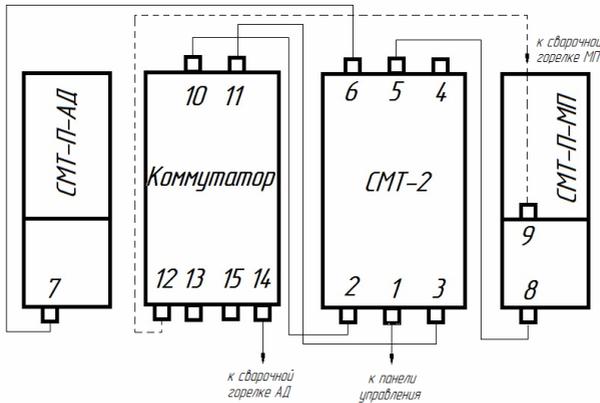


Рис. 10. Схема соединения модулей, входящих в состав установки для реализации комбинированного процесса с применением автоматической аргонодуговой сварки с управляемым тепловложением и автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с управляемым тепловложением

Сборка модификации установки состоит из двух этапов.

*Первый этап сборки*

1. Установить источник питания СМТ-2 и механизм подачи проволоки СМТ-П-АД боковыми сторонами друг к другу. Произвести фиксацию взаимного положения модулей с помощью механических фиксаторов.

2. С помощью кабеля связи соединить между собой коммуникационный разъём № 7 на подающем механизме СМТ-П-АД с коммуникационным разъёмом № 6 источника питания СМТ-2, выступающего в роли ведущего источника.

3. Установить рядом с источником питания СМТ-2 коммутационный модуль. Произвести фиксацию взаимного положения модулей с помощью механических фиксаторов.

4. С помощью силового кабеля с байонетными штекерами соединить между собой силовой байонетный разъём № 3 источника питания СМТ-2 с силовым байонетным разъёмом № 11 коммутационного модуля.

5. С помощью силового кабеля с байонетными штекерами соединить между собой силовой байонетный разъём № 2 источника питания СМТ-2 с силовым байонетным разъёмом № 10 коммутационного модуля.

6. Подключить сварочную горелку к силовому байонетному разъёму № 14 коммутационного модуля.

7. Произвести сварку с применением автоматической аргодуговой сварки неплавящимся электродом.

*Второй этап сборки*

1. Установить рядом с источником питания СМТ-2 механизм подачи проволоки СМТ-П-МП боковыми сторонами друг к другу. Произвести фиксацию взаимного положения модулей с помощью механических фиксаторов.

2. С помощью кабеля связи соединить между собой коммуникационный разъём № 8 на подающем механизме СМТ-П-МП с коммуникационным разъёмом № 5 источника питания СМТ-2.

3. С помощью силового кабеля с байонетными штекерами соединить между собой силовой байонетный разъём № 12 коммутационного модуля с силовым байонетным разъёмом № 9 подающего механизма СМТ-П-МП.

4. Подключить сварочную горелку к специальному евразъёму для горелки на подающем механизме СМТ-П-МП.

5. Произвести автоматическую сварку плавящимся электродом в защитном газе.