

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(институт, факультет)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(кафедра)

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

«Технология и оборудование для пайки»

(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Влияние колебания напряжения сети на технологические параметры
оборудования для сварки и пайки

Студент

Ю.В.Тихонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руково-
дитель

Г.М.Короткова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель магистерской
программы

д.т.н., профессор

Б.Н. Перевезенцев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор

В.В Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017г.

Тольятти 2017

Содержание

Список обозначений и сокращений.....	4
Введение	5
1. Анализ оборудования сварочного производства АО «Метролог»	8
1.1.Номенклатура оборудования производственного цеха АО «Метролог».....	8
1.2.Оборудование цеха для пайки	18
1.3. Параметры питающей сети цеха АО «Метролог»	21
2.Анализ сети предприятия	25
2.1 Построение структурной и функциональной схем сети	25
2.2 Измерение параметров питающей сети	28
2.3 Оценка отклонения параметров питающей сети.....	35
3. Технологические параметры оборудования для сварки и пайки	37
3.1. Электрические параметры источника питания для РДС.....	37
3.2. Электрические параметры источника питания и механизма подачи присадочной проволоки при механизированной сварке	39
3.3. Электрические параметры при импульсной сварке и основные.....	40
технологии импульсной схемотехники	40
3.4.Электрические и неэлектрические параметры оборудования для пайки.....	48
4.Влияние колебания напряжения сети на технологические параметры оборудования для сварки и пайки	49
4.1 Зависимость технологических параметров (Стабильности процесса сварки и пайки,разбрызгивания,качество формирования шва) от качества сети.....	49
4.2 Модернизация сварочных аппаратов.....	53
4.3 Расчет проводников питающей сети.....	71
4.4 Расчет защитных систем.....	73
Заключение	80
Список используемой литературы.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение	88

Аннотация

Выпускная диссертационная работа посвящена оценке параметров сварочного оборудования и оборудования для пайки цеха ОАО Метролог.

Целью работы является повышение эффективности работы организации, за счет снижения нелинейных искажений в сети.

Пояснительная записка состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня литературы и приложений.

Введение отображает актуальность данной работы, рассматривается предметная область, определяются цели и задачи исследований.

В первом разделе проводится исследование предприятия, рассмотрены имеющиеся подходы, параметры сети технологий, используемых в цеху, проведен анализ существующих приборов и их параметров и показана необходимость в разработке.

Второй раздел описывает особенности сварочных источников, параметры сварочной дуги и способы снижения влияния помех.

В третьем разделе произведена оценка качества сети. Приведены численные характеристики, которые отображают необходимость модернизации электропроводки и сварочных аппаратов.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы охраны труда, а также рекомендации по модернизации сварочных аппаратов. Определяются их вольтамперные характеристики и качество шва.

Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения в виде критического анализа, списка литературы, приложений, включает в себя иллюстративный материал в виде 67 рисунков и 17 таблиц. Объем работы составляет 90 страниц.

Список обозначений и сокращений

ОУ - осветительная установка

БП – Блок питания

ГОСТ - Государственный Стандарт

КЗ – Короткое замыкание

СНИП - свод основных нормативных требований и положений

ШИМ - широтно-импульсная манипуляция

ВРУ - вводно–распределительное устройство

ЩО - щиты осветительные

ЩС - щиты силовые

УЗО – устройство защитного отключения

Введение

Современная промышленность обладает высокими требованиями касательно сварочных источников. Такими требованиями являются стабильное выходное напряжение или ток, устойчивая работа, высокая надежность, простота и доступность. В последнее время широкую популярность приобрели импульсные сварочные источники питания, которые в отличие от трансформаторных обладают множеством преимуществ. Однако у импульсных сварочных источников есть существенные недостатки. Такими недостатками являются высокая стоимость, высокие требования к качественной элементной базе, трассировке печатных плат, изготовления импульсного трансформатора и необходимость соответствующего оборудования для пуска и отладки данных устройств.

На сегодняшний день существует огромное количество импортных и отечественных производителей сварочного оборудования. При этом широкую нишу в рынке сварочного оборудования занимает китайское оборудование, достоинством которого является очень низкая стоимость вопреки качеству. Хорошо себя зарекомендовали и обладают значительной доступностью сварочные источники производства Украины (SSVA, Элсва, Патон, Днепр, Темп, Форсе и др.) однако для рынка Российской Федерации важно развивать собственную сварочную промышленность.

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы» (далее кафедра СОМДиРП) готовит широко востребованных инженеров, знающих и понимающих особенности сварки, пайки, штамповки, литья и других необходимых процессов машиностроения. Особый облик кафедры создают закреплённые за ней многочисленные специализированные лаборатории, оснащённые современным оборудованием, и компьютерные классы. При кафедре действуют две секции: «Пайка» и «Обработка материалов давлением». Кафедру СОМДиРП возглавляет д.т.н, профессор Ельцов Валерий Валентинович. Организационная структура кафедры СОМДиРП в общем виде представлена на рисунке 1.

Для подготовки квалифицированных специалистов используются различные программные продукты, такие как:

- многофункциональный комплекс NX (бывший Unigraphics) компании Siemens PLM Software (Германия),
- LS-DYNA фирмы LSTC (США),
- PowerSHAPE, PowerMILL и PowerINSPECT фирмы Delcam plc (Великобритания),
- КОМПАС-3D компании АСКОН (Россия).

Все эти программные продукты позволяют студентам освоить технологииковки и штамповки, научиться разрабатывать процессы изготовления деталейштамповкой, конструировать штампы и пресс-формы в 3D-системах, проводитьисследовательские работы.

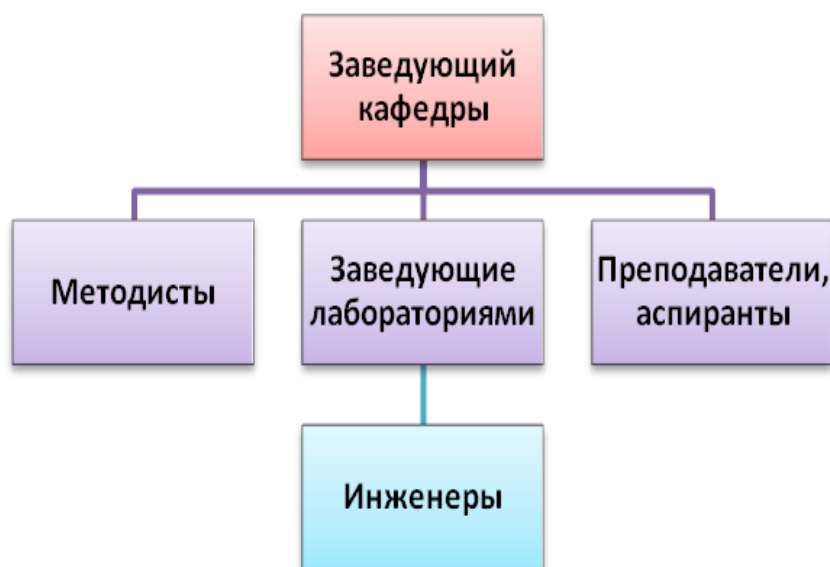


Рисунок 1 - Организационная структура кафедры СОМДиРП

В диссертационной работе рассматривается оснащение производства АО «Метролог» для сварки и пайки, а также параметры питающей сети.

Известно, что обеспечение бесперебойным питанием производственного процесса является главной задачей энергообеспечения предприятия. При этом параметры оборудования для сварки и пайки должны соответствовать параметрам питающей сети.

Оборудование для сварки и пайки должно обеспечивать определенные технологические параметры: для сварки - стабильность процесса сварки, качество формирования шва, разбрызгивание металла при ручной дуговой сварке покрытыми электродами и механизированной сварке плавящимся электродом, для пайки – стабильность температуры в печах нагрева.

Параметры питающей сети до 1кВ определяются ГОСТ 13109-87, действующим в России. Регламентируется колебание напряжения сети, коэффициент несинусоидальности, отклонение частоты, коэффициент нулевой и обратной последовательности напряжений.

Наибольшее влияние на технологические параметры сварочного оборудования оказывает влияние колебания напряжения сети и несинусоидальность.

Научная новизна. В работе предлагаются модели и методы решения задачи контроля и управления сетевого напряжения сварочного оборудования. Проведенные расчеты и предложенные методики позволят существенно повысить эффективность работы на производстве.

Практическая значимость. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в виде промышленного аппаратного обеспечения, в различных организациях предприятий, различных форм собственности занимающихся сваркой черных и цветных металлов, а так же в учебном процессе специализированных средних технических и высших учебных заведений.

В качестве методов исследования были использованы следующие: анализ научной литературы, анализ деятельности, систематизация и обобщение.

Цель работы – снизить влияние колебания напряжения сети на технологические параметры оборудования производственного цеха АО «Метролог».

1. Анализ оборудования сварочного производства АО «Метролог»

1.1. Номенклатура оборудования производственного цеха АО «Метролог»

Анализ производства показал, что в производственном цехе АО «Метролог» применяется как дуговая (ручная и полуавтоматическая), так и точечная сварка. Соответственно можно выделить следующее применяемое сварочное оборудование:

- 1) сварочный выпрямитель ВД-306сэ;
- 2) сварочный инвертор Lincoln electric invertec 400-SX;
- 3) аппарат точечной сварки Blueweld plus 230;
- 4) сварочный полуавтомат Brima mig 500-1;
- 5) сварочный агрегат Mosa DSP 400 YSX;
- 6) сварочный генератор Esab KHM 190 HS;
- 7) сварочный инвертор Neon ВД 221;
- 8) сварочный инвертор Барс Profi ARC 257D;
- 9) сварочный инвертор Ресанта САИ 250.

Графически номенклатуру сварочного оборудования можно представить на рисунке 2. Рассмотрим особенности каждого типа оборудования подробнее.

1) Сварочный выпрямитель ВД-306сэ, разработанный и производимый «СпецЭлектрод», относится к наиболее распространенному классу однопостовых 3-х фазных сварочных аппаратов, обеспечивая ручную дуговую сварку покрытыми сварочными электродами диаметром от 2 до 5 мм на постоянном токе любой полярности, имея падающую внешнюю характеристику.

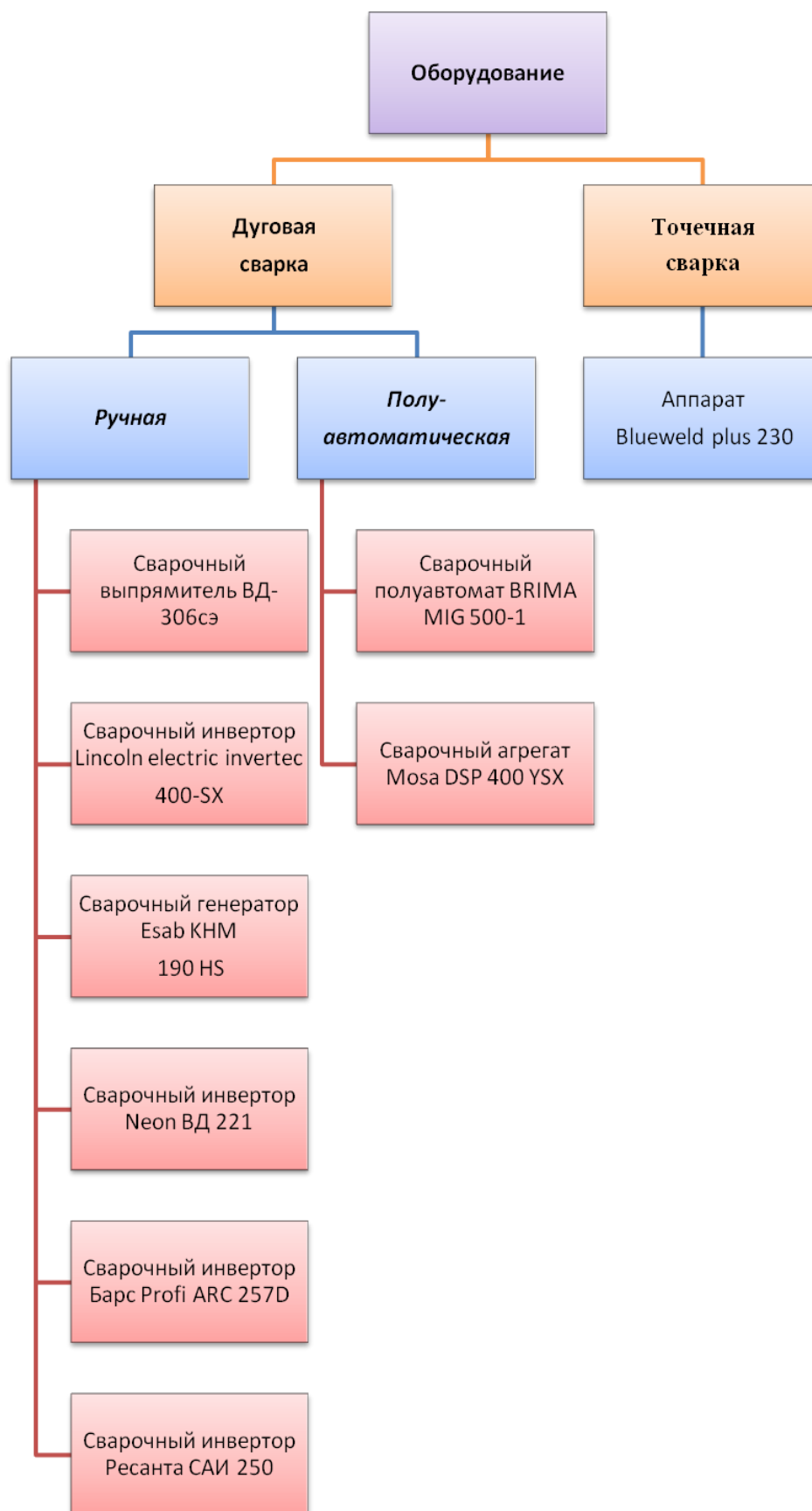


Рисунок 2 - Номенклатура сварочного оборудования производственного цеха АО «Метролог»

Аппарат для сварки ВД-306 СЭ один из самых надежных и качественных сварочных выпрямителей своего уровня, имеющим высокие сварочно-технические показатели. В данном выпрямителе используется клиновый шунт оригинальной конструкции, обеспечивающий более плавную и простую регулировку сварного тока. Конструкция шунта запатентована патентом 2002133748 который принадлежит компании «СпецЭлектрод». Так же, данный выпрямитель не прихотлив в выборе марок сварных электродов.



Рисунок 3 - Сварочный выпрямитель ВД-306сэ

Технические характеристики ВД-306СЭ

- Номинальное напряжение питающей сети, 3x380В
- Номинальный сварочный ток, 315А
- Напряжение холостого хода, 70В -
- Пределы регулирования сварочного тока, 60-315А
- Номинальное рабочее напряжение, 33В
- Номинальный режим работы ПН% при длительности цикла 5 мин. 60
- Первичный ток при номинальном сварочном токе, А 35
- Масса, кг 96

- Габариты, мм 620х470х493

2) Lincoln electric invertec 400- S X – переносной ручной сварочный инвертор, предоставляющий идеальные характеристики сварной дуги. Универсальность его использования, как в условиях монтажа так и в условиях завода обеспечивается возможностью его функционирования от генератора.



Рисунок 4 - Сварочный инвертор Lincoln electric invertec 400-SX

Данный инвертор обладает следующими отличительными особенностями:

- Прочный надежный источник для работы в тяжелых условиях эксплуатации.
- Превосходное качество сварки при использовании электродов с рутиловым, основным и целлюлозным видом покрытия.
- Предохранение печатных плат от воздействия воздушных потоков.
- Возможность работы с электродом до 6,3мм., благодаря максимальному значению сварного тока, равному 400 ампер.
- Наличие в типовой комплектации функций Arc Force – форсированная дуга, и Hot Start – горячий старт.

- исключение подгорания электрода благодаря наличию функции LIFT TIG.

- соответствие евростандартам ROHS, CE и IEC974-1.

- Сварочные процессы - MMA, Lift TIG, CAG-A.

3) Blueweld Plus 230 – однофазное портативное сварочное устройство с функцией точечной сварки. Имеет систему микропроцессорного управления «Fuzzy Logic», благодаря чему упрощается обслуживание и повышаются характеристики точечного сварного соединения. Может осуществлять точечную сварку листовой стали с толщиной 2+2мм. Предназначен для сварки стали только типа Ст3.

Имеет следующие особенности.

- Может использоваться при работе только со сталью Ст3.

- Наличие автоматической регулировки тока сварки, в процессе сваривания материалов разной толщины.

- Выбор непрерывного или импульсного режима сварки, при соединении материалов с большим значением упругости.

- Возможность регулировать ток и время сварки, в зависимости от толщины металла подлежащего сварке.



Рисунок 5 - Аппарат для точечной сварки Blueweld Plus 230

4) Сварочный полуавтомат Brima mig 500-1 отличается высокими сварочными характеристиками при небольших габаритах и массе (рисунок 6).



Рисунок 6 - Сварочный полуавтомат Brima mig 500-1

Отличительные функции:

- MIG500-1 имеет встроенный процессор, который обеспечивает: программируемые режимы сварки, пониженное разбрызгивание металла, стабильное возбуждение дуги, стабильное значение сварочного тока, защиту от скачков напряжения.
- Энергосберегающий эффект снижает потери металла.
- Цепь обратного контроля обеспечивает постоянное сварочное напряжение в широком диапазоне напряжения сети.
- Возможность регулировки сварочного напряжения в точном соответствии с силой сварочного тока, прекрасные сварочные характеристики.
- Функция автоматической поддержки/остановки дуги.
- Функция продувки газом после окончания сварки, высокое напряжение холостого хода, возможность медленной подачи проволоки для легкого зажигания дуги.
- Возможны MIG/MAG сварка.
- Возможность использования сварочной проволоки с диаметром 1,0-1,6 мм.

5) Универсальный сварочный агрегат MOSA DSP 400 YSX (рисунок 7) производства компании MOSA предназначен для механизированной, аргодуговой и сварки штучным электродом деталей из обычных и нержавеющей сталей на постоянном токе, агрегат также может использоваться в качестве электростанции.



Рисунок 7 - Универсальный сварочный агрегат MOSA DSP 400 YSX

Особенности:

- Цифровой блок управления сварочным процессом(DSP);
- Шумо/погодозащитный кожух;
- Асинхронный генератор;
- Режим сварки целлюлозными электродами;
- 100% продолжительность включения нагрузки при токе 400 А;
- Возможность подключения трехфазных электрических нагрузок с напряжением 380 В мощностью до 12 кВА и однофазных нагрузок с напряжением 220 В мощностью до 7 кВА;
- Аварийное отключение двигателя при критическом снижении давления масла/повышении температуры.

6) Сварочный генератор Esab KHM 190 HS (рисунок 7) – это комбинированный сварочный агрегат и электрогенератор (1-фазный 230 В и 3-фазный 400

В) с приводом от бензинового двигателя. Применяется в тех случаях, когда трудно или невозможно подключиться к сети электропитания.

Отличительные функции.

– Сочетает в себе возможности высококачественного источника питания для сварки (190 А постоянного тока) и электрического генератора мощностью до 6 кВт.

– Оборудован бензиновым двигателем фирмы Honda с ручным пусковым устройством.

– Особенности конструкции: индикатор давления масла с тревожной сигнализацией, защита от остаточных токов, термозащита.



Рисунок 8 - Сварочный генератор Esab KHM 190 HS

Технические характеристики:

- Диапазоны регулировки тока, 20-100, 90-190 А
- Макс. сварочный ток при ПВ 35%, 190 А
- Макс. сварочный ток при ПВ 65%, 160 А
- Макс. сварочный ток при ПВ 100%, 120 А
- Напряжение холостого хода, 98 В
- Мощность генератора 220 V, 5/50 кВА/Гц
- Мощность генератора 400 V, 6/50 кВА/Гц

- Уровень шума, 73/98 дБА/LWA
- Мощность, 10/3000 л.с./об/мин
- Масса, 115 кг
- Производитель ESAB, Швеция

7) Сварочный инвертор NEON ВД 221 (рисунок 9) - инверторный сварочный аппарат постоянного тока, предназначенный для ручной дуговой сварки. Также предусмотрена возможность использования аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Особенности аппарата.

- Применение вне помещения и при любой температуре.
- Защита от замыкания.
- Горячий старт.
- Антизалипание (отключаемый).
- Форсаж дуги (отключаемый).
- Высокое энергосбережение.



Рисунок 9 - Сварочный инвертор NEON ВД 221

8) Инверторы BAPC Profi ARC 257 D (рисунок 10) обладают высокой мощностью, выдерживают большие нагрузки и обладают отличными показателями производительности. Аппараты оснащены плавным регулятором и инди-

катором сварочного тока (дисплеем), что позволяет точно настроить его показатели. Плавный регулятор форсажа дуги предотвращает прилипание электрода к изделию, обеспечивает малое разбрызгивание и глубокое проплавление при сварке. Форсаж дуги заключается в кратковременном увеличении сварочного тока при уменьшении дугового промежутка.



Рисунок 10 - Инвертор BAPC Profi ARC 257 D

Инверторы BAPC Profi ARC 257 D – аппараты повышенной частоты. Их следует купить уже из-за того, что они обладают высокими КПД и ПН и почти не производят шум. Все это способствует достижению лучших результатов сварочного процесса.

9) Аппарат Ресанта САИ 250 (рисунок 11) компактен и мобилен. Сварочный аппарат инверторный (далее - САИ) "Ресанта" предназначен для ручной электродуговой сварки постоянным током покрытым электродом. Компактность конструкции, а также небольшой вес аппарата позволяют сварщику перемещаться по всей площади производимых работ. Инвертор оснащен всеми

современными функциями, как антизалипание электрода и улучшенный поджиг дуги.



Рисунок 11 - Аппарат Ресанта САИ 250

1.2.Оборудование цеха для пайки

Производственный цех АО «Метролог» оснащен камерными печами сопротивления типа СНОЛ 120/12-41, СНОЛ 12/ 12-В, печами для сушки, прокали электродов типа НОВЭЛ ЭПСЭ-10/400 и ультразвуковым генератором УЗГ-3 0,4 с ванной лужения. Все оборудование для пайки оснащено ПИД-регуляторами, которые позволяют измерять установленную температуру и поддерживать ее автоматически. Кроме того, печи сопротивления – это активная нагрузка для сети.

Камерная электропечь СНОЛ/SNOL применяется в различных видах термообработки материалов в воздушной среде до температуры 1250°С.

Нагрев металла под закалку, нормализация, отпуск, ювелирное производство, художественная отделка стекла и керамики, обжиг изделий из глины, фаянса.



Рисунок 12 - СНОЛ 120/12-И1



Рисунок 13 - СНОЛ 60/12-И1-В

Особенности конструкции:

Длительный ресурс работы нагревателей.

Эффективность тепловой работы электропечей за счет качественной многослойной футеровки.

Износостойкие карбидокремниевые плиты в конструкции пода улучшают равномерность нагрева садки и повышают надежность электропечей.

Режим термообработки осуществляется автоматически по заранее заданной программе благодаря применению микропроцессорных регуляторов температуры.

Печь электронагревательного типа ЭПСЭ предназначена для сушки и прокалики сварочных электродов при температуре от 100 до 400 °С.

Модель оборудована блоком управления с терморегулятором.

Благодаря использованию в качестве нагревательных элементов трубчатых электронагревателей (ТЭН) - ресурсы работы печи повышены. ТЭН легко заменяется при ремонте, имеет большой срок службы.

ТЭН оптимально размещен внутри камеры, что способствует эффективной термоизоляции, а встроенная автоматика обеспечивает быстрый нагрев и стабильное поддержание температуры сушки электродов.



Рисунок 14 - Печь электронагревательного типа ЭПСЭ

Технические характеристики:

- напряжение, 220 В
- мощность 1,0 кВт/ч
- пределы регулирования t , 40~400°C
- время разогрева до $t_{\max}$
- полной загрузкой при t окр. ср. до +5°C 100
- габариты, 222x720x265мм
- габариты рабочего пространства, 110x550x140мм
- масса загружаемых электродов, 10 кг
- масса печи, 15кг
- тип управления электромеханический пульт

Генератор ультразвуковой УЗГ 3-4 преобразует электрическую энергию промышленной частоты в электрическую энергию ультразвуковой частоты.

Генератор ультразвуковой УЗГ 3-4 предназначен для питания одного или двух магнито-стрикционных преобразователей ПМС-2,5-18, ПМС-6-22 или одного магнестрикционного преобразователя ПМС-15А-18, встроенных в различное технологическое оборудование для процессов очистки, обезжиривания, диспергирования, дегазации алюминиевых расплавов и других технологических процессов с воздействием ультразвука.

Технические характеристики:

- Мощность выходная, кВт $-4 \pm 30\%$
- Напряжение выходное, В - 360 ± 60
- Частота выходная регулируемая, кГц $-18 \pm 7,5\%$ и $22,7 \pm 7,5\%$
- Коэффициент полезного действия, % не менее – 75
- Напряжение питания трехфазное, В $-380 \pm 5\%$, 50 Гц
- Габаритные размеры, мм 660x590x1430
- Масса, кг не более - 230
- Содержание драгоценных металлов:
- Золото – 0,18 г.
- Серебро – 66,04 г.

1.3. Параметры питающей сети цеха АО «Метролог»

Проведем сравнительный анализ технических характеристик сварочного оборудования, применяемого в производстве АО «Метролог», и представим результаты в таблице 1.

Обеспечение бесперебойным электропитанием производственного при возникновении сбоев в электропитании, низком качестве или пропадании основного энергоснабжения является главной задачей энергообеспечения предприятия. В первую очередь параметры используемого оборудования должны соответствовать параметрам питающей сети.

Таблица 1- Технические характеристики сварочного оборудования
АО «Метролог»

Наименование оборудования	Технические характеристики					
	Номинальное напряжение питающей сети, В	Частота питающей сети, Гц	Номинальный сварочный ток, А	Номинальное рабочее напряжение, В	Напряжение холостого хода, В	Номинальный КПД, не менее
1	2	3	4	5	6	7
Сварочный выпрямитель ВД-306сэ	380	50	315	33	60-70	0,8
Сварочный инвертор 400-SX	400	50-60	400	36	70	0,8
Аппарат точечной сварки Blueweld plus 230	220	50	6300	-	-	0,85
Сварочный полуавтомат Brima mig 500-1	380	50-60	500	15-48	15	0,85
Сварочный агрегат Mosa DSP 400 YSX	380/220	50	400	65	65	0,8
Сварочный генератор Esab KHM 190 HS	230/400	50	190	28	98	0,85
Сварочный инвертор Neon ВД 221	160-250	50-60	220	32	70	0,8
Сварочный инвертор Барс Profi ARC 257D	380±10%	50-60	10-250	30	70	0,85
Сварочный инвертор Ресанта САИ 250	220	50	250	29	80	0,8

Исходя из данных, приведенных в таблице 1, для рациональной работы имеющегося на производстве сварочного оборудования обеспечивается как 2-х

фазную, так и 3-х фазную питающие сети с номинальным напряжением от 220 до 400 В и частотой 50-60 Гц.

Поскольку сварочное оборудование относится к электроустановкам, ухудшающим качество электроэнергии в питающей их сети, необходимо принимать меры по поддержанию показателей качества электроэнергии в нормируемых ГОСТ 13109-87 пределах.

Также следует учитывать, что все установки для сварки имеют нелинейные вольтамперные характеристики. Нелинейность характеристик установок приводит к потреблению несинусоидальных токов из сети, которые вызывают искажения кривой напряжения, т.е. такие установки являются источниками высших гармоник тока и напряжения в питающей сети. Нелинейные нагрузки потребляют из сети значительную реактивную мощность. Дефицит реактивной мощности и генерация в сеть высших гармоник приводят к ухудшению таких показателей качества электрической энергии, как отклонения напряжения сети, несинусоидальность напряжения, в связи с чем, начинают предъявляться повышенные требования к энергетическим характеристикам устройств питания электротехнологических установок.

Стандарт ГОСТ 13109-87 устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения).

Рассмотрим допустимые пределы параметров питающей сети напряжение до 1 кВ по ГОСТ 13109-87:

- 1) отклонение напряжения: $\pm 5\%$;
- 2) Коэффициент несинусоидальности: не более 5 % ;
- 3) Отклонение частоты: $\pm 0,2$ Гц;
- 4) Коэффициент нулевой и обратной последовательности напряжений: не более 2 %.

Таким образом, не смотря на то, что большинство сварочного оборудования оснащено функцией компенсации изменений сетевого напряжения, позволяющей работать от генератора, важной проблемой остаётся поддержание показателей качества электроэнергии при проведении сварочных работ.

Анализ оборудования сварочного производства АО «Метролог» показал, что все установки имеют нелинейные ВАХ. Нелинейные нагрузки сварочного оборудования приводят к увеличению потребления реактивной мощности, что способствует ухудшению показателей качества электрической энергии, таких как напряжение сети, несинусоидальность напряжения.

В связи с этим в диссертационной работе необходимо решить следующие задачи.

1. Провести анализ сети сварочного производства АО «Метролог».
2. Оценить технологические параметры оборудования для сварки и пайки.
3. Исследовать влияние колебания напряжения сети на технологические параметры оборудования.
4. Модернизировать сварочные аппараты(расчет защиты систем оборудования)

2. Анализ сети предприятия

2.1 Построение структурной и функциональной схем сети

Перед тем как перейти к построению структурной схемы, необходимо рассмотреть, что собой представляет цех сварки и пайки АО «Метролог»

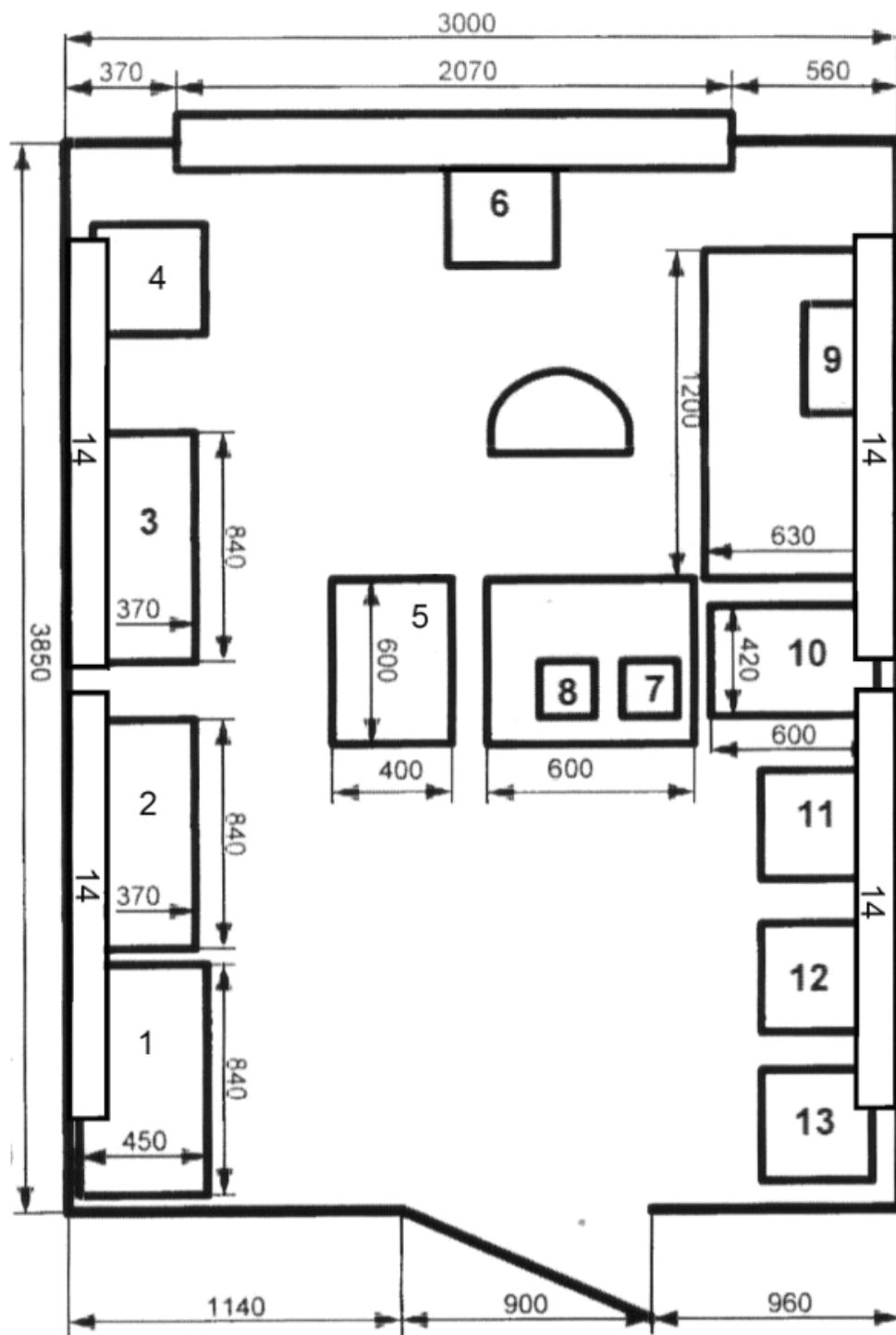


Рисунок 15 - Схема планировки цеха сварки и пайки

- 1 . камерная печь сопротивления СНОЛ 120/12-41,
2. камерная печь сопротивления СНОЛ 12/ 12-В
3. печь для сушки прокалиэлектродов типа НОВЭЛ ЭПСЭ-10/400
4. ультразвуковойгенератор УЗГ-3 0,4 с ванной лужения
5. сварочный выпрямитель ВД-306сэ;
6. сварочный инвертор Lincoln electric invertec 400-SX;
7. аппарат точечной сварки Blueweld plus 230;
8. сварочный полуавтомат Brima mig 500-1;
9. сварочный агрегат Mosa DSP 400 YSX;
- 10.сварочный генератор Esab KHM 190 HS;
- 11.сварочный инвертор Neon ВД 221;
- 12.сварочный инвертор Барс Profi ARC 257D;
- 13.сварочный инвертор Ресанта САИ 250.
14. Осветительные установки

Напротив каждой из установок, кроме подвижных установок и сварочно-го генератора (5, 7, 8) находятся розетки на 220 и 380В, которые подключаются к общему распределителю.

Данные устройства подключаются непосредственно к удлинителю и являются мобильными. Сам же удлинитель подключается к одной из розеток с удобной стороны в зависимости от того где проводятся сварочные работы и работы связанные с пайкой.

Защитные устройства так же являются общими и находятся у распределителя, который располагается за пределами цеха.

Схематически разводка проводки розеток выглядит следующим образом:

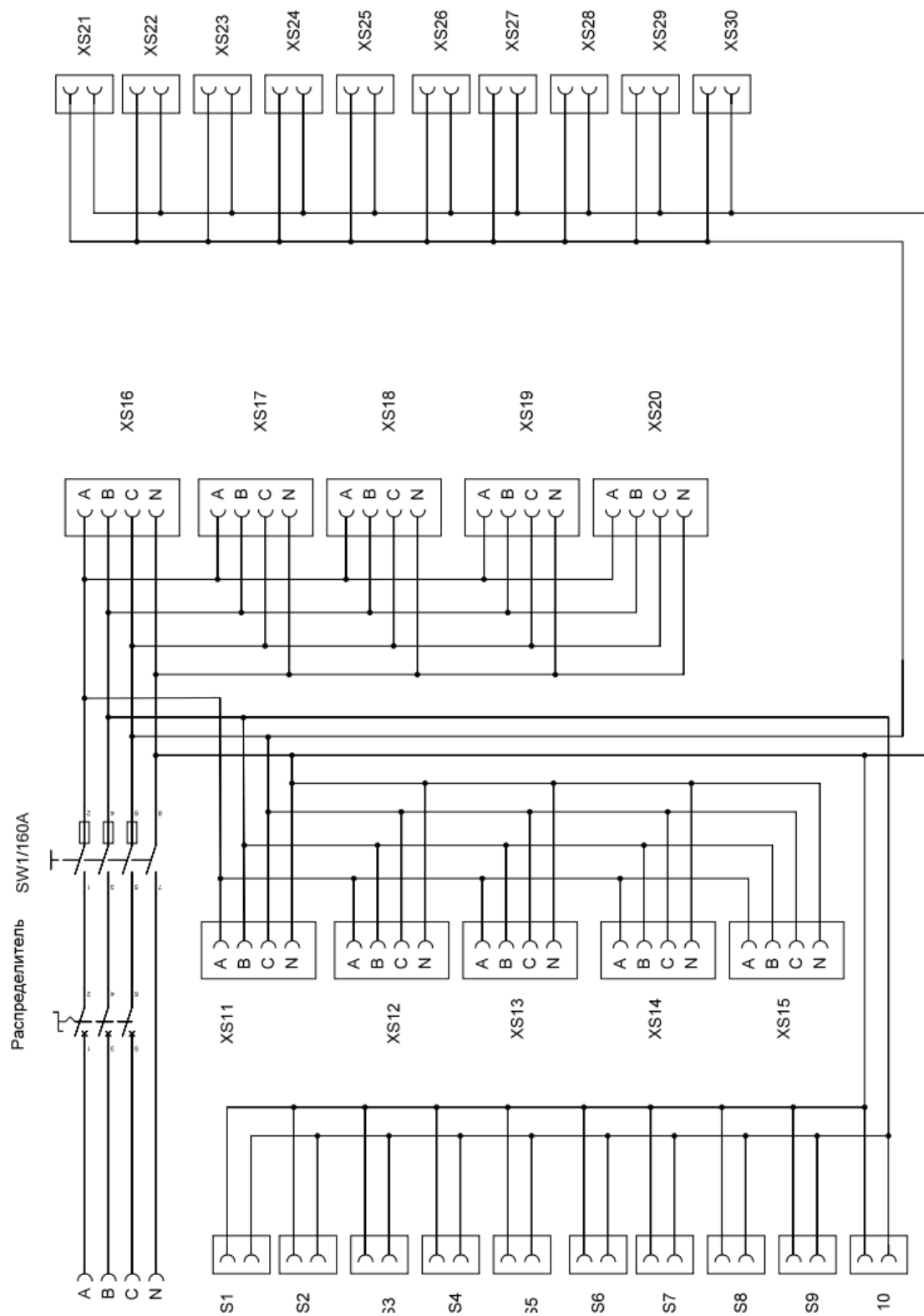


Рисунок 16– Схема проводки цеха сварки и пайки

2.2 Измерение параметров питающей сети

В результате аттестации было выявлено:

Предельно допустимые уровни напряжений и токов в зависимости от времени прикосновения регламентируются в ГОСТ 12.1.038-82.

Специфическая опасность электроустановок: токоведущие проводники, корпуса стоек ПК и прочего оборудования, оказавшиеся под напряжением в результате повреждения изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждали бы человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Установки подключаются к трехфазной сети с номинальным напряжением 220/380В и заземлённой нейтралью. Заземляющие контакты розеток для соединения с заземляющими контактами сетевых вилок должны быть надёжно соединены с контуром защитного заземления помещения.

В результате аттестации максимальное сопротивление заземления составило 0,3 Ом, что является нормой.

Так же была проведена общая аттестация помещений на предмет целостности проводки, утечки электрического тока и короткого замыкания. Данных проблем не было выявлено.

Большинство помещений часто из-за экономии средств снабжаются алюминиевой проводкой с сечением не более 4 кв. см. Это помещение не является исключением.

Оценить уровень напряжения и нелинейные искажения позволяют измерительные приборы.

Для этих целей используется аналоговый или цифровой вольтметр, осциллограф и ли же устройство позволяющее измерять коэффициент гармоник. В данном случае добыть устройство измерения коэффициента гармоник добыть не удалось и будет использован только вольтметр и осциллограф, по виду осциллограммы допустимо оценить уровень нелинейных искажений.



Рисунок 17 – Вольтметр аналоговый В7 -36

Данный вольтметр откалиброван и поверен непосредственно перед измерениями и его погрешность измерений составляет 0,5%.

Среди широкого спектра оборудования, аттестованным метрологическим центром, выбран доступный осциллограф С1-49. Данный прибор обладает доступным функционалом, широким диапазоном измеряемых напряжений, частоты. Данный прибор изображен на рис 18



Рисунок 18 - Осциллограф С1-49

При первом измерении проводилась оценка сети без нагрузки. При этом использовался делитель 1:10.

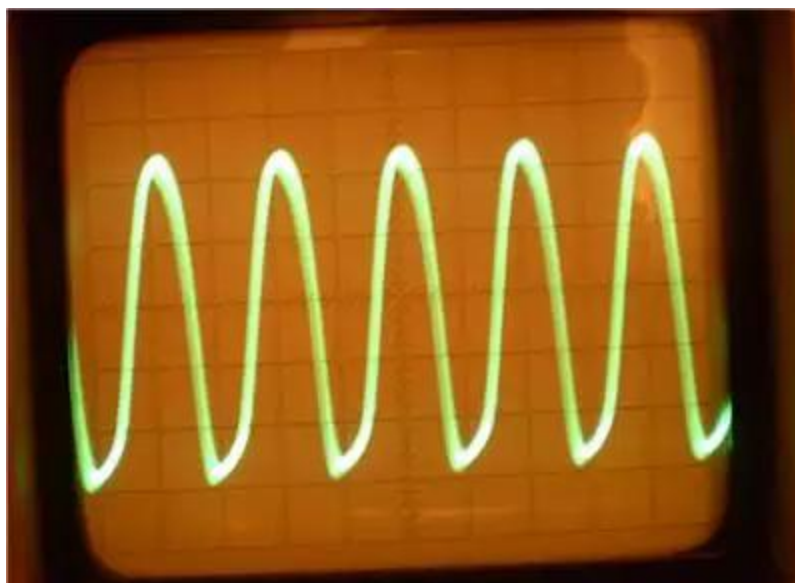


Рисунок 19 – Осциллограмма питающей сети без нагрузки

Измерения напряжений без нагрузки проводились многократно, в течение 20 итераций, после чего данные были занесены в таблицу, в результате чего определена их достоверность и отклонение[9].

Предполагается, что измерения соответствуют Гауссовом нормальному закону распределения, следовательно описать случайную величину позволяют следующие формулы:

– математическое ожидание равно

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

– Среднеквадратическое отклонение равно

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N}}$$

Измерения проводятся при полном каких либо воздействий, при неподвижном источнике освещения и измерителя.

Путем проведения однократных измерений получены следующие данные:

$F = \{216, 218, 220, 222, 221, 219, 218, 217, 218, 217, 219, 218, 219, 219, 219, 220, 221, 220, 219, 219\}$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = 219.2 \text{ В}, \quad \sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N}} = 2,5 \text{ В}.$$

Для трехфазной сети

$F = \{386, 388, 380, 382, 381, 379, 378, 387, 388, 387, 389, 388, 389, 389, 389, 380, 381, 380, 389, 389\}$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = 385.6 \text{ В}, \quad \sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N}} = 5.1 \text{ В}.$$

Данных измерений и погрешности достаточно чтобы утверждать о достоверности результатов измерений.

Для оценки отклонения питающей сети необходимо провести единичные измерения при подключенной нагрузки.

Важно чтобы характер данной нагрузки отличался, поэтому будут задействованы инверторный и трансформаторный источник.

Измерения проводились на холостом ходу и под нагрузкой.

Измерения проводились на холостом ходу сварочного источника и под нагрузкой. Место измерения – крайняя розетка в цепи.

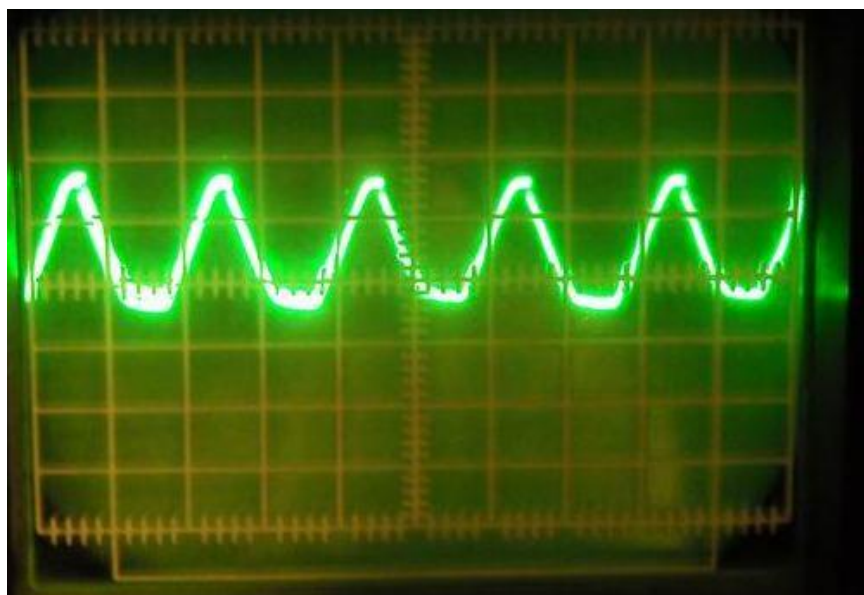


Рисунок 20 - Осциллограмма питающей сети на хх

Если увеличить развертку, то видны незначительные выбросы

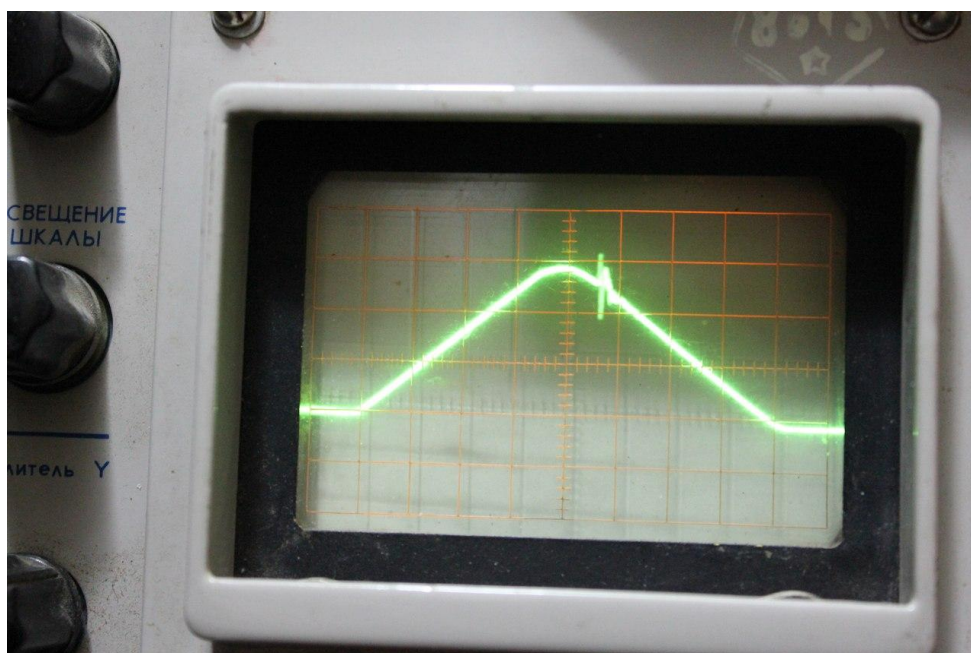


Рисунок 21 - Осциллограмма питающей сети на хх

Если установить сварочный ток порядка 60А и начать варить то осциллограмма будет иметь следующий вид. Оценить динамику напряжения довольно сложно. При варке просадка напряжения составляла не более 5% (209В) , а при изменении тока до 200А, просадка составила около 15% (187В) но у осцилло-

графа рассмотреть картинку не удалось в виду отсутствия внешней синхронизации.

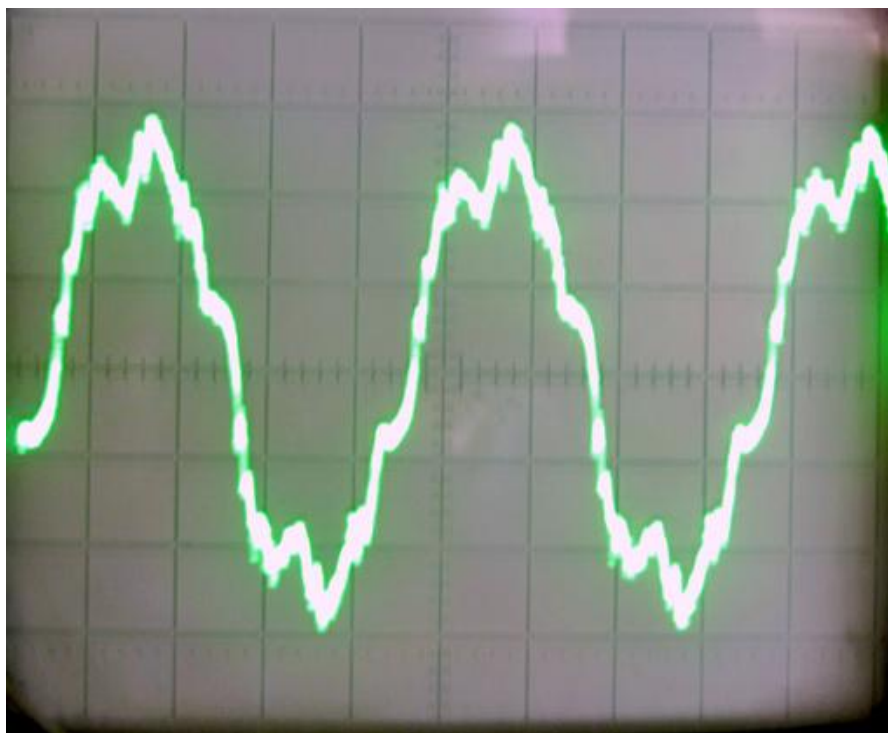


Рисунок 22 - Осциллограмма питающей сети при нагрузке 60А

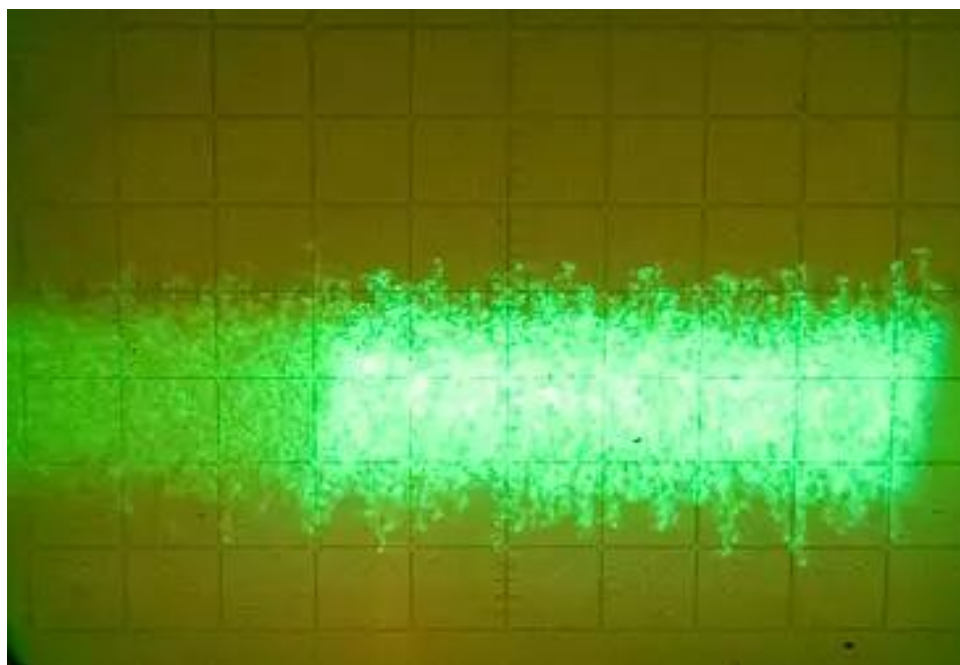


Рисунок 23 - Осциллограмма питающей сети при нагрузке 200А

При подключении трансформаторного источника на холостом ходу осциллограмма стабильна. В процессе сварки напряжение проседает в диапазоне 15%-30%, при этом осциллограмма несколько меняет свою форму.

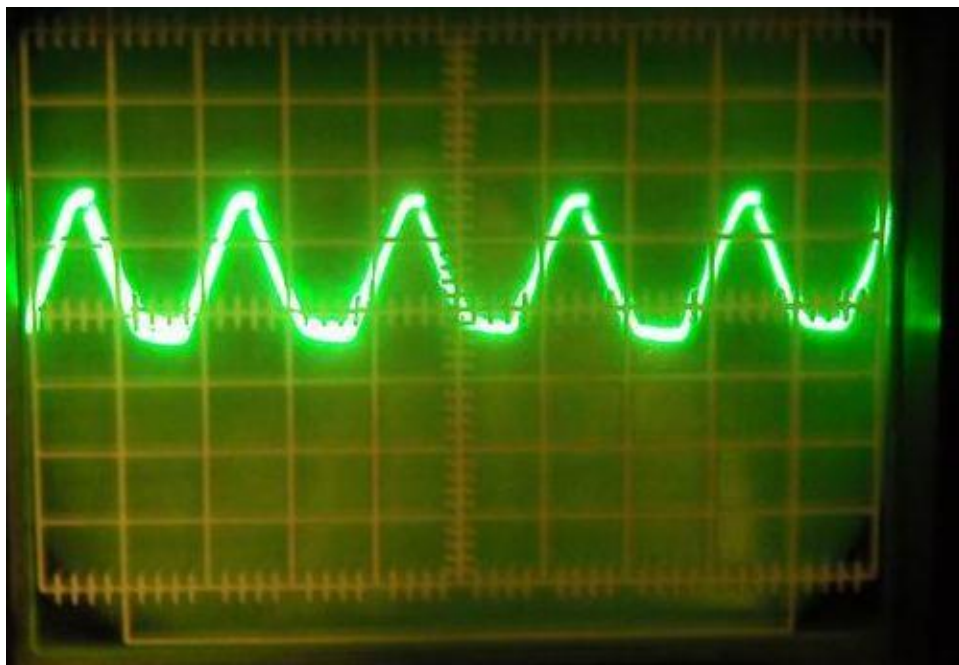


Рисунок 24 – Осциллограмма питающей сети на холостом ходу

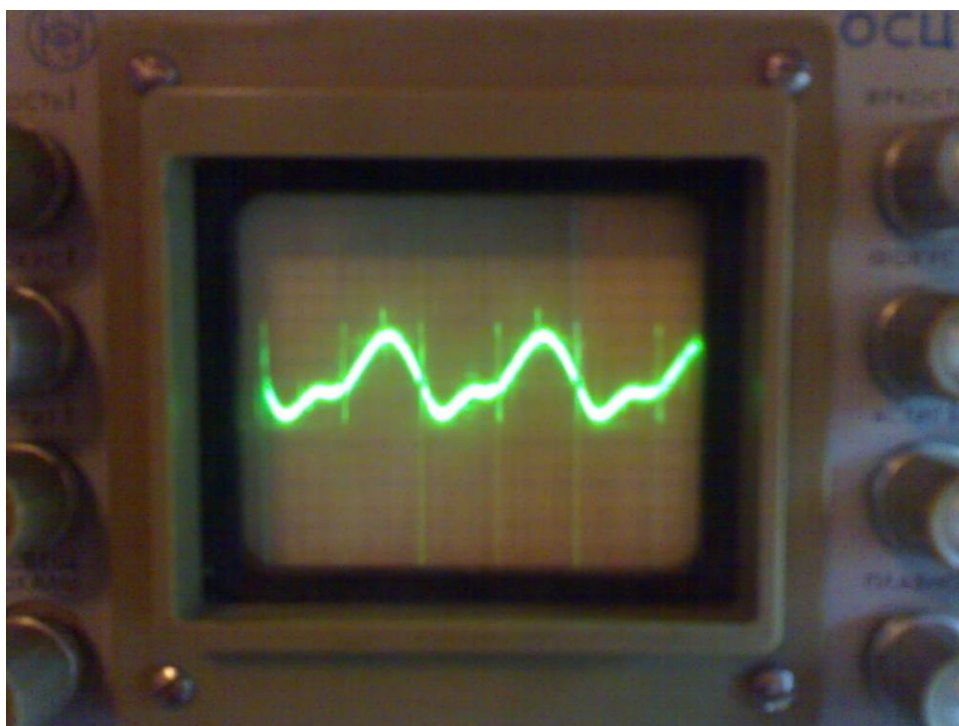


Рисунок 25 - Осциллограмма питающей сети при нагрузке.

Замечен высокий всплеск (порядка 150%) при отрыве электрода после короткого замыкания.

В целом отобразить весь спектр осциллограмм невозможно в виду изменения их динамики в процессе сварки.

При одновременной работе (в процессе сварки) 2-х и более сварочных источников, срабатывает система защитного отключения и эксперимент провести не удалось.

2.3 Оценка отклонения параметров питающей сети

Помимо этого монтаж электрической проводки выполнен алюминиевым проводом АППВ 4х4. Это имеет ряд недостатков – в течении периодического времени контакты у входа в розетки и на выходе распределительной коробки периодически окисляются и изначально падает интенсивность освещения, после чего возникает необходимость в вызове электрика для устранения неисправности.



Рисунок 26– Окисления провода розетки однофазного инвертора

В процессе сварки трансформаторным источником форма сигнала питающей сети исказилась, однако несинусоидальность ее составила не более 15%.

Замечены всплески. Это все связано с реактивной составляющей нагрузки трансформаторного источника.

В процессе сварки инверторным источником несинусоидальность составила около 5% при малых токах и нагрузке. При этом были обнаружены высокочастотные гармоники, которые эквивалентны частоте преобразователя инвертора.

При больших токах осциллограмма корректно не отображалась в виду высокого уровня высокочастотного фона

При этом падение напряжения составило не более 15%

Задача:

Подобрать необходимые меры для устранения данных проблем при работе сварочного оборудования.

3. Технологические параметры оборудования для сварки и пайки

3.1. Электрические параметры источника питания для РДС

Параметры дуги сварочного источника питания напрямую зависят от типа источника питания, его вольтамперных характеристик (ВАХ. Вольтамперная характеристика дуги называется статической, а выходная характеристика сварочного источника питания - внешней.

Когда источник питания подключен к активной нагрузке, то при изменении сопротивления могут быть три режима работы: стабилизация постоянного тока, стабилизация постоянного напряжения.

Стабилизация постоянного тока источника питания в режиме нагрузки, подразумевает, что обеспечивается максимальная стабильность сварочного тока при изменении длины дуги. В режиме короткого замыкания ток колеблется незначительно и эквивалентно с колебанием длины дуги. Поэтому сварочный ток остается более или менее постоянным и, несмотря на колебания напряжения дуги при изменении длины дуги.

Основное преимущество стабилизации величины тока типа является то, что изменение сварочного тока очень незначительно, даже если были изменения напряжения сети.

Таким образом, сварочная дуга горит равномерно эквивалентно скорости плавления электрода и режим работы остается неизменным, что приводит к однообразности шва имеющего хорошие характеристики. Обеспечить стабилизацию процесса в этом случае удастся за счет изменения формы внешней ВАХ. Так создаются условия, при которых длина дуги меняется в связи с механическим управлением или колебаниями напряжения дуги.

При колебании напряжения сети внешняя ВАХ источника питания перемещается параллельно на величину ΔU_{xx} , что приводит к изменению величины сварочного тока, а значит и провара. В этом случае вопросы стабилизации режима сварки необходимо решать за счет дополнительных устройств.

На графике Y ось показывает напряжение, а ось X показывает ток. Когда ток очень мал, то уровень напряжения высок. С ростом сварочного тока напряжение на источнике питания снижается до нуля. Наклон линии ВАХ фактически указывает путь, по которому увеличение тока приведет к снижению напряжения. Очевидно, что небольшое изменение тока ведет к большому изменению в напряжения дуги.

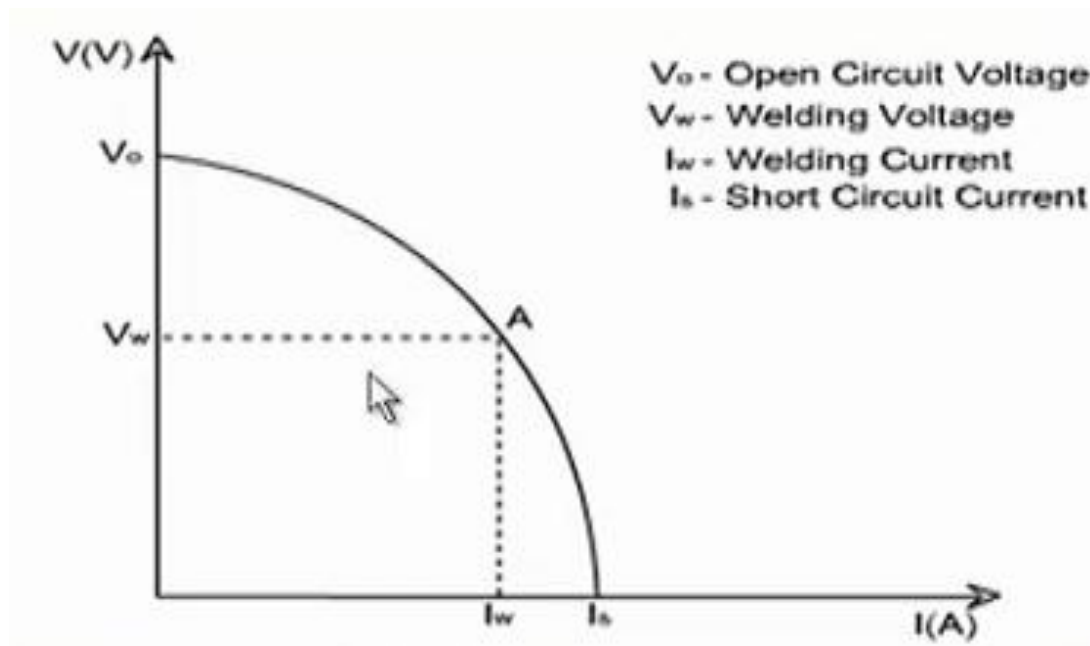


Рисунок 27 - Внешняя вольтамперная характеристика источника питания

Режим сварки при стабилизации сварочного тока используется в основном для процессов, выполняемых вручную, так как в ручных процессах всегда колебания длины дуги приводят к изменению напряжения. А изменение напряжения дуги с источниками питания с крутопадающей внешней ВАХ не вносят изменений в работу сварочного тока, и именно поэтому этот тип источников питания обычно используются для ручной дуговой сварки металла.

Изменение длины дуги при сварке в импульсном режиме позволяет получить на выходе стабильную дугу и равномерный сварной шов. Для этого способа сварки используются источники питания с внешней полого падающей ВАХ. Для этого случая небольшие изменения напряжения дуги приводят к большим изменениям сварочного тока.

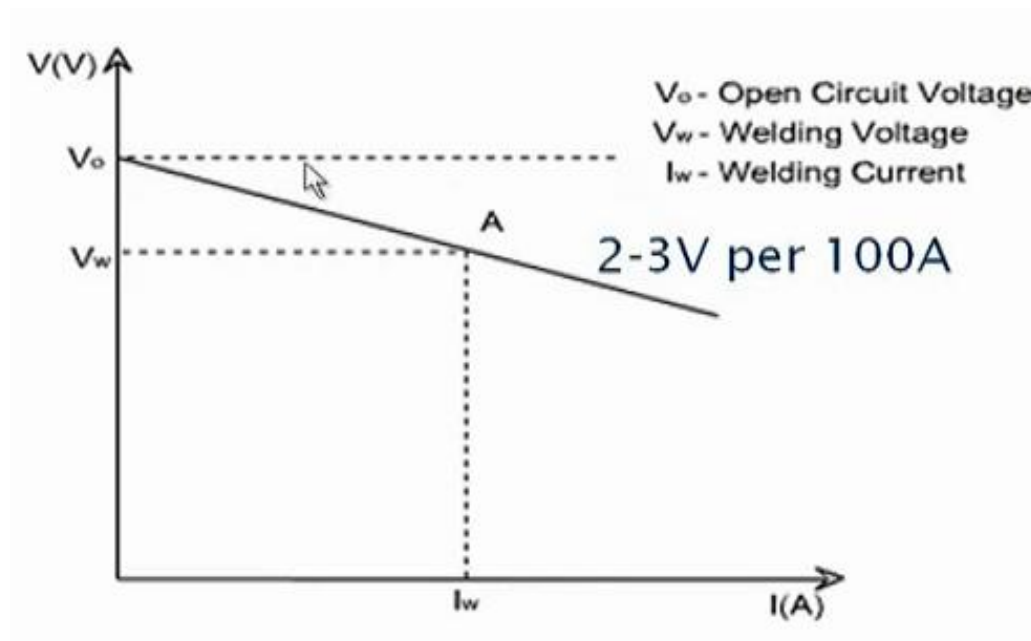


Рисунок 28 - Внешняя вольтамперная характеристика источника питания с полого падающей ВАХ

В предыдущем случае большое изменение напряжения дуги вызывало небольшое изменение сварочного тока, в то время как в этом случае небольшое изменение напряжения дуги приводит к значительному изменению сварочного тока, и этот аспект позволяет иметь саморегулирующуюся дугу. Так, что длина дуги поддерживается автоматически во время сварки при использовании постоянных источников питания напряжения. Однако, колебания напряжения сети также скажется на положение внешней ВАХ в координатах XY.

3.2. Электрические параметры источника питания и механизма подачи присадочной проволоки при механизированной сварке

При осуществлении сварки деталей в защитной газовой среде, чтобы защитить металл в процессе плавления и сварную дугу, применяется специфический газ, который подается в область плавления металла в виде направленного струйного потока, либо сваривание деталей вообще происходит в специальной камере, которая полностью наполнена этим газом.

Наибольшее распространение получил локальный метод защиты струей защитного газа, которая подается сварочной горелкой. От устройства и размера диаметра сопла, его отдаления от свариваемого элемента и от количества защитных газов полностью зависит качество и уровень защиты сварочной дуги а так же расплавленного металла. Проток дюзы может иметь коническую, цилиндрическую и профилированную формы. В дюзу горелки устанавливают сетку или пористый материал. Это позволяет выровнять струю газа и улучшить качество защиты. Среда газовой защиты бывает как инертная (гелиевая, аргонная), так и активная (кислородная, азотная и другие). Так же среда защиты может быть сформирована смесью из части инертного и части активного газа. От качества состава защитной среды зависят технологические, физические и металлургические свойства сварного метода.

Для подачи проволоки в полуавтоматическом режиме используется источник постоянного тока, регулятор оборотов и двигатель подающего механизма.

В зависимости от мощности двигателя определяются параметры блока питания обмоток двигателя. Как правило, его суммарная мощность не превышает 100Вт, а выходное напряжение находится в пределах 12-24В.

Первые источники питания для механизированной сварки для регулировки тока использовали резистор высокой мощности. Позже в связи с развитием схемотехники использовали тиристорные и транзисторные регуляторы. В конечном счете, на их замену пришли ШИМ-регуляторы, которые позволяют регулировать мощность во всем предельно-допустимом диапазоне токов с минимальным энергопотреблением.

3.3. Электрические параметры при импульсной сварке и основные технологии импульсной схемотехники

Широкое внедрение импульсной схемотехники в электронной аппаратуре диктует необходимость улучшения технологических показателей источников электропитания. Это достигается применением импульсных способов регули-

рования и стабилизации, а так же отказом от низкочастотных трансформаторов. В литературе подобные сварочные источники получили названия импульсных источников электропитания или инверторных источников питания.

В основе работы импульсной дуговой сварки лежит вместо традиционного трансформаторного источника питания – импульсный. Использование импульсной схемотехники значительно расширяет возможности контроля параметров напряжения и тока источника питания.

Наиболее часто эти сварочные источники выполняются по структурной схеме, приведенной на рисунке 29

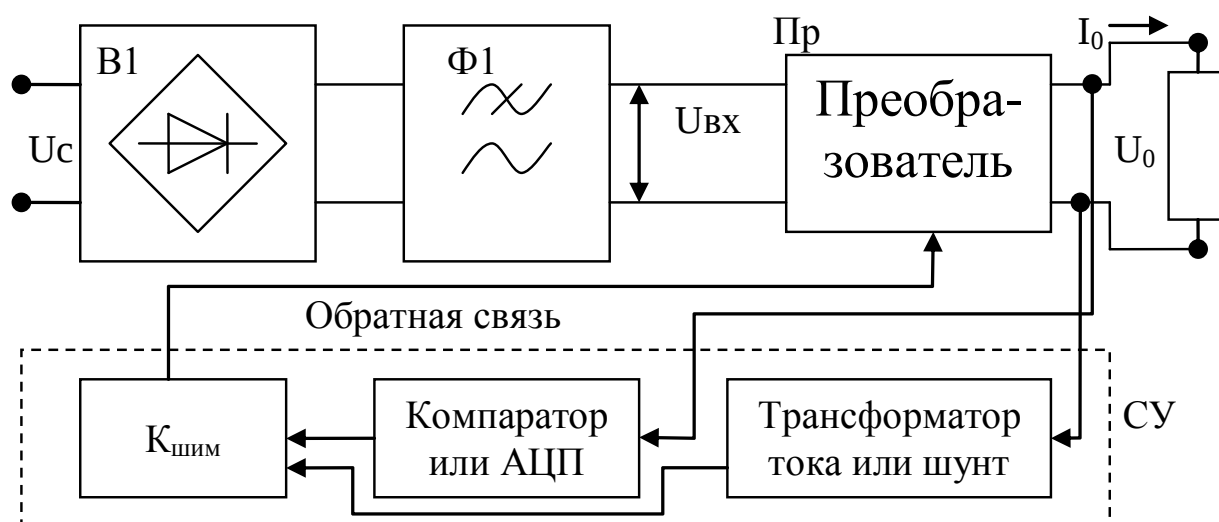


Рисунок 29 - Структурная схема импульсных источников электропитания

На этом рисунке:

В1 - входной сетевой выпрямитель напряжения;

Ф1 - входной сглаживающий фильтр (ФНЧ);

Пр - импульсный преобразователь напряжения (конвертор);

СУ - схема управления;

U0 - выходное сварочное напряжения преобразователя;

U_{ВХ} - входное напряжение преобразователя.

В этих устройствах первым элементом является сетевой выпрямитель, преобразующий электрическую энергию сети переменного тока в электрическую энергию постоянного тока.

В качестве сетевого выпрямителя В1 для однофазной и трехфазной сетей используются выпрямители с емкостным характером нагрузки.

Расчет схемы сетевого выпрямителя осуществляется после расчета преобразователя. Преобразователь Пр (конвертор) преобразует напряжение постоянного тока U_{BX} в напряжение постоянного тока другого уровня U_0 .

Конвертор импульсного источника питания строится в основном на базе регулируемых транзисторных преобразователей. Транзисторы в преобразователях работают в режиме переключения так, что большую часть периода преобразования они находятся в режиме отсечки или насыщения. Этим объясняются высокие энергетические показатели источников с импульсным регулированием.

Повышение частоты преобразования позволяет уменьшить объем и массу электромагнитных элементов и конденсаторов, и тем самым улучшить удельные показатели массы и объема.

В стабилизирующих импульсных источниках, применяют широтно-импульсный (ШИМ) способ регулирования, при котором период коммутации постоянен, а время нахождения транзистора в области насыщения (отсечки) изменяется.

В системах электропитания электронной аппаратуры в основном применяются одноктактные и двухтактные преобразователи напряжения с гальванической развязкой между источниками энергии и нагрузкой.

На рисунке 30 изображена классическая схема одноктактного преобразователя с прямым включением выпрямительного диода.

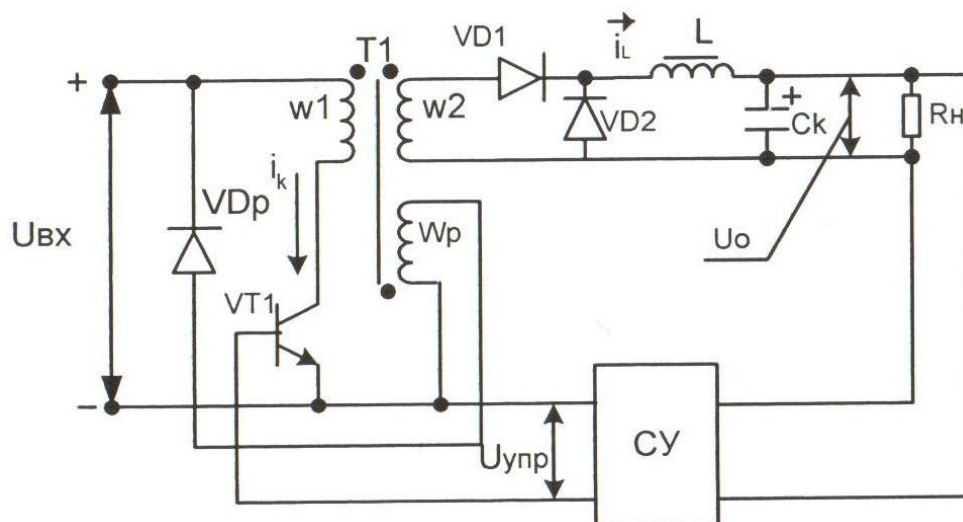


Рисунок 30 – Схема прямоходового преобразователя

При открытом транзисторе VT1 напряжение $U_{вх}$ оказывается приложенным к первичной обмотке трансформатора W1. Диод VD1 - открыт и энергия источника питания передается в нагрузку. На интервале закрытого состояния транзистора ток нагрузки поддерживается энергией, запасенной дросселем и конденсатором, а энергия, накопленная в магнитопроводе, с помощью обмотки W_p через диод VDP отдается в источник питания. Поскольку в установившемся режиме работы преобразователя энергия, запасенная трансформатором на интервале открытого состояния транзистора, должна быть полностью возвращена в источник питания, то максимальное значение относительной длительности открытого состояния транзистора зависит от соотношения чисел витков обмоток.

При высоких уровнях входного напряжения $U_{вх} > 250В$ может применяться схема прямоходового одноконтурного преобразователя асимметричного «косого» моста, представленная на рисунке 31.

В этой схеме транзисторы VT1 и VT2 управляются синхронно. Диоды VD1 и VD2 обеспечивают рекуперацию энергии, запасенной трансформатором T1 в источник питания.

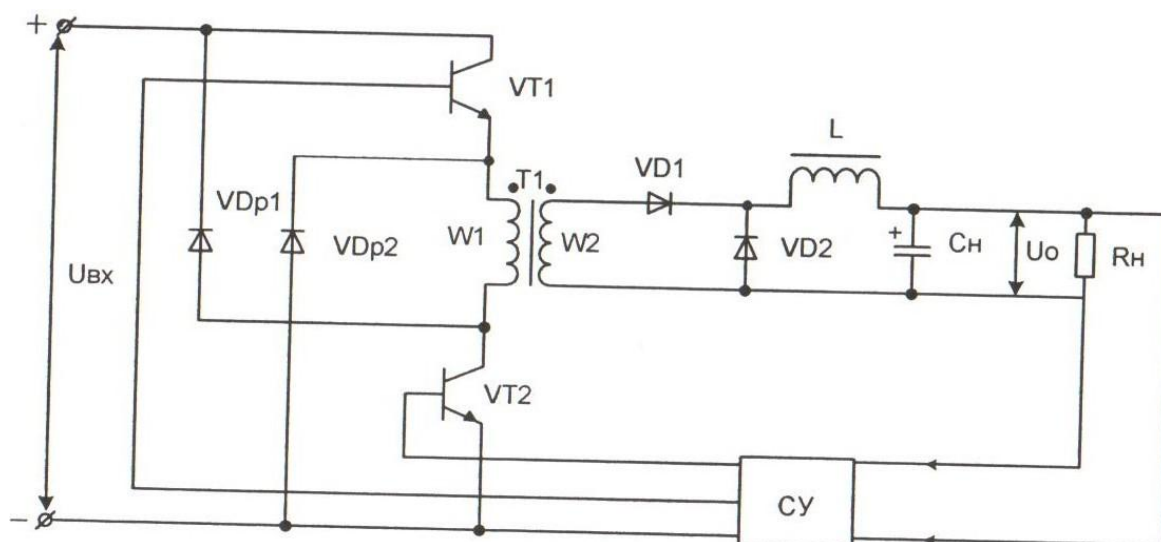


Рисунок 31- Схема однотактного преобразователя «асимметричного моста»

Достоинством схемы рисунка 31 является меньшее напряжение на закрытых транзисторах VT1 и VT2, которое не превышает величины U_{BX} .

В качестве маломощного и экономичного по всем параметрам выбран источник питания по схеме однотактного обратноходового преобразователя.

На рисунке 32 приведена классическая схема однотактного преобразователя с обратным включением выпрямительного диода.

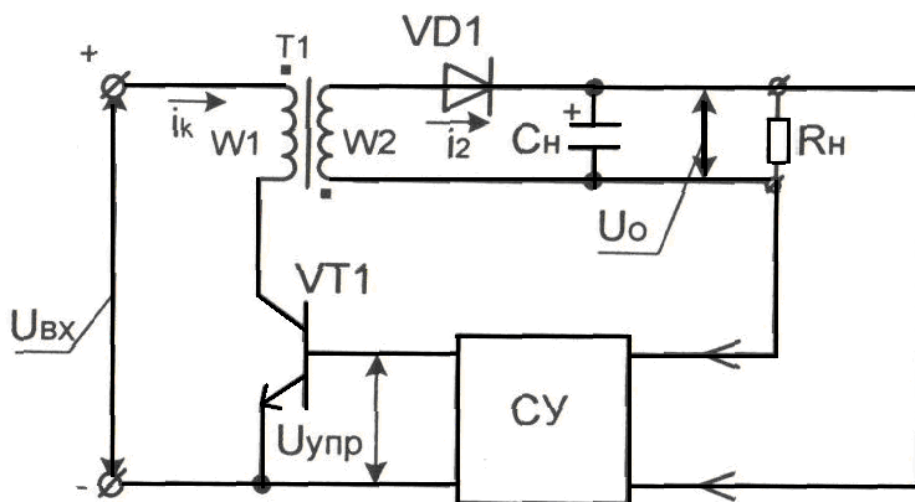


Рисунок 32– Схема обратноходового преобразователя

В схеме рисунка 33 при отпирании транзистора VT1 напряжение питания прикладывается к первичной обмотке W1 трансформатора T1. Полярность напряжения на вторичной обмотке такова, что диод VD1 закрыт. В этом ин-

тервале происходит накопление энергии в трансформаторе. При запираании транзистора VT1 изменяется полярность напряжения на обмотках трансформатора, открывается диод VD1 и энергия, накопленная трансформатором, передается в нагрузку.

В тех случаях, когда требуется построить импульсный источник большой мощности при $U_{BX} > 300\text{В}$, целесообразно применять двухтактный полумостовой или полномостовой преобразователь, выполненные по схеме рисунка 3.6 и рисунка 3.7. В схеме полумостового преобразователя на базы транзисторов VT1 и VT2 от схемы управления (СУ) поочередно поступают управляющие импульсы с длительностью $t_{\text{н}}$. Во время открытого состояния одного из транзисторов к первичной обмотке W1 трансформатора T1 прикладывается напряжение, равное $0,5 U_{BX}$. При этом к закрытому транзистору прикладывается напряжение, равное U_{BX} .

В схеме полномостового преобразователя управляющие импульсы поочередно поступают на два транзистора, в начале на VT1, VT4, а затем на VT3, VT2. При этом на первичной обмотке и закрытых транзисторах напряжение не превышает U_{BX} .

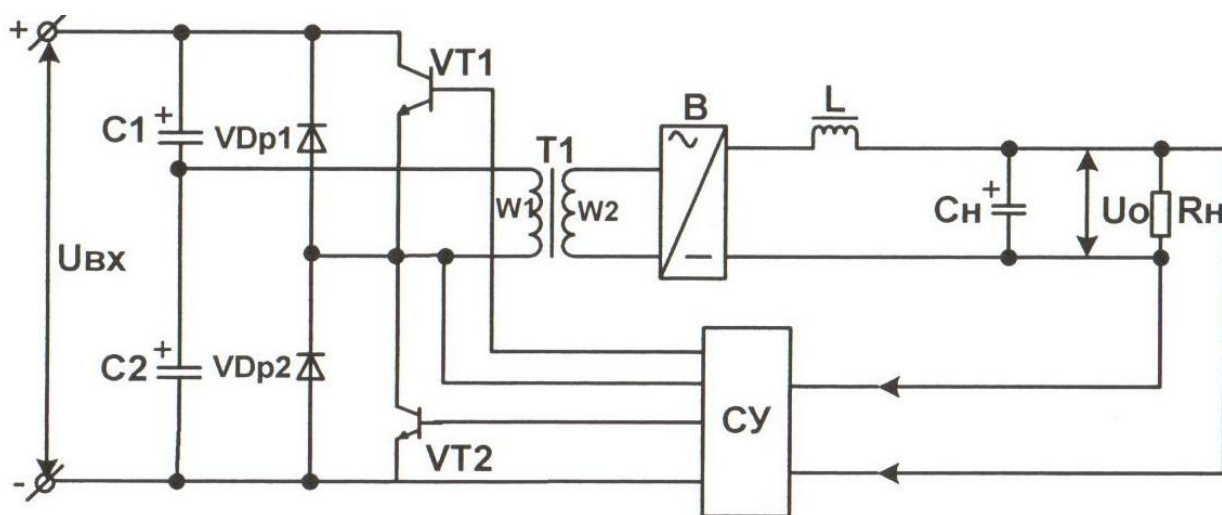


Рисунок 33 - Двухтактный полумостовой преобразователь

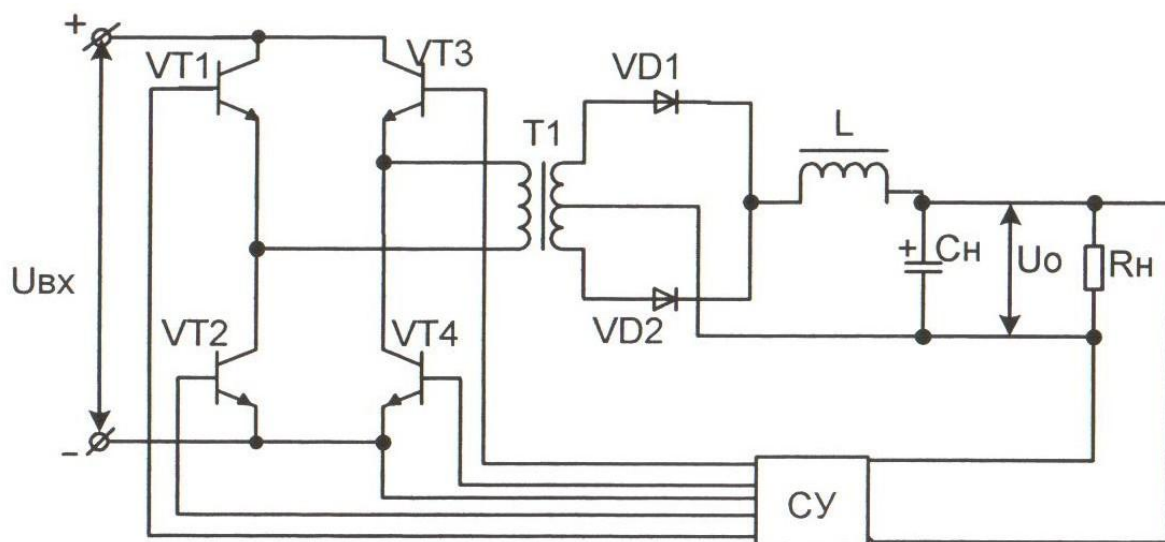


Рисунок 34 – Схема полномостового преобразователя

Достоинством этих схем преобразования является отсутствие постоянно-го подмагничивания трансформатора.

На выходе трансформатора Т1 в большинстве случаев включают выпрямитель, выполненный либо по мостовой, либо двухполупериодной схеме со средней точкой. Поэтому на вход LC-фильтра с выхода выпрямителя за один период работы преобразователя поступают два прямоугольных однополярных импульса, что и определяет особенности его расчета, и пониженное значение пульсации выходного напряжения.

В связи с этим появилось множество функций ранее не доступных обычному пользователю сварочных аппаратов. Это функции – Hotstart, Antistick, Arcforce.

Hotstart – (горячий старт) функция сварочного аппарата, которая подразумевает то что для того чтобы зажечь сварочную дугу необходимо использовать максимальный ток и напряжение. Как только дуга будет зажжена, то ток стабилизируется

Antistick – (анти залипание) сброс тока до минимума при коротком замыкании на выходе сварочного источника. Используется для защиты аппарата и термозащиты электрода.

Arcforce – (форсаж дуги) Кратковременное увеличение сварочного тока для защиты от короткого замыкания.

Для переноса металла импульсных сварочных источников существуют два основных вида с непрерывным горением дуги и короткими замыканиями дугового промежутка - "короткой дугой"

При сварке "длинной дугой" возможны две разновидности переноса один импульс - одна капля и один импульс - несколько капель.

Нестабильность и разбрызгивание электродного металла определяются свойствами сварочного источника и зависят от характера изменения мгновенной мощности в период горения дуги и при коротком замыкании.

Существует так же огромное количество импульсных сварочных источников поддерживающих работу в режимах АС-АС для сварки металлов переменным током, но наиболее популярной все же остается технология АС-DC для сварки металла постоянным током.

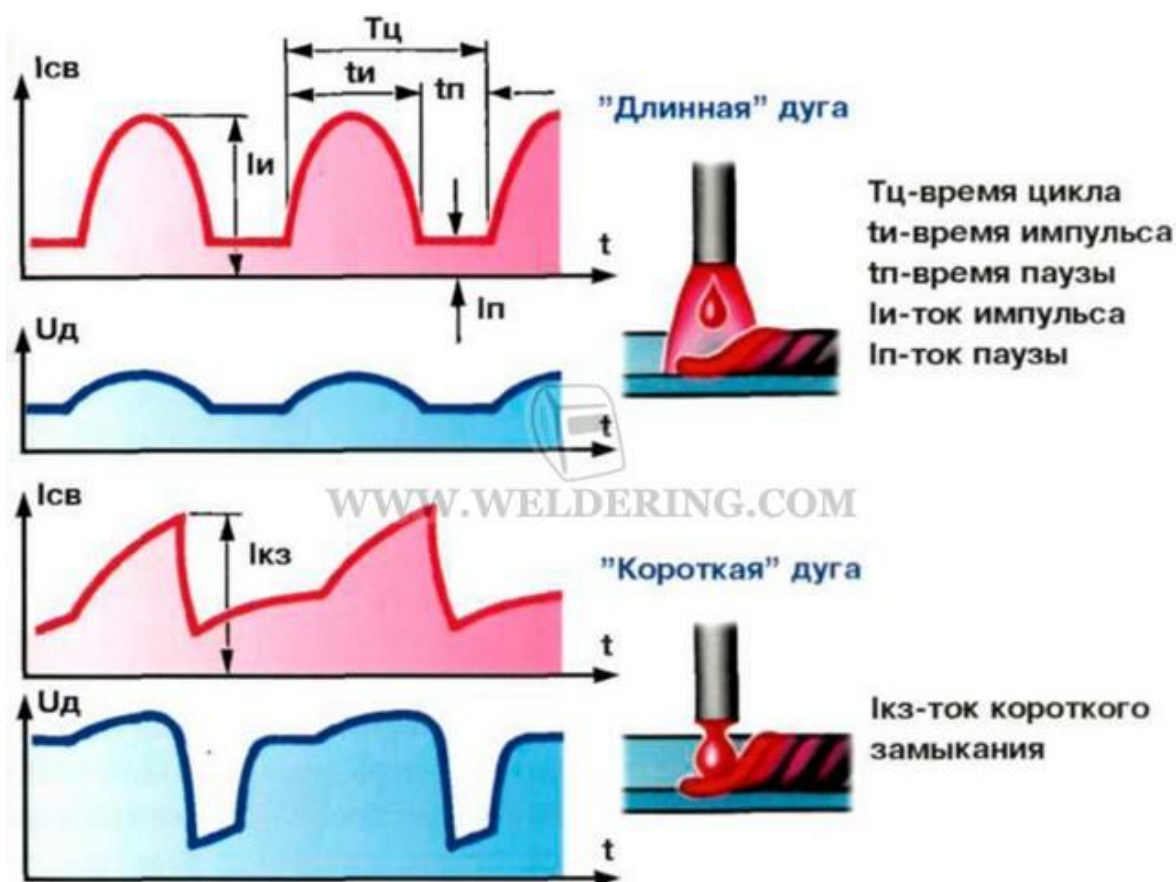


Рисунок 35 – Режимы импульсной дуговой сварки

3.4. Электрические и неэлектрические параметры оборудования для пайки

Анализ оборудования для пайки показал, что производство АО «Метролог» оснащено электрическими печами сопротивления и печами для сушки электродов.

К электрическим параметрам печи следует отнести напряжение сети, частота напряжения сети. Основное воздействие на работу печей оказывает напряжение, от величины которого зависит температура печи.

К неэлектрическим параметрам печей относится температура печи и длительность нагрева. Все печи производства оснащены терморегуляторами, которые поддерживают в автоматическом режиме заданные неэлектрические параметры, поэтому колебания напряжения питающей сети не окажут влияния на работу оборудования для пайки.

4. Влияние колебания напряжения сети на технологические параметры оборудования для сварки и пайки

4.1 Зависимость технологических параметров (Стабильности процесса сварки и пайки, разбрызгивания, качество формирования шва) от качества сети

Структурная схема стенда отображена на рис

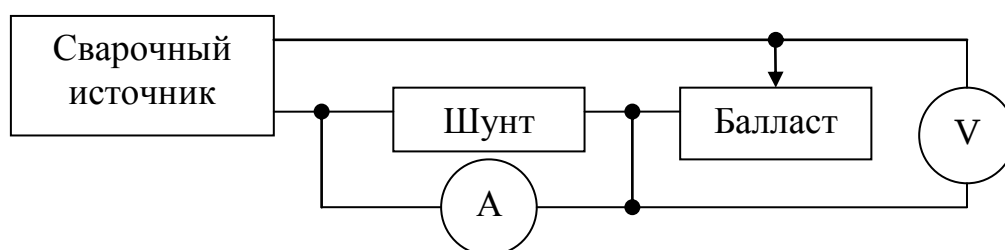


Рисунок 36 – Испытательный стенд

На основании данной схемы можно снять вольтамперную характеристику аппарата.



Рисунок 37 - Сварочный балласт

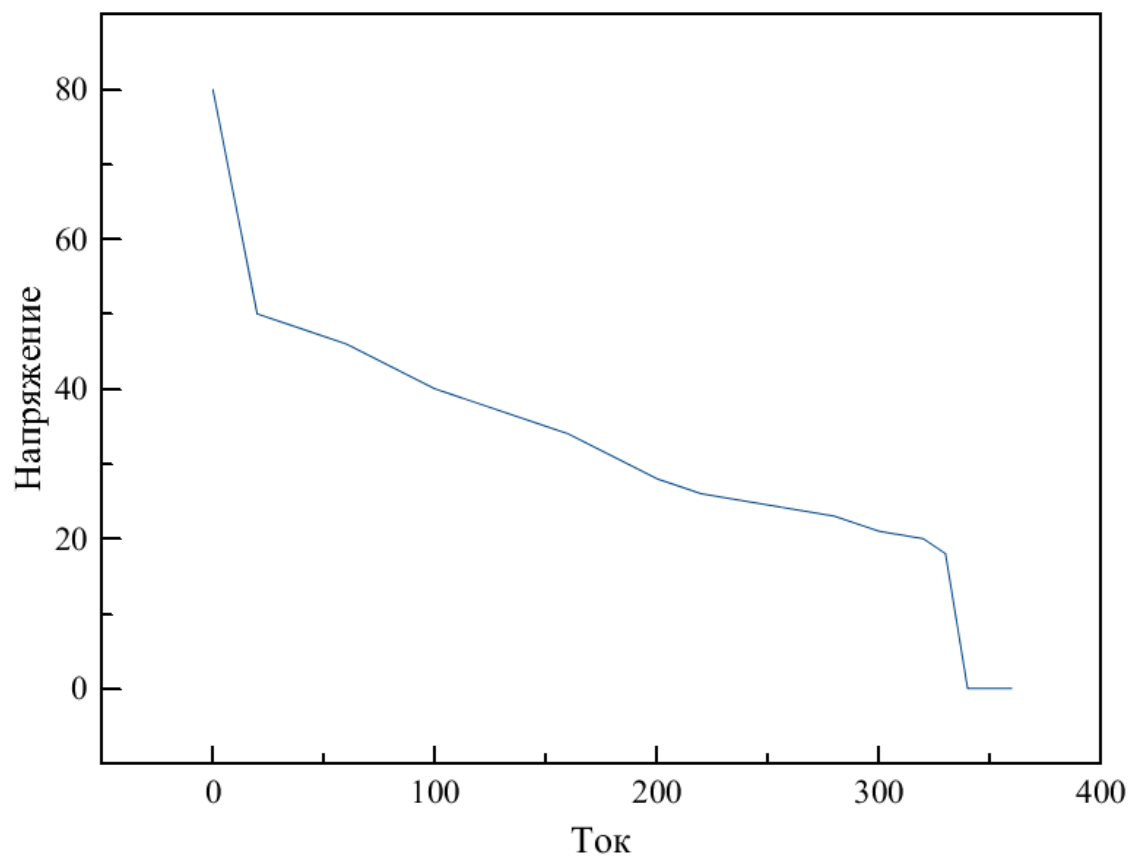


Рисунок 38 - BAX Lincoln electric inverters 400-SX, на момент испытания

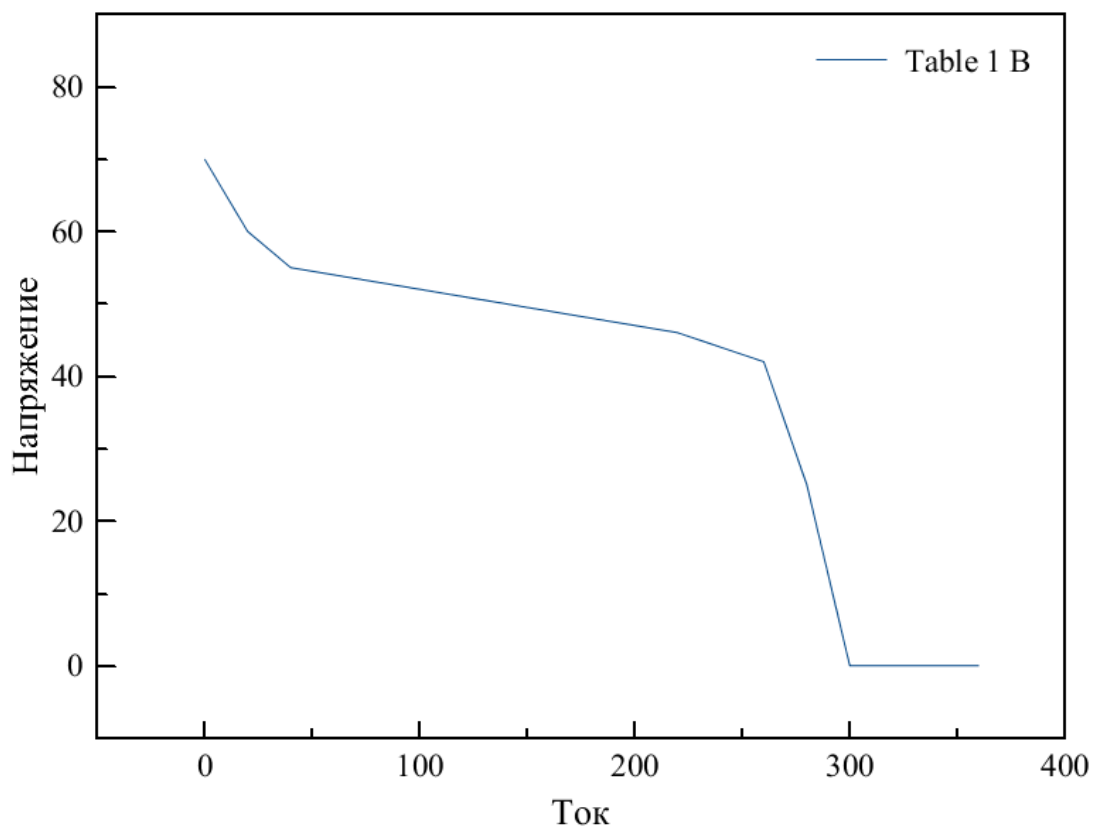


Рисунок 39 - ВАХ источника ВД-306сэ, на момент испытания

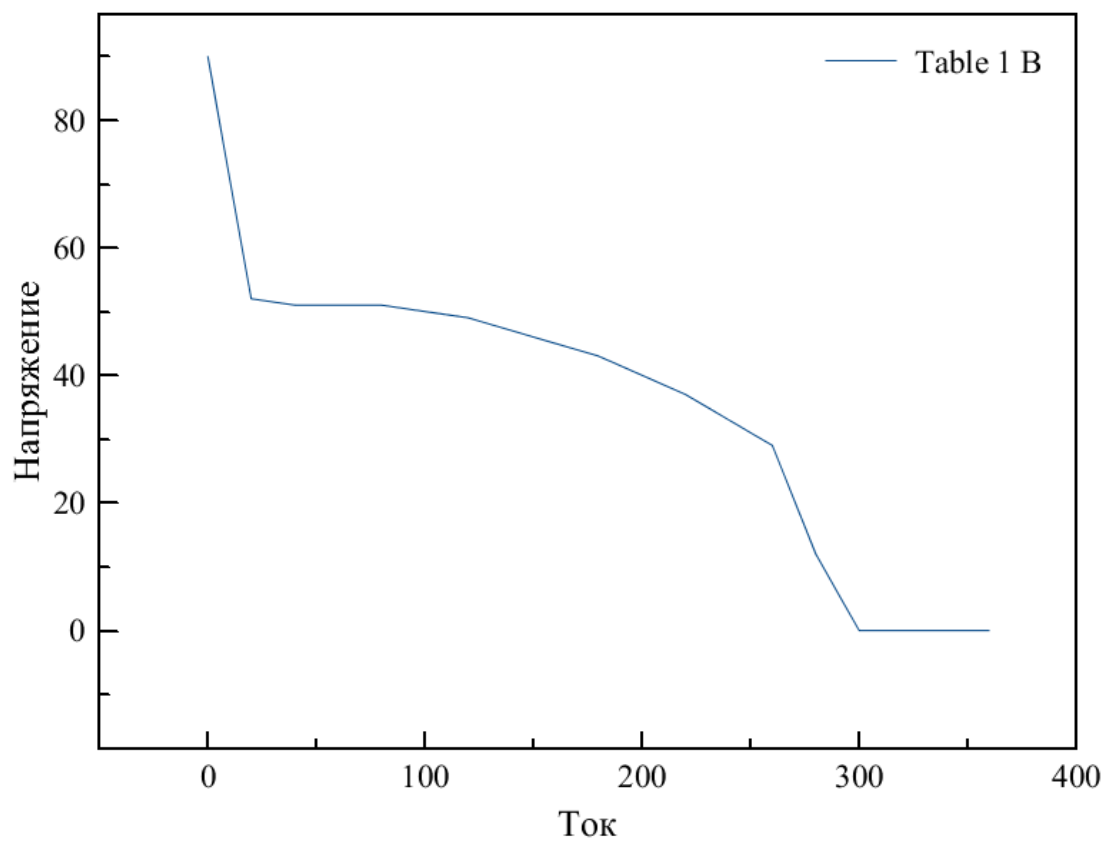


Рисунок 40 - ВАХ источника Mosa DSP 400 YSX на момент испытания

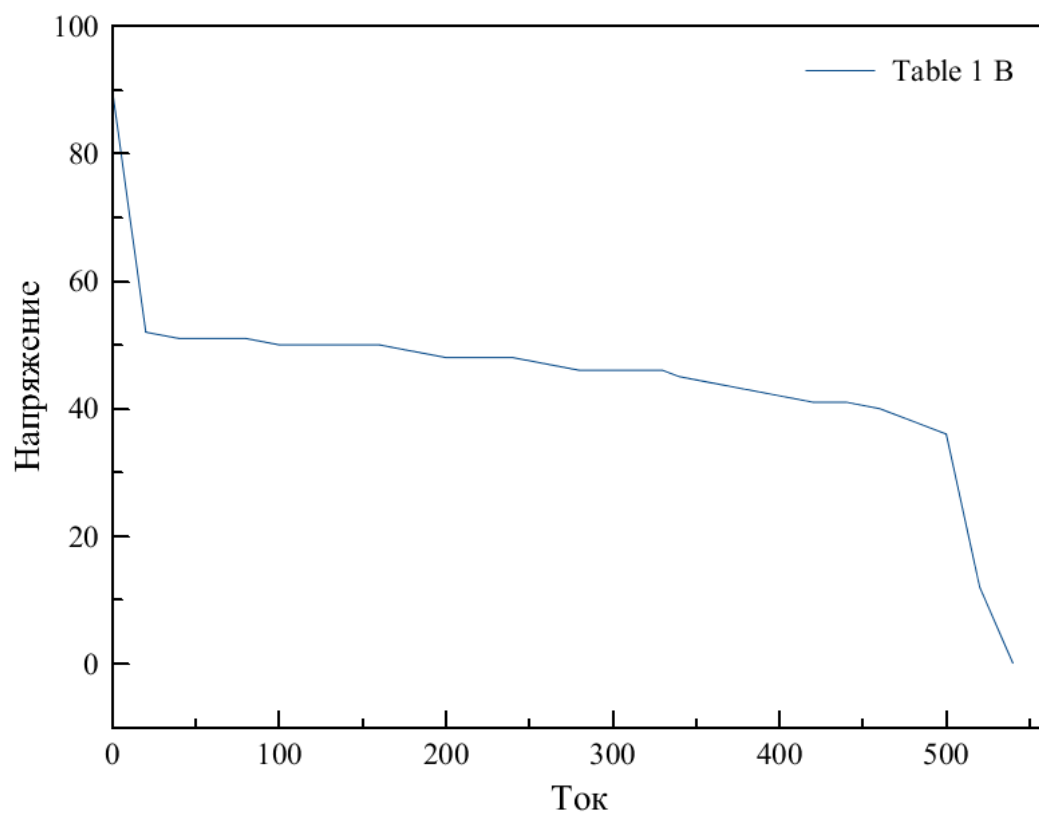


Рисунок 41 - ВАХ источника Brima mig 500-1, на момент испытания

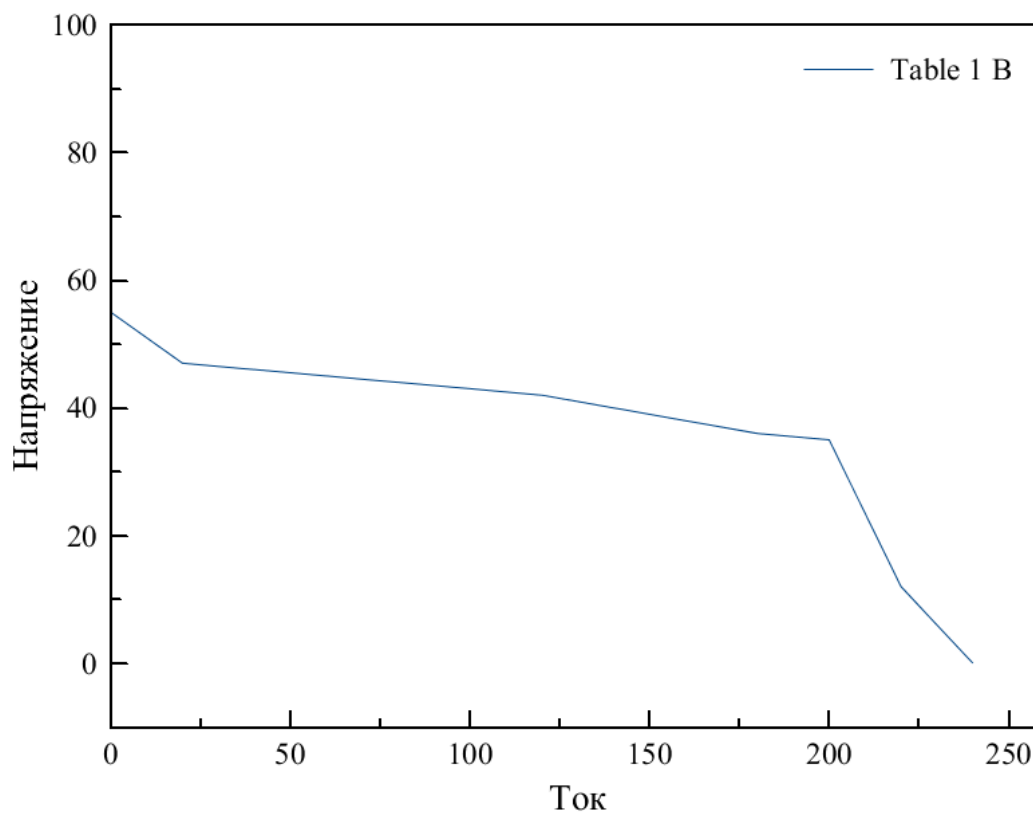


Рисунок 42 - ВАХ источника Барс Profi ARC 257D, , на момент испытания

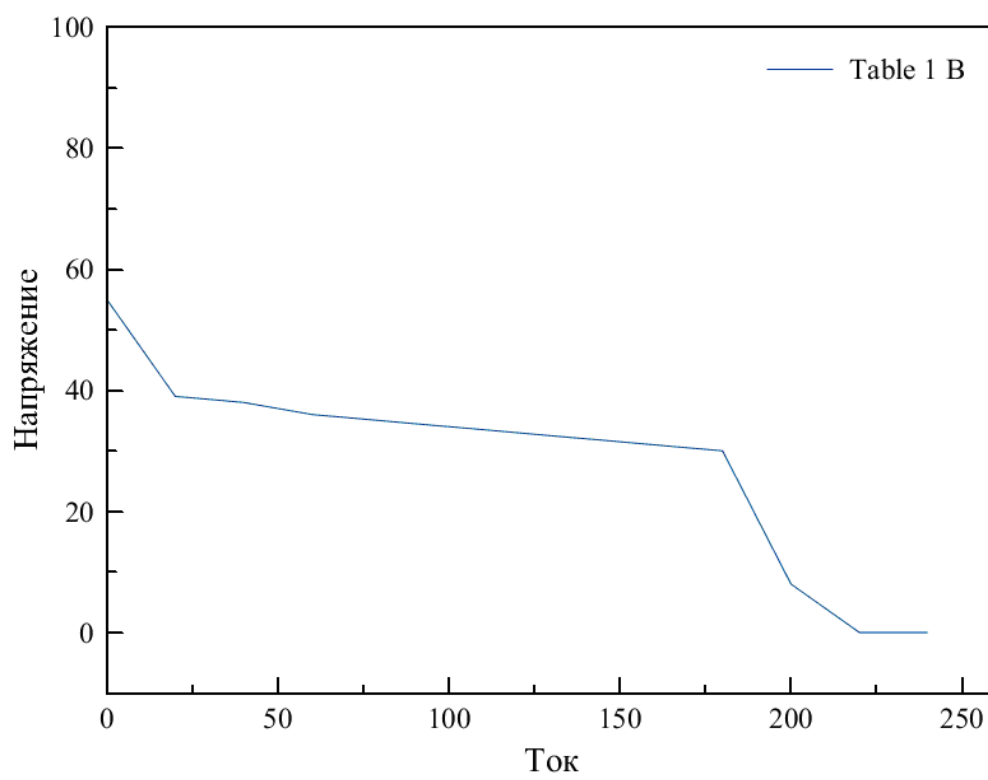


Рисунок 43 - ВАХ источника Neon ВД 221, на момент испытания

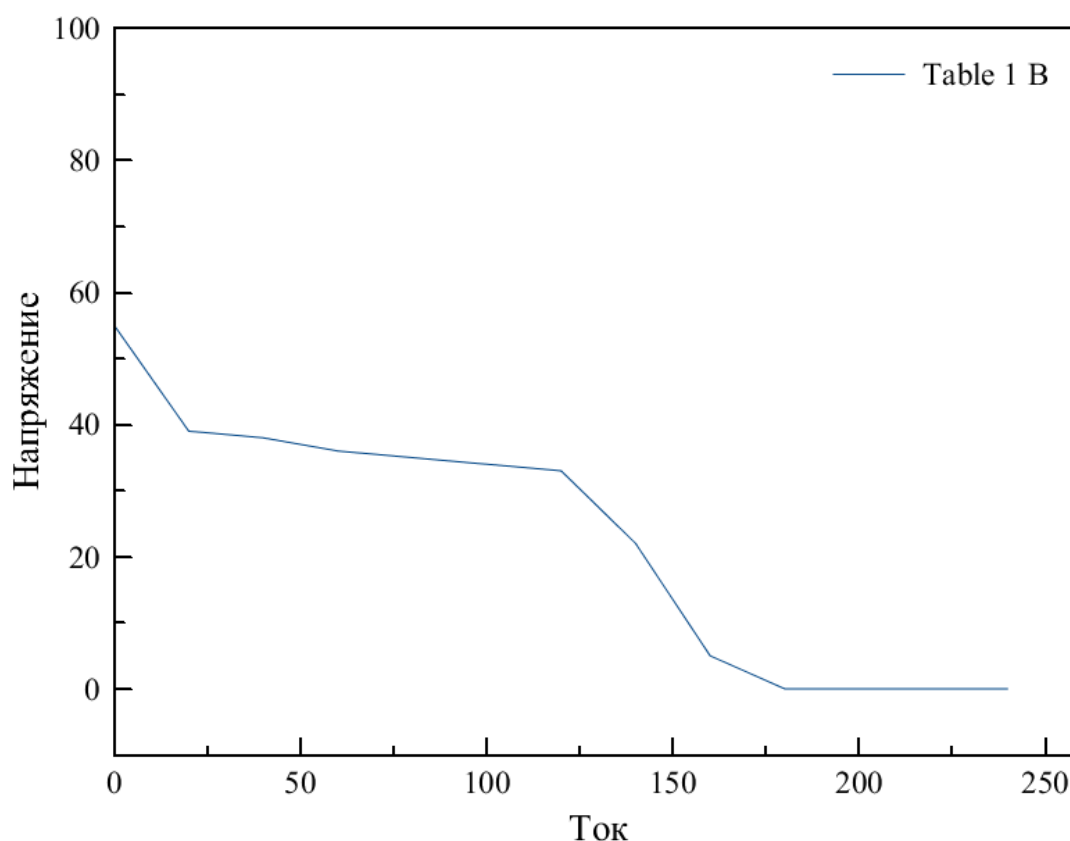


Рисунок 44 - ВАХ источника Ресанта САИ 250, на момент испытания

Результаты испытаний показали достоверность расчета и результатов проектирования источника. Выходная вольтамперная характеристика полностью соответствует актуальным требованиям к сварочным аппаратам.

Однако при изготовлении и отладки данного устройства существуют значительные риски. Важно соблюдать все правила электробезопасности.

4.2 Модернизация сварочных аппаратов

Традиционно не инверторные сварочные аппараты состоят из трансформатора, с ступенями регулировки тока (или выходного напряжения), выпрямителя, выходного фильтра и механизма подачи сварочной проволоки (полуавтоматы).

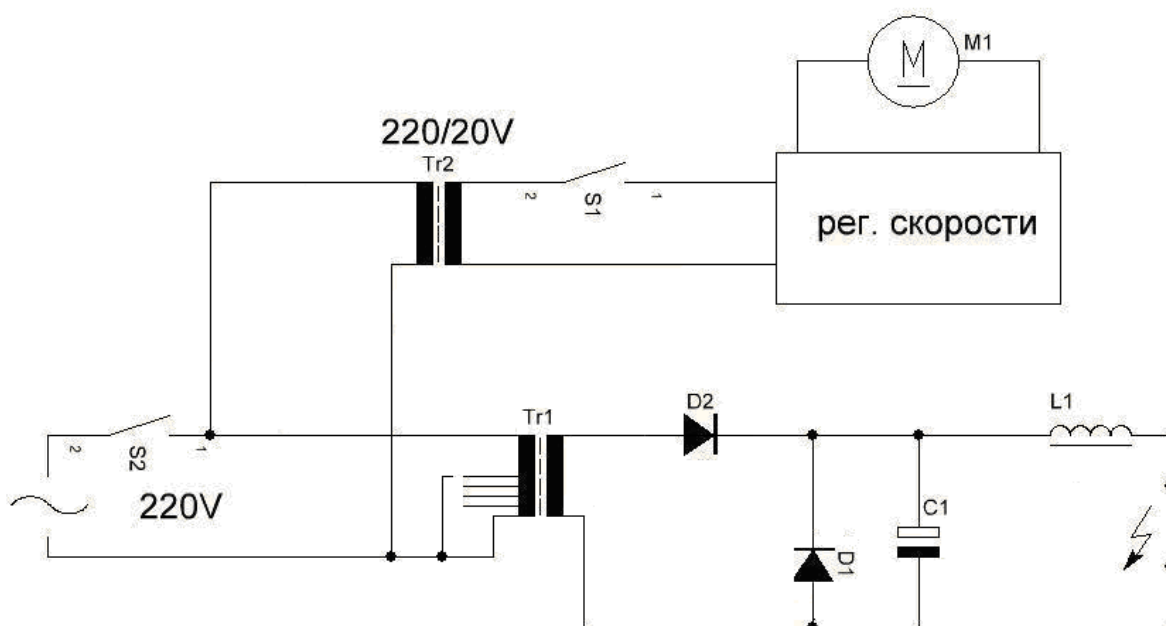


Рисунок 45– Схема сварочного аппарата сварки постоянным током

Чаще упрощают конструкцию до одного трансформатора, что позволяет варить металлы переменным током.

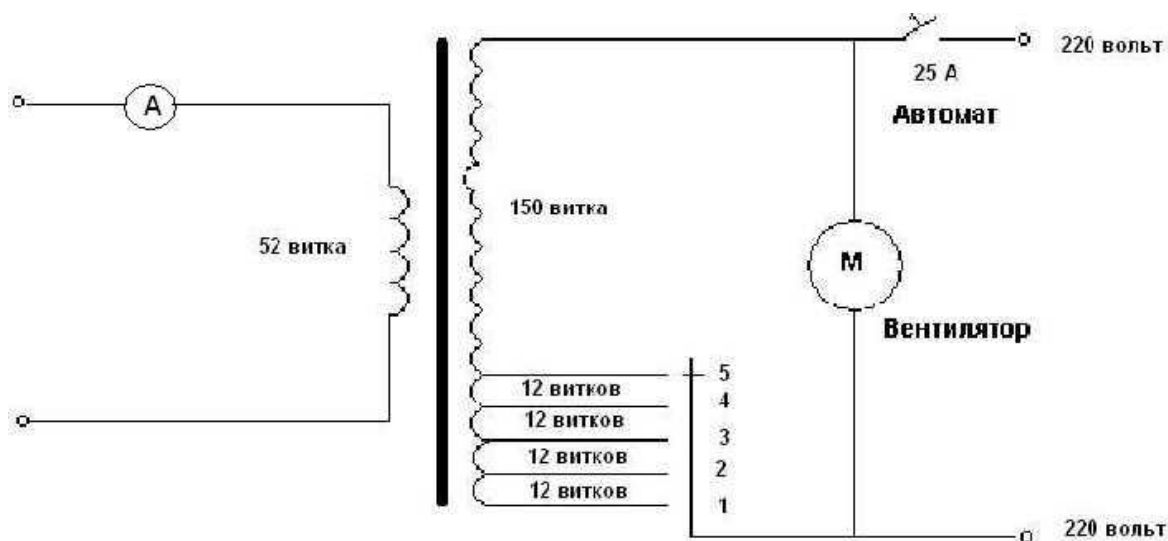


Рисунок 46– Схема сварочного аппарата сварки переменным током

Обладает простейшей схемотехникой. Как правило состоит из минимума основных деталей - сам трансформатор, регулятор сварочного тока, выпрямительные диоды и дроссель с конденсатором (при сварке переменным током можно обойтись и без них). Регулятор сварочного тока так же бывает несколь-

ких видов - электронный и "по степеням обмотки". Мотается как медным проводом так и алюминиевым.

- Основным достоинством является низкая стоимость, ремонтпригодность, простота сборки и наладки. Недостатки - большой вес, по сравнению с инверторной сваркой, высокая нагрузка на бытовую сеть, если сердечник малого размера, то кратковременные интервалы работы связанные с перегревом сердечника.

Стоит добавить что потребление тока у трансформаторной сварки на холостом ходу значительно выше, чем у инверторной, если нет электронной регулировки по первичной обмотке. Это обусловлено тем что первичная обмотка имеет большое сечение и малое количество витков.

Как уже было ранее определено, схема импульсного сварочного источника состоит из следующих элементов:

- Сетевой фильтр
- Выпрямитель
- Емкостной накопитель
- Мостовая схема
- Схема управления
- Силовой трансформатор
- Силовой выпрямитель
- Дежурный блок питания



Рисунок 47 - структурная схема инверторного источника

Сетевой фильтр – представляет собой П-образный фильтр который служит для блокировки обратного высокочастотного напряжения. Данный сетевой фильтр рассчитывается на резонансную частоту 50 Гц. При этом фильтр должен пропускать токи более 35А.

Выпрямитель преобразует переменное напряжение 220/380В 50Гц в постоянное напряжение. Как правило в этом случае используется диодная сборка удобная в монтаже и с хорошими теплоотводами. При этом сборка должна пропускать токи более 35А.

Емкостной накопитель предназначен для запаса энергии в переходных режимах работы инвертора. Дополнительной его функцией является фильтрация обратного импульсного напряжения

Мостовая схема зависит от инженерного выбора производителя. Топологии рассмотрены в предыдущем разделе.

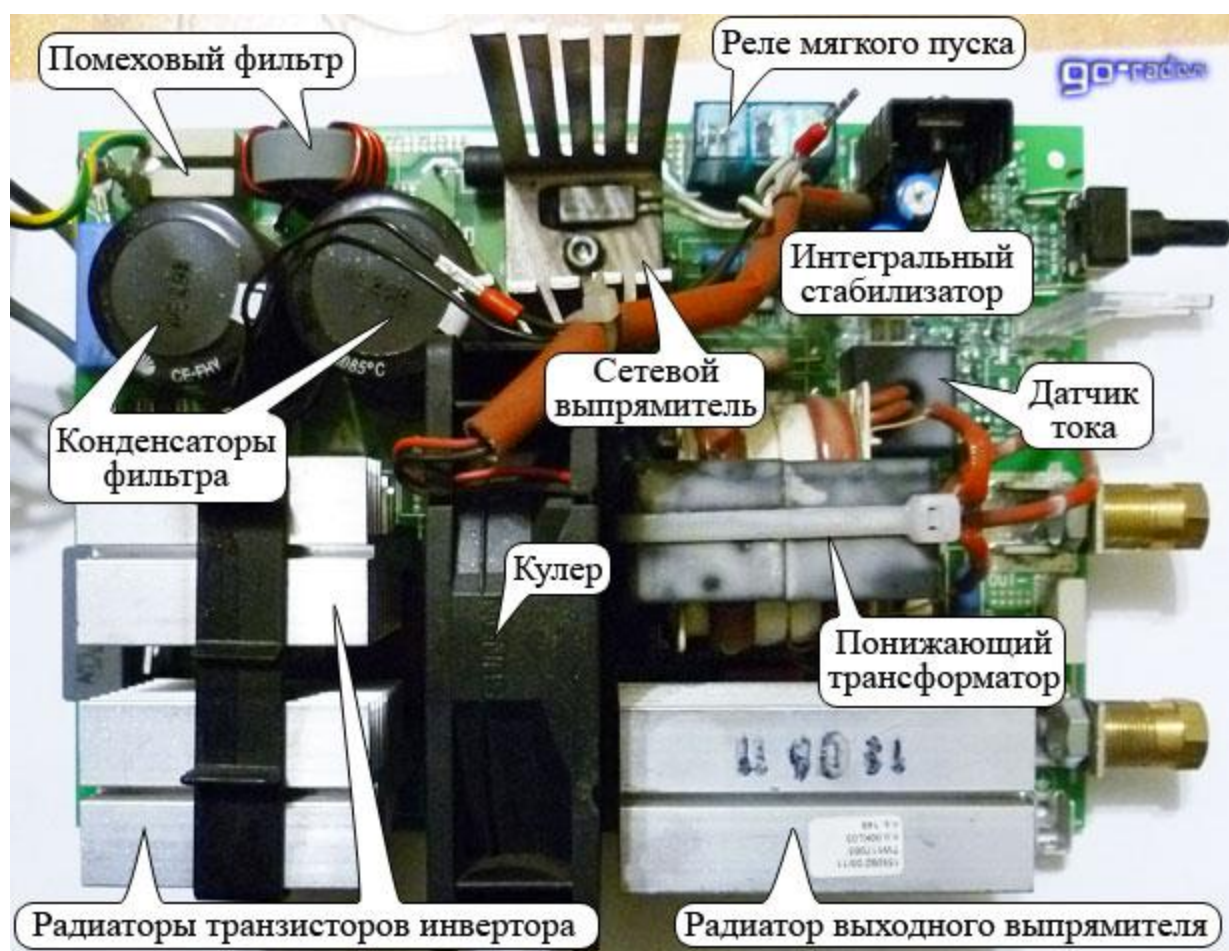


Рисунок 48 – пример компоновки инверторного источника

Схема управления представляет собой ШИМ – генератор полностью управляющего процессом сварки. Так же допускается использование микроконтроллера, для построения интеллектуальных сварочных систем.

Силовой трансформатор представляет собой высокочастотный преобразователь с рассчитанным коэффициентом трансформации с определенным количеством витков большого сечения. Намотка осуществляется согласно всех необходимых технических условий. После намотки пропитывается лаком и запекается в специализированной печи.

Силовой выпрямитель служит для выпрямления высокочастотного напряжения сварочной дуги. Как правило это диоды большой мощности с хорошими теплоотводами

Дежурный блок питания необходим для вспомогательного питания узлов аппаратуры с гальванической развязкой. Во время работы при просадке напряжения им обеспечивается стабильная работа всех узлов аппаратуры.

В основной своей массе инверторные аппараты высокого класса показывают хорошие результаты, но есть ряд оборудования которое нуждается в доработке

Сварочный инвертор 400-SX

При больших токах создает высокочастотные помехи. Для их нейтрализации необходимо добавить на вход сетевой фильтр поддерживаемой мощности.

Наилучшим решением остаются активные LC-фильтры. Частота преобразования данного инвертора составляет 57кГц (как показали измерения)

Следовательно необходимо подобрать контуру которого частота записания соответствует данному диапазону

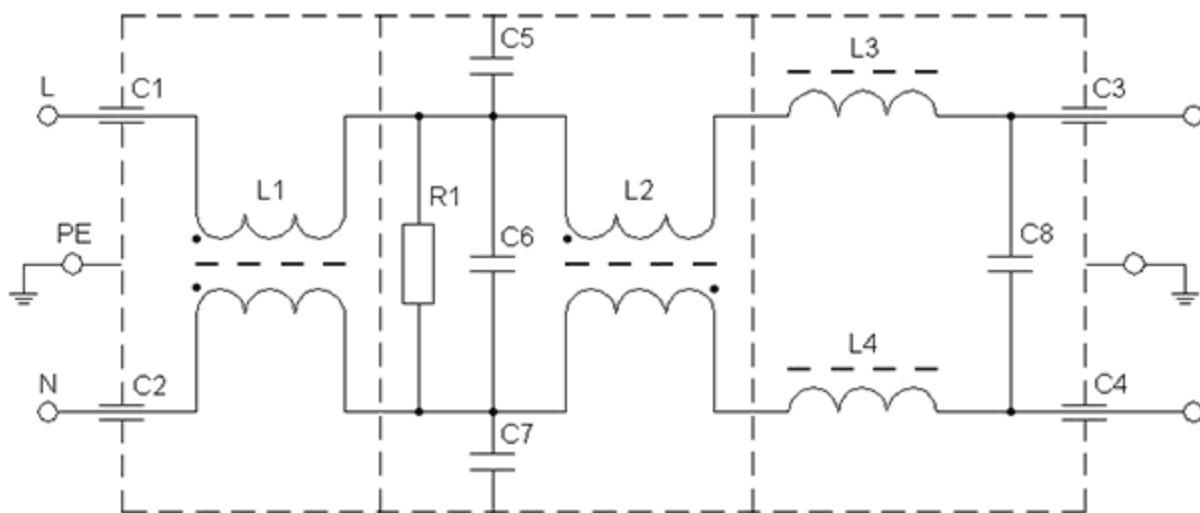


Рисунок 49 – Схема 2-контурного сетевого фильтра

При этом сечение проводников должно быть достаточным, чтобы проводить токи до 30А при максимальных нагрузках.

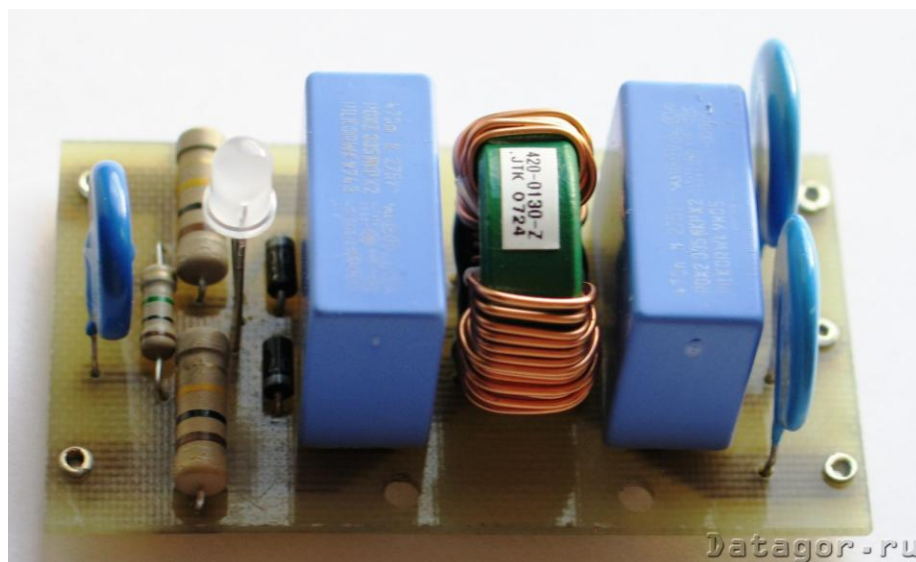


Рисунок 50 – Пример исполнения сетевого фильтра

сварочный полуавтомат Brima mig 500-1;

Имеет один недостаток. Скорость подачи проволоки меняется в соответствии с просадкой напряжения. Это связано с тем что подающий механизм питается от трансформаторного источника. Помимо управляющая схема использует тиристоры для регулировки тока.

Чтобы устранить этот недостаток целесообразно заменить трансформаторный источник питания подающего механизма на импульсный, а тирристорное управление подающим механизмом на ШИМ- управление.

Принцип работы заключается в том, что на обмотку двигателя подающего механизма подается не стабильное выпрямленное напряжение, а высокочастотные импульсы, с скважностью от 25-70%. По принципу работы ШИМ-драйвера бывают 2-х видов. Разделение их заключается в том, используется ли в их конструкции импульсный трансформатор для дифференциальной развязки или нет.

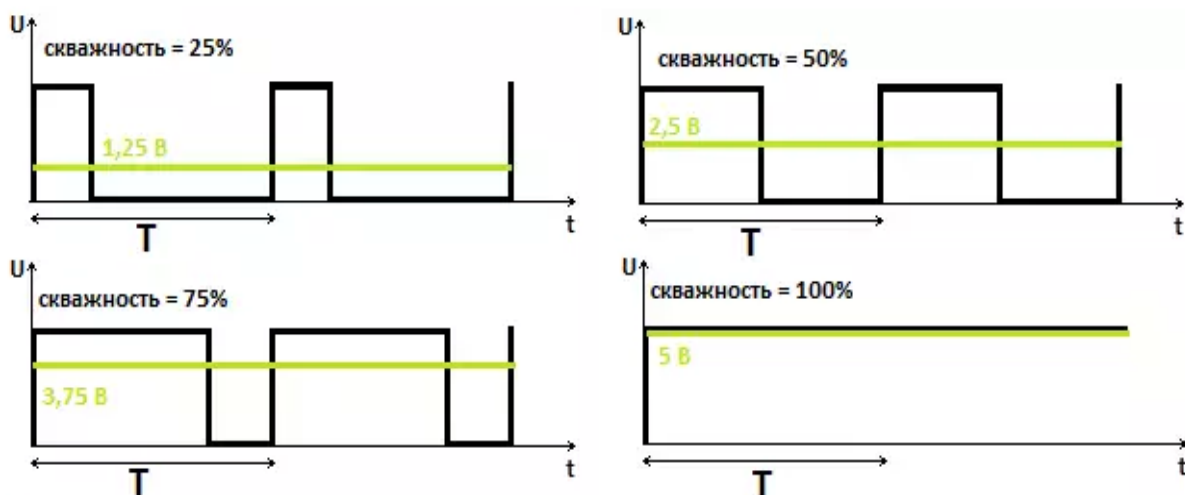


Рисунок 51 - Принцип работы ШИМ-драйвера

Применение эффективных двухроликовых конструкций способствует повышению срока службы подающего механизма и стабильной подаче проволоки



Рисунок 52 – 4-роликовый подающий механизм

Более подробно схема переделки представлена в приложении.

Механизм подачи состоит из электродвигателя, силового редуктора, 2-х прижимных и 2-х подающих роликов, литого прочного корпуса на котором крепятся ролики и электродвигатель с редуктором.

Устройство крепится болтами к посадочному месту в сварочном полуавтомате или в отдельном подающем устройстве. Межосевое расстояние посадочных крепёжных отверстий - 50 мм.

Механизм подачи SSJ-15 толкающего типа. В качестве привода размоточного механизма кассеты с проволокой и толкающих роликов в механизме SSJ-15 применяется электродвигатель постоянного тока мощностью 80 Вт. Электродвигатель имеет жесткую характеристику и постоянные обороты. Необходимое напряжение питания для двигателя составляет 24 В. источником питания может служить как сварочный полуавтомат, так и любой трансформатор. Скорость подачи проволоки регулируется изменением частоты вращения ротора электродвигателя постоянного тока.

Заводская горелка MIG-360 BRIMA имеет один недостаток

Предельный ток составляет 360а, при этом аппарат позволяет развивать сварочный ток до 500А.



Рисунок 53 – сварочная горелка MIG-360 BRIMA

Поэтому рекомендуется использовать такой тип горелки который имеет максимальный ток 500А

Таковой горелкой является Fubag FB 500



Рисунок 54 – высокоамперная горелка Fubag FB 500

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Ток при ПВ 60%, CO ₂	500 А
Ток при ПВ 60%, Mix	450 А
Диаметр проволоки,	0,8 - 1,6 мм
Длина кабеля,	3 / 4 / 5 м
Тип охлаждения	- жидкостное

Длинна горелки 3м несмотря на удобство имеет так же один недостаток, пропорционально длине кабеля растет его сопротивление. Поэтому необходимо использовать сварочную горелку с большим сечением и меньшей длинны. Использовать сварочный кабель и кабель массы длиной 1-1.5м. В условиях лаборатории этой длины достаточно.

Помимо этого общий излом сварочной горелки уменьшится, что позволяет значительно облегчить работу подающего механизма за счет меньшего излома сварочного рукава.

Облегчить режимы работы на больших токах можно за счет блока водяного охлаждения с принудительной циркуляцией.

сварочный инвертор Neon ВД 221;

Данный инвертор несмотря на все свои достоинства имеет один недостаток. С завода там установлены сетевые конденсаторы в количестве 3 шт емкостью 470мкФ и 350В чего достаточно мало.

А как известно минимально необходимая емкость составляет

Определение значения входной емкости C_{Φ}

$$C_{\Phi} = \frac{U_{IN} \cdot I_{IN} \cdot \left(\frac{2\pi}{p} - \text{Arc cos}[1 - K_A] \right)}{\pi \cdot f_C \cdot U_{DM} (2 - K_A)} = 1835 \text{ мкФ}$$

Рабочее напряжение больше или равно $1.5 \cdot U_0 = 1.5 \cdot 220 = 330 \text{ В}$

Ближайшим по номиналу и рабочему напряжению является конденсаторы 680 мкФ 450В в количестве 3 шт, однако для сглаживания пульсаций и выбросов целесообразно использовать оригинальные конденсаторы EPCOS. Рекомендуется использовать и больший номинал.

Еще один недостаток – использование транзисторов типа RJH3047. Максимальное напряжение коллектор – эмиттер у данных транзисторов составляет 330В

А как известно падение напряжения на транзисторе

$$U_{BX} = \sqrt{2} U_C (1 - k_a / 2)$$

$$U_{BX, \text{макс}} = \sqrt{2} U_C (1 + a_{\text{макс}} + k_a / 2)$$

$$U_{BX, \text{мин}} = \sqrt{2} U_C (1 + a_{\text{мин}} + k_a / 2)$$

$$U_{BX} = \sqrt{2} \cdot 220 (1 - 0.08 / 2) = 298 \text{ (В)}$$

$$U_{BX, \text{макс}} = \sqrt{2} \cdot 220 (1 + 0.1 + 0.08 / 2) = 354.75 \text{ (В)}$$

где $k_a = (0.05 \dots 0.1) = 0.08$ - коэффициент пульсаций на выходе сетевого выпрямителя.

Это свидетельствует о том что транзистор работает на предельных режимах.

Транзисторы, применяемые в данном устройстве играют важную роль. За счет них, как силовых устройств задаются режимы работы устройства.

Силовой Транзистор, должен соответствовать рабочему напряжению, и чтобы обратное напряжение и ток не могли вывести его из строя во время работы. Важно чтобы он обладал достаточными частотными параметрами. В качестве альтернативного транзистора для данного аппарата выбран IRG4PC50W.

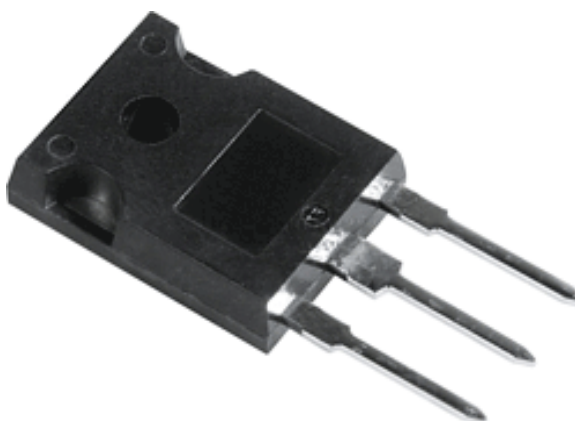


Рисунок 55 – Силовой Транзистор IRG4PC50W

Параметры транзистора IRG4PC50W:

- Максимальное напряжение коллектор-база $U_{КБО}$ 400 В
- Напряжение насыщения коллектор-эмиттер $U_{КЭО}$ 600 В
- Максимальный коллекторный ток $I_{КЭ}$ max 32 А
- Максимальная рабочая частота $f_{max} > 400 \text{ кГц}$
- Максимальный тепловой диапазон $\Delta T, ^\circ -80 \dots 95 \text{ C}$

Сварочный инвертор Ресанта САИ 250.

Представляет собой инвертор с Китайской начинкой собранной по классической схеме именуемой «трехэтажной». Несмотря на то что данный инвертор активно занял свою нишу он имеет достаточное количество недостатков. Главным его недостатком является несоответствие заявленных выходных данных с реальными.

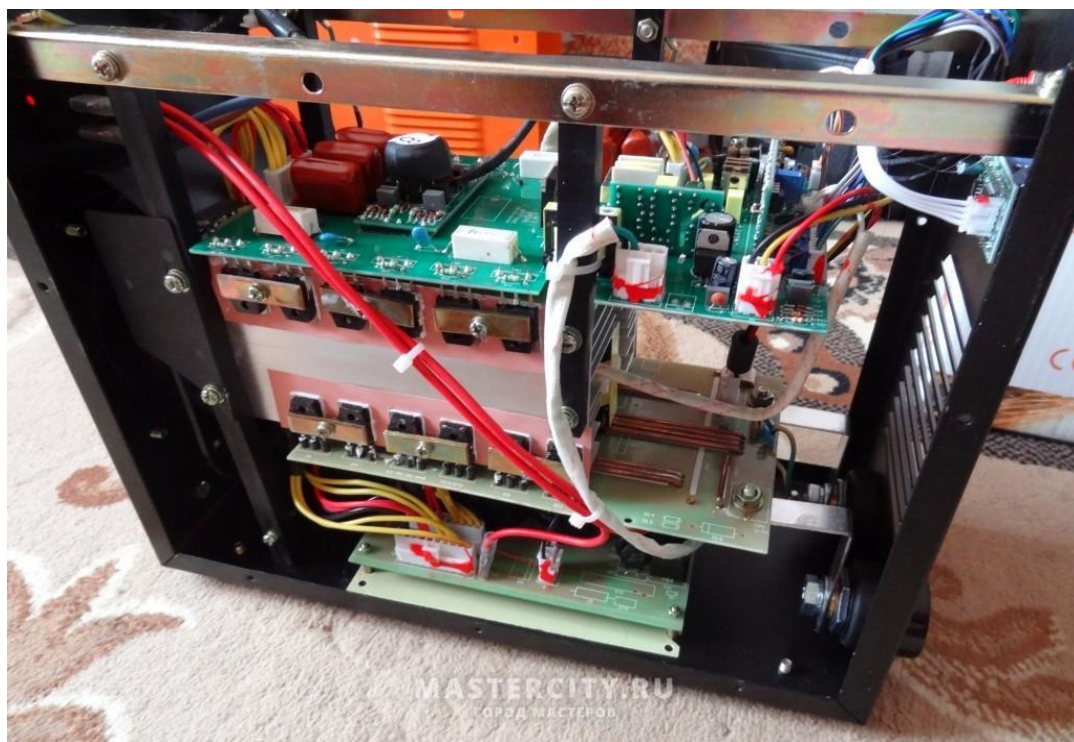


Рисунок 56 - Внешний вид компоновки инвертора Ресанта.

В результате выявлены следующие недостатки:

- отсутствие выходного дросселя для поджига дуги
- суммарный ток выходных диодов составляет 240А (по паспортным данным)
- маленькое сечение проводников
- Общий радиатор маленького сечения.
- 2 силовых трансформатора ETD42 с последовательным соединением первичных обмоток
- отсутствие схемы защиты
- низкая частота преобразования

Очевидно что все эти недостатки устранить довольно сложно. Однако важно добавить выходной дроссель для мягкого пуска дуги на малых токах. Индуктивности кабеля, на который рассчитывали изготовители явно не стоит.

Если разобрать этот инвертор, то силовые платы будут иметь вид:

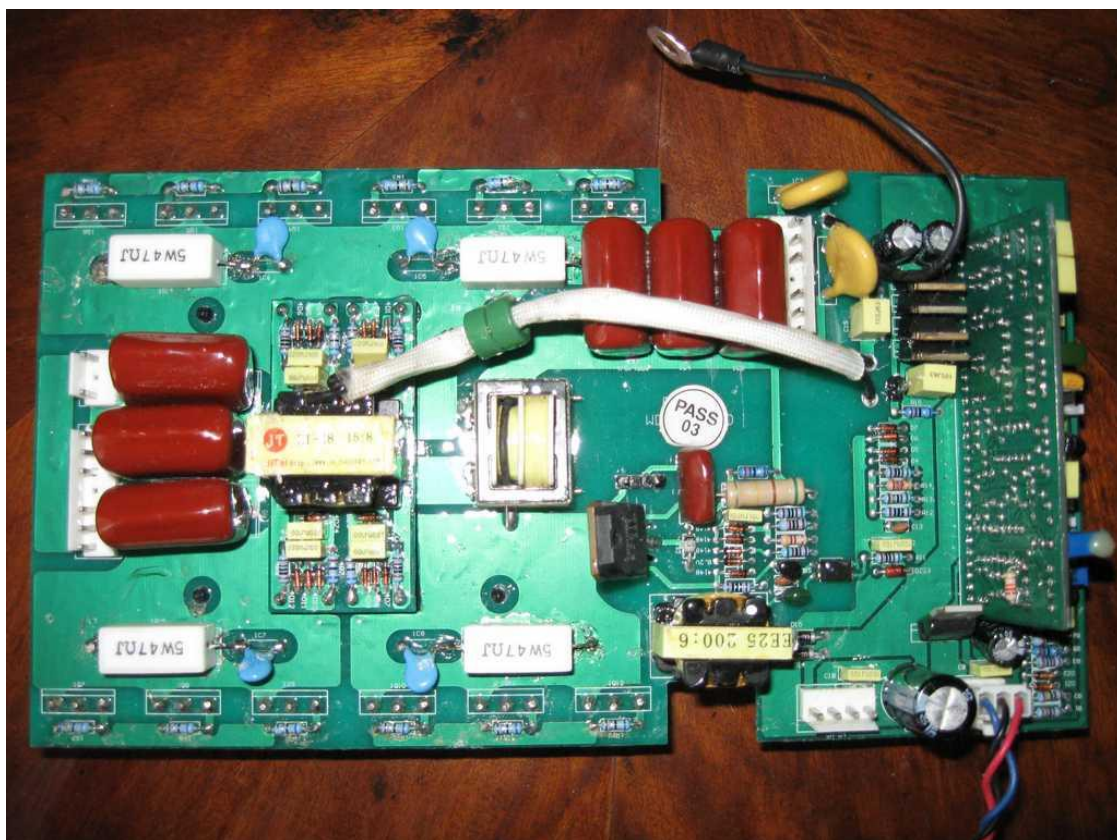


Рисунок 57 - Внешний вид компоновки инвертора Ресанта.



Рисунок 58 - Внешний вид компоновки инвертора Ресанта.

Дроссель можно изготовить из трансформаторного железа, типа ТС-180 и намотать 20 витков медной шины с сечением выше 16 см. кв. и поставить в об-дув.



Рисунок 59 - Дроссель ТС-180

Однако рекомендовано отказаться от данной конструкции и перейти к следующему решению:

- Приобрести другой сварочный инвертор
- Заменить силовые платы, радиолюбительской конструкцией

Второй вариант предпочтительнее в виду того что можно без проблемно использовать большинство комплектующих которые находятся в данном аппарате.

На сегодняшний день существует огромное количество аппаратов созданных энтузиастами России и стран СНГ, которые легки в повторении и имеют минимальную стоимость комплектующих. Первой, приобретающую высокую популярность является схема «бармалейника».

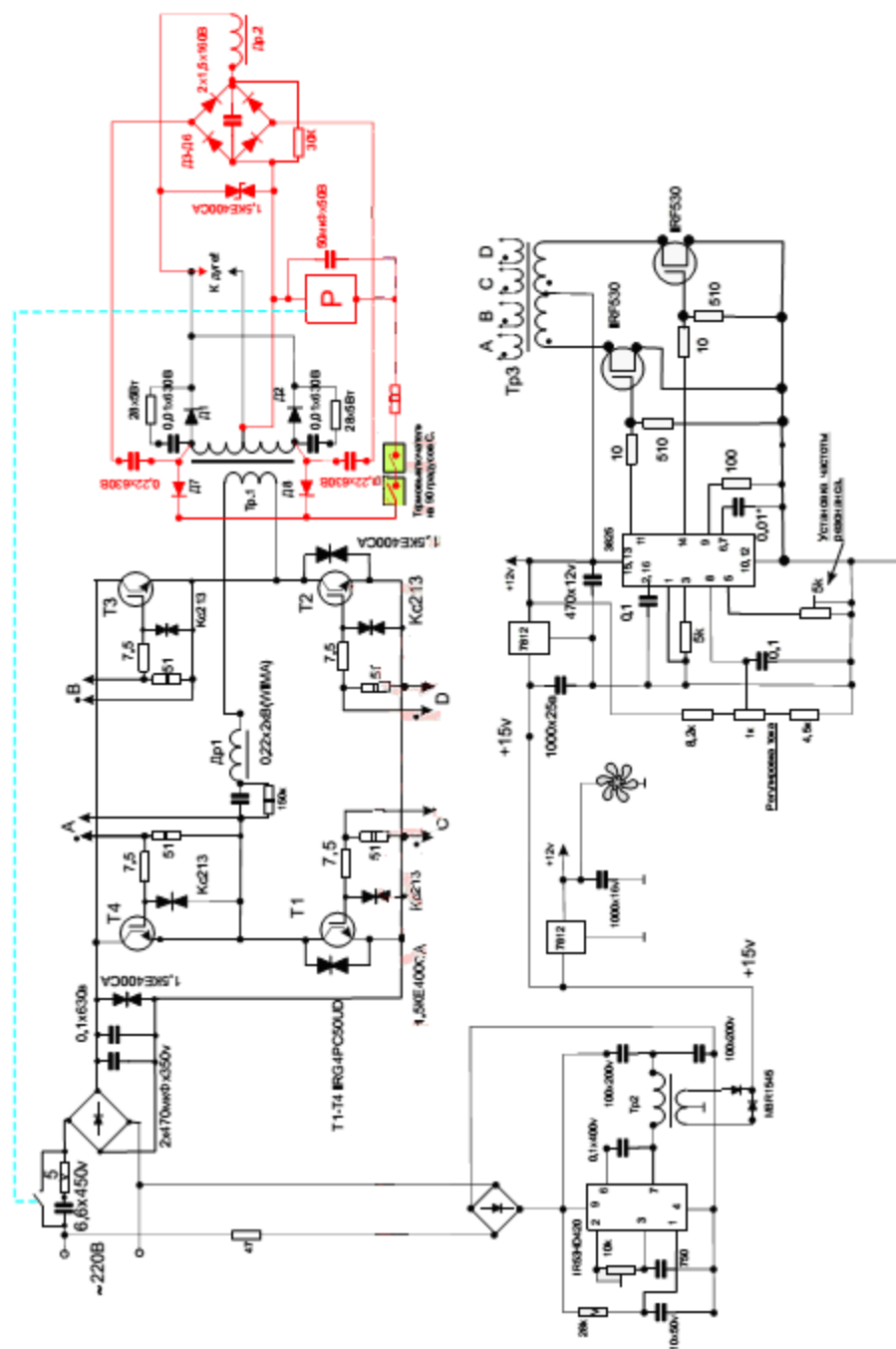


Рисунок 60 – Схема сварочного аппарата Негуляева

Особой популярностью пользуются сварочные инверторы Негуляева. Негуляев, в своих книгах приводит множество схем сварочных аппаратов различных топологий. Наибольшую популярность получил резонансный полный мост.

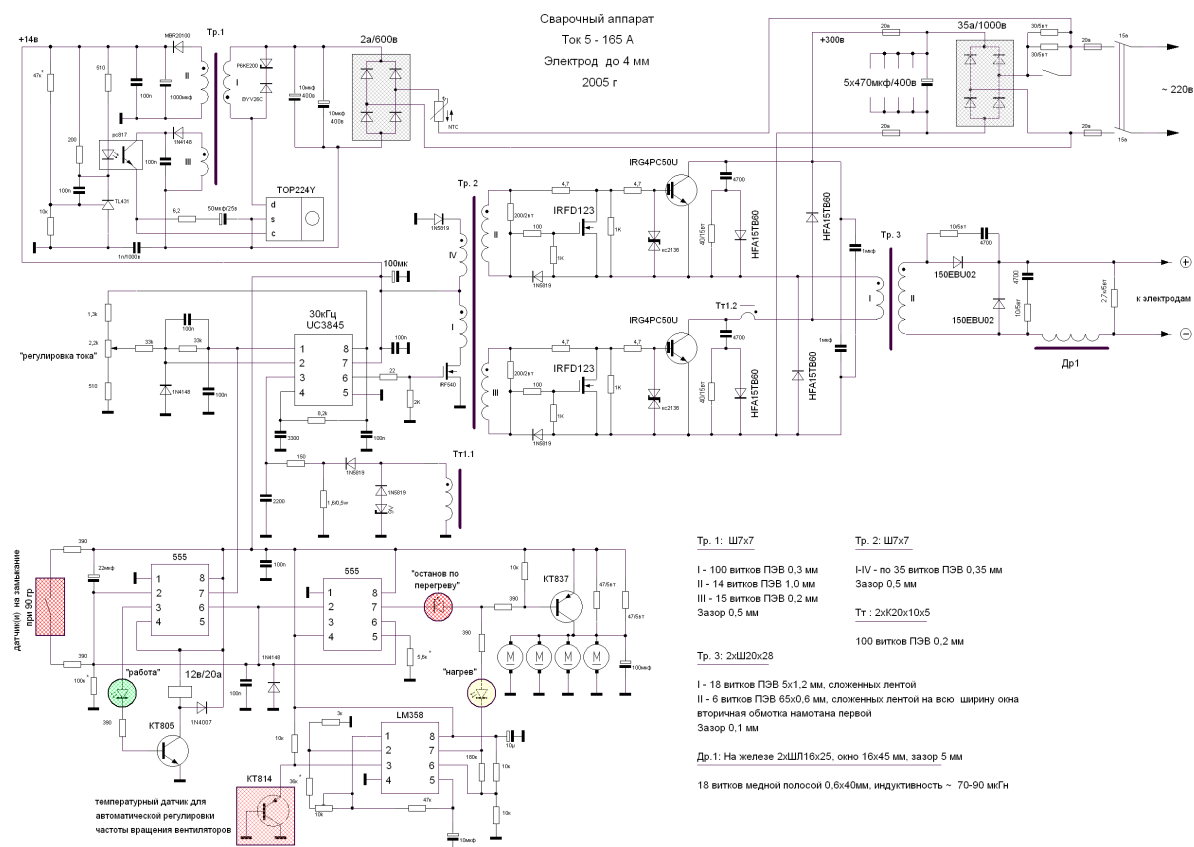


Рисунок 61 – Схема популярного сварочного аппарата

Позже, учитывая все достоинства и недостатки схемы, а так же за счет эволюции элементной базы резонансный мост был дополнен цифровым управлением, с множеством полезных функций.

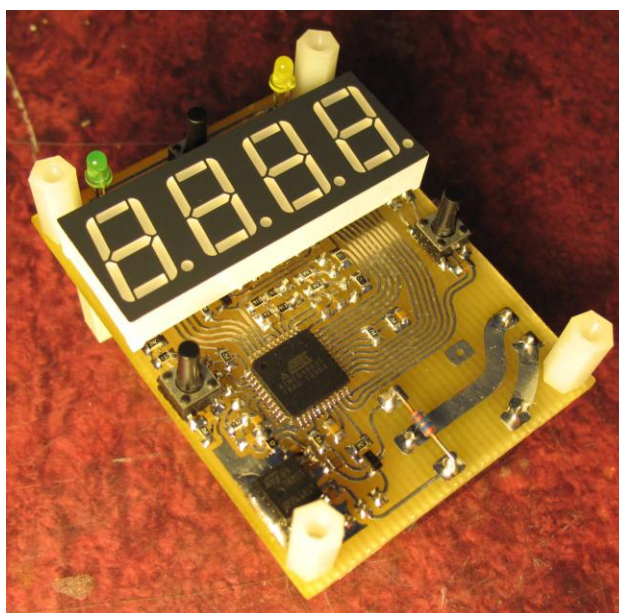


Рисунок 62 – Цифровое управление сварочного аппарата Негуляева

Помимо этой широкую популярность приобрела харьковская разработка – «однотактный сварочный аппарат на atmega8» которую повторили множество радиолюбителей и недобросовестные производители вопреки авторским правам запустили ее в разработку. Достоинством данной схемы является использование гибкого программного обеспечения контроллера atmega8, который управляет всеми процессами сварки.

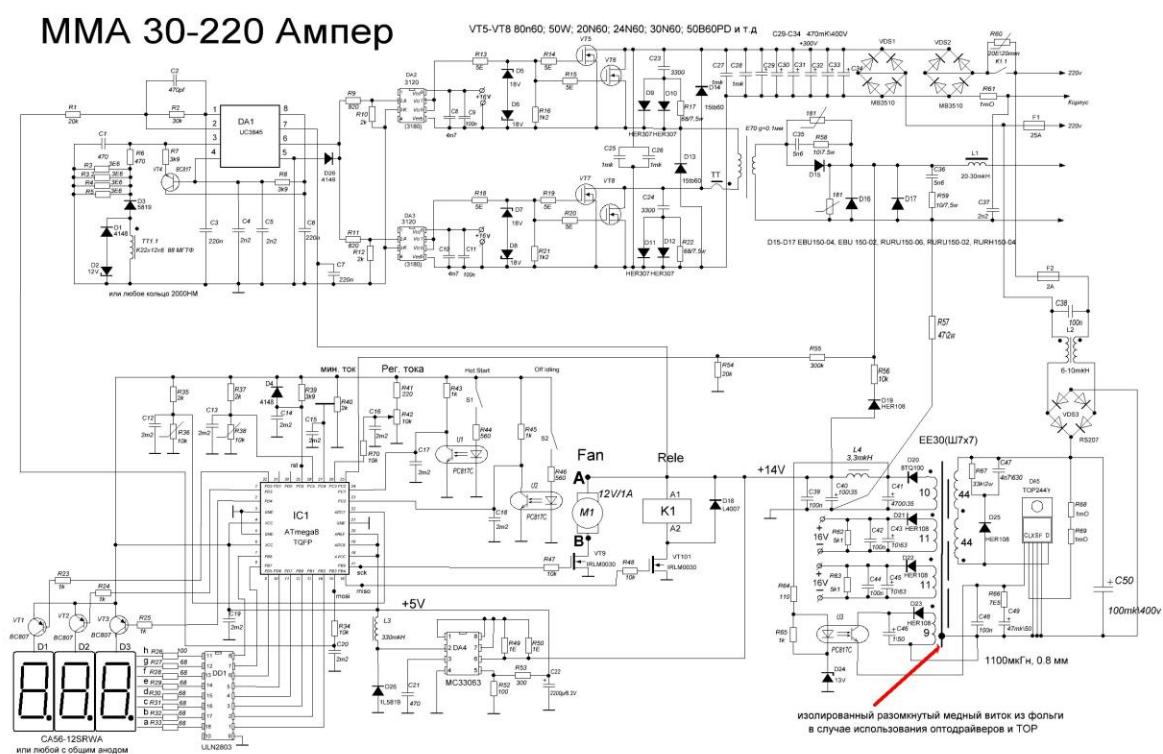


Рисунок 63 – Схема однотактного сварочного аппарата на atmega8



Рисунок 64 – Реализация однотокового сварочного аппарата на atmega8

Данные радиолюбительские конструкции, при адекватном изготовлении показывают характеристики не хуже промышленных образцов. На территории России и СНГ, построен своеобразный бизнес по продаже комплектующих для самодельных сварочных конструкций

4.3 Расчет проводников питающей сети

Номинальный ток автоматического выключателя (автомата) I_{AH} определяют по максимальном (расчётному) току нагрузки I_{PC} учётом коэффициента одновременности включения потребителей, который согласно методическим указаниям рекомендуется принять равным единице:

$$I_{AH} \geq I_{PC}$$

Как правило, при расчёте внутренней проводки из расчёта потери напряжения на уровне 2,5% от U_n автоматический выключатель имеет необходимую чувствительность по отключению возможных коротких замыканий в защищаемой линии:

$$\frac{I_{K,MIN}}{I_{AH}} \geq 3,$$

где $I_{K,MIN}$ – минимальный установившийся ток однофазного короткого замыкания (в конце линии), А; I_{AH} – номинальный ток автоматического выключателя (аппарата защиты), А.

Поэтому при указанных условиях, принятых в данном проекте, проверку на чувствительность аппарата защиты можно опустить.

$$I_{K,MIN} = U / Z_{PFO},$$

в общем же случае необходим расчёт тока $I_{K,MIN}$,

где U – номинальное фазное напряжение, В; Z_{PFO} – сопротивление петли "фаза – нуль" до места короткого замыкания в конце линии, включающее в себя сумму полных сопротивлений прямого и обратного проводников, выбранных сечений проводов (определяется на основании справочных данных), Ом. Для выбора справочных значений, необходимо воспользоваться табличными данными, которые содержатся в ГОСТ 28249-93.

Сопротивление кабеля сопротивления петли "фаза – нуль", согласно табличным данным составляет $Z_{PFO} = 29,1$ Ом/км. Так как рассчитанное значение длины кабеля составляет $L = 3,5 \cdot 8 = 28$ м, то сопротивление петли фаза нуль эквивалентно $Z'_{PFO} \approx Z_{PFO} \frac{L}{1000} = 8,148$ Ом. Соответственно,

$$I_{K,MIN} = U / Z_{PFO} = 220 / 8,148 = 27 \text{ А}$$

Таким образом, при выборе защитного автомата должно соблюдаться условие

$$I_{AH} \leq I_{K,MIN} / 3 \Rightarrow I_{AH} \leq 9 \text{ А}$$

На основе имеющихся данных можно сделать вывод, что для успешной защиты электрической проводки в узле необходимо, чтобы соблюдалось следующее условие:

$$1,136 A < I_{AH} \leq 9 A$$

Выполнение данного условия при выборе защитного автомата обеспечивает сохранность электропроводки, а так же пожарную и электробезопасность на объекте. Оптимальным вариантом является выбор защитного автомата с током защитного отключения 6А.

4.4 Расчет защитных систем

–расчет электросети от общего щитка распределения до первой разводки 3ф розеток.

–расчет электросети от общего щитка распределения до распределения до первой разводки 3ф розеток.

Необходимо чтобы общая сеть могла обеспечить необходимую мощность для и пропускную способность для электрификации и работы объекта. В том случае, когда это невозможно, необходимо решать вопрос районного масштаба – получение дополнительного силового кабеля от местной трансформаторной подстанции для питания электрифицированного объекта.

Потребляемая мощность объекта при пиковых нагрузках составляет:

$$P_{MAX} = \sum P$$

Таким образом, при включении в сеть всех потребителей

$$P_{MAX} = \sum P = 46 + 46 + 0.49 = 92.49 \text{ кВт}$$

Таким образом, необходимо чтобы проводники от ЛЭП до объекта электрификации обеспечивали соответствующую мощность.

Помимо этого так же нужно предусмотреть, чтобы на объекте располагались розетки для питания. Немаловажным является обеспечение безопасности объекта. Безопасность объекта подразумевает не только охрану имущества, но и пожарную безопасность, безопасность охраны труда, что вызывает необходимость подключать дополнительные средства. Таким образом, цех необходимо оснастить 15 розетками (5 шт. - 3-х фазные и 10 шт.- однофазные), обеспечивающими мощность до 10 кВт.

Таблица 7 – Технические данные

Количество фаз М	3
Напряжение питания сети	220/380 В
Суммарная максимальная мощность на участке P_{MAX}	102,49 кВт
Приблизительная длина общего кабеля	20 м

Таблица 8 – Расчет потери напряжения

Расчет сечения провода при потери напряжения S_p	11,4мм ² – 16мм ²
Мощность на участке линии P_{MAX}	102.49 кВт
Расчетный ток нагрузки одной фазы I_R	172,81А
Фактическая потеря напряжения на участке F_U	1,779 %

Расчет электросети от общего щитка распределения до первой пары 3ф розеток осуществляется по исходным данным приведены в таблице 9, а результаты расчета представлены в таблице 10.

Таблица 9 – Технические данные

Количество фаз М	3
Напряжение питания сети	220/380 В
Суммарная максимальная мощность на участке P_{MAX}	46 кВт
Приблизительная длина кабеля	24 м

Таблица 10 – Расчет потери напряжения

Расчет сечения провода при потере напряжения S_p	6,14мм ² – 6мм ²
Мощность на участке линии P_L	46 кВт
Расчетный ток нагрузки одной фазы I_R	77,56А
Фактическая потеря напряжения на участке F_U	2,556 %

Расчет электросети от общего щитка распределения до первой второй венткамеры осуществляется по данным из таблицы 11. Результаты расчета приведены в таблице 12.

Таблица 11 – Технические данные

Количество фаз М	3
Напряжение питания сети	220/380 В
Суммарная максимальная мощность на участке P_{MAX}	46 кВт
Приблизительная длина кабеля до венткамеры	12 м

Таблица 12 – Расчет потери напряжения

Расчет сечения провода при потере напряжения S_p	3,06мм ² –4мм ²
Мощность на участке линии P_L	46 кВт
Расчетный ток нагрузки одной фазы I_R	77,56А
Фактическая потеря напряжения на участке F_U	1,917 %

Расчет розеток питания общего назначения. Исходные данные приведены в таблице 13. Результаты расчета представлены в таблице 14.

Таблица 13 – Технические данные

Количество фаз М	3/1
Напряжение питания сети	220/380 В
Максимальная потребляемая мощность P_{MAX}	10 кВт
Приблизительная длина кабеля от до розетки	7 м

Таблица 14 – Расчет потери напряжения

Расчет сечения провода потери напряжения S_{p1F} 1ф	2,3мм2– 2,5мм2
Расчет сечения провода потери напряжения S_{p3F} 3ф	0,39мм2–0,5мм2
Расчетный ток нагрузки одной фазы I_{R1F}	46,38А
Расчетный ток нагрузки одной фазы I_{R3F}	16,86А
Фактическая потеря напряжения на участке F_{U1F}	1,458%
Фактическая потеря напряжения на участке F_{U3F}	0,648%

Таблица 15 – Технические данные

Параметр	Общ. сеть	1-й	2-й	1ф розетки	3ф розетки
Максимальный ток, А	173	77,56	77	46	16
Сечение фазных жил	16	6	4	4	1,5
Сопротивление петли «фаза-нуль» Z_{PFO}	2.74	7,28	10,94	10,94	29,1
Напряжение питающей сети	380	380	380	220	380
Ток короткого замыкания на одну фазу А	138	52,19	34,73	17,46	13,05
I_{AH} – номинальный ток ап- парата защиты, А.	100	40	30	15	10

Используя формулы рассчитывается защитный автомат. Исходные и расчетные значения приведены в таблице 15

Выполнение данного условия при выборе защитного автомата обеспечивает сохранность электропроводки, а так же пожарную и электробезопасность на объекте. Оптимальным вариантом является выбор защитного автомата с током защитного отключения 6А.

Неплохим выбором является устройство автоматического отключения производства отечественной фирмы АВВ – FH202AC УЗО 2Р 6А 30mA (АС)

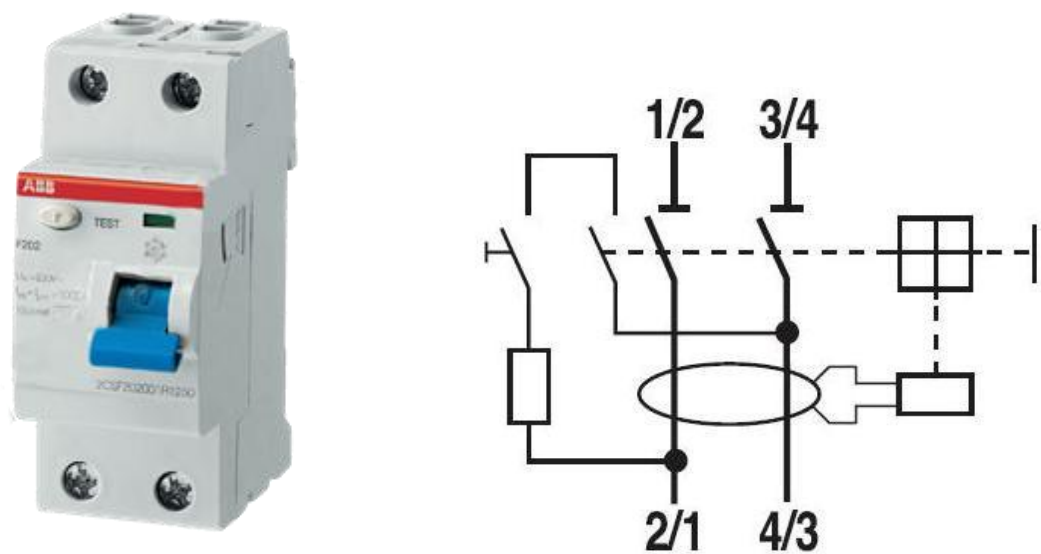


Рисунок 65 - устройство защитного отключения FН202АС

Технические характеристики данного устройства защитного отключения:

Назначение: защита от переменного синусоидального тока утечки на землю, защита при косвенном прикосновении и дополнительная защита при прямом ($I_{\Delta n}=30$ мА) прикосновении, отключение электропитания цепей с резистивными и индуктивными нагрузками.

Применение: жилые, коммерческие, промышленные объекты.

Соответствие стандартам: IEC/EN 61008

Напряжение, В: 230

Количество полюсов: 2

Номинальный дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ мА: 30

Номинальный ток I_n , А: 6

Тип: F202 AC-25/0.03

Монтаж на Din-рейку

Монтаж УЗО выполняется в общем щитке электропроводки вместе с остальными УЗО, которые служат для электроснабжения бытовых розеток, установок производственного назначения и т.д.



Рисунок 66 – Корпус электрощитка

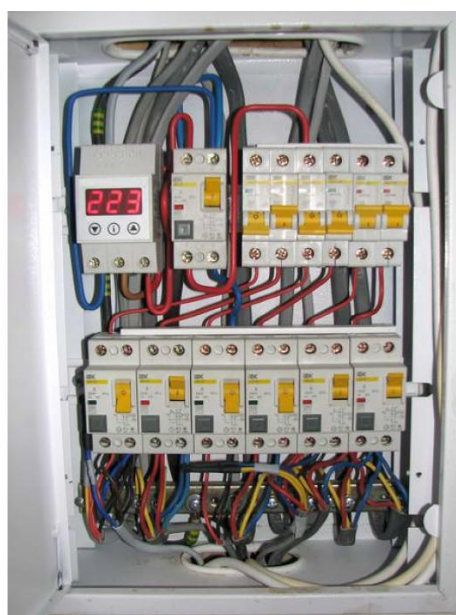


Рисунок 67 – Пример компоновки электрощита помещения

Данные работы по монтажу электропроводки осуществляются специалистом имеющим допуск к электроустановкам до 1000В, который специализируется на электромонтажных работах. Все изменения в электропроводке, вносятся

в общий проект здания. Важно чтобы корпуса световой установки были надежно заземлены. Аттестация электробезопасности и заземления проводится специализированной группой охраны труда

Заключение

В магистерской работе исследованы параметры цеха сварки и пайки ООО «Метролог».

Данный цех обладает достаточным количеством актуального и современного оборудования контактной и инверторной сварки. Большинство оборудования питается от 3-хфазной сети с напряжением 220/380В, что способствует развитию максимальной мощности сварочного оборудования в процессе сварки и пайки черных и цветных металлов.

В ходе выполнения работы был решен ряд задач, среди которых в первую очередь необходимо выделить следующие:

- анализ современных систем сварки;
- анализ параметров импульсной сварки;
- анализ номенклатуры сварочных источников;
- формирование задач оценки параметров сети;
- выбор средств для оценки несинусоидальности;
- проектирование структурных схем функционирования устройства системы;
- оценка эффективности предлагаемых решений.

В результате анализа были сформированы основные функции, которые должны быть реализованы в современной сварочной импульсной аппаратуре. Данное решение позволяет перейти непосредственно к физической реализации системы.

Для быстрой и полной адаптации с другими режимами, подающий механизм оснащен через ШИМ - модуляцией. Которая содержит удобную архитектуру.

Таким образом, в работе проведено исследование предметной области, разработана структура, спроектированы электрическая проводка и схема для цеха пайки и импульсной дуговой сварки.

Созданное в диссертационной работе решение соответствует актуальным техническим требованиям предприятия и сможет поддерживать это соответствие в течение всего жизненного цикла системы.

Список используемой литературы

1. Выпрямители вторичных источников электропитания: учебное пособие / П.А.Крестов : Рязань, - Изд-во Рязанск. гос. радиотехн. Университет - 2007. – 40 С.
2. Бокуняев А.А. Электропитание устройств связи / под ред. В.Е. Китаева / А.А.Бокуняев, - М.: Радио и связь, 1988. – 60с.
2. Иванов-Цыганов А. И. - Электропреобразовательные устройства РЭС / А.И.Иванов- Цыганов : М. : Изд-во «Высшая школа», 1991 г. – 201с.
3. Москатов Е.А. – Источники питания / Е.А.Москатов.– К.: «МК-Пресс», СПб : «Корона-ВЕК», 2011. – 208с.
4. Москатов Е.А. Справочник по полупроводниковым приборам / Е.А.Москатов Изд. 2. – Таганрог : Изд-во унив., 2011. - 219 с.
5. Березин О.К. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры / О.К. Березин, В.Г. Костиков, В.А.Шахнов. - М. : «Три Л», 2000. - 400с.
6. Бокуняев А.А. Электропитание устройств связи: Учебник для вузов/ А.А.Бокуняев, В.М.Бушуев, А.С.Жерненко и др./ Под ред. Ю.Д.Козляева. - М. : Радио и связь, 1998 .- 328с.
6. Конденсаторы окисдно-электролитические К50-24...К50-53: Справочник.. -СПб. : Изд-во РНИИ «Электростандарт», 1996.- 208с.
7. Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: Справочник/ А.Б.Гитцкевич, А.А.Зайцев, В.В. Мокряков и др./ Под редакцией А.В.Голомедова. - М. : КубК-а, 1996. - 528с.
8. Электромагнитные элементы радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Ю.С.Русин, И.Я.Гликман, А.Н.Горский. - М. : Изд-во «Радио и связь», 1991. -224с
9. Перельман Б.Л. Полупроводниковые приборы: Справочник / Б.Л.Перельман. М : Изд-во «СОЛОН», «МИКРОТЕХ», 1996. - 176с.

10. Сидоров И.Н. и др. Устройства электропитания бытовой РЭА: Справочник/ И.Н.Сидоров, М.Ф. Биннатов, Е.А.Васильев. - М. : Изд-во «Радио и связь», 1991. - 472с
11. Козляев Ю.Д., Рагулина Л.Г., Сажнев А.И. Электропитание устройств и систем связи. Методические указания по выполнению контрольной работы / Ю.Д. Козляев, Л.Г. Рагулина, А.И. Сажнев. - Новосибирск : СибГУТИ, 2001. - 43с.
12. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. - М. : Изд-во ДОДЭКА, 1997. - 224с
13. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база./М.Ю. Ме-ленников и др. - М. : ИТАР ТАСС, 1993. - 299с.
14. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: Учебное пособие/ К.С.Петров. - СПб. : Изд-во «Питер», 2003. - 512с.
15. Усатенко С.Г. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. / С.Г.Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В.Терехова. – М : Изд-во стандартов, 1989. -325с.
16. Галле К. Как проектировать электронные схемы: пер. с фр./К. Галле. — М. : ДМК Пресс, 2009. – 208с.
17. Каган Б.М. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики / Б.М.Каган, В.В. Сташин. — М. : Энергоатомиздат, 1987. – 304с.
18. Васильев А. А. Металлические конструкции. Изд. 3-е. - М. : Изд-во Стройиздат, 1979. – 156с.
19. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Выпуск 2 (Гос. комитет СССР по труду и социальным вопросам). - М. : Машиностроение, 1986. – 345с.
20. Ивочкин И. И. Сварка под флюсом с дополнительной присадкой / И.И. Ивочкин, Б.Д. Малышев. - М. : Стройиздат, 1981. - 203с.
21. Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих. Выпуск 1. Общеотраслевые квалификационные характери-

стики должностей руководителей, специалистов и служащих. - М. : Изд-во «Экономика», 1986. – 304с.

22. Китаев А. М. Справочная книга сварщика / А.М. Китаев, Я.А. Китаев. - М. : Машиностроение, 1985. – 231с.

23. Малышев Б. Д. Сварка и резка в промышленном строительстве: Справочник монтажника / Б.Д. Малышев, А.И. Акулов, Е.В. Алексеев, А.Н. Блинов и др. - М. : Стройиздат, 1980. – 342с.

24. Мотяхов М. А. Электродуговая сварка металлов. /М.А. Мотяхов. - М. : Высш. школа, 1975. -

25. Николаев Г. А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкции / Г.А. Николаев, С.А. Куркин, В.А. Винокуров. - М. : Высш. школа, 1982. - 315с.

26. Пешковский О. И. Сварка металлоконструкций /О.И. Пешковский, В.Б. Якубовский. М. : Высш. школа, 1978. – 156с.

27. Рыбаков В. М. Дуговая и газовая сварка / В.М.Рыбаков. - М. : Высш. школа, 1981. - 256 с.

28.Словарь-справочник по сварке / Под ред. академика АН УССР Хренова К. К.- Киев : Наукова думка, 1974. – 108с.

29. Справочник сварщика / под ред. Степанова В. В. изд. 4. - М. : Машиностроение, 1982. - 560 с.

30. Стеклов О. И. Основы сварочного производства / Стеклов О. И. - М. : Высш. школа, 1981.- 160 с.

31. Фоминых В. П., Яковлев А. П. Электросварка: изд. 4-е / В.П. Фоминых, А.П. Яковлев. – М. : Изд. 4-е. М., Высш. школа, 1976.- 288 с.

32. Чвертко А. И. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки / А.И.Чвертко, В.Е. Патон, В.А.Тимченко. - М. : Машиностроение, 1981.- 264 с.

33. Шебеко Л. П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки / Л.П. Шебеко. - М. : Высш. Школа, 1975. - 344 с.

34. Ханапетов М. В. Сварка и резка металлов. Изд. 2-е. / М.В.Ханапетов. - М. : Стройиздат, 1980. - 232 с.
35. Цай Т. Н., Борович М. К., Мандриков А. П. Строительные конструкции / Т.Н.Цай, М.К. Борович, А.П. Мандриков. - М.: Стройиздат, 1984. - 284 с.
36. Бобриков Б.В. Строительство мостов / Б.В.Бобриков, И.М. Русаков, А.А.Царьков. - М. : Транспорт, 1978.- 296 с.
37. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении / В.С. Виноградов. - М. : Машиностроение, 1981.- 224 с.
38. Власов С.Н. Транспортные и грузочные устройства и робототехника: Учебник для техникумов / С.Н.Власов, Б.И. Позднеев, Б.Я. Черпаков. - М. : Машиностроение, 1988.- 143с.
39. Гитлевич А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства: Учебник для техникумов: 2-е изд. перераб. / А.Д. Гитлевич, Л.А.Этингоф. – М. : Машиностроение, 1979. - 280с.
40. Ю.Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: 3-е изд., перераб. и доп. / М.М. Ю.Гохберг. - Л. : Машиностроение, 1976.- 456 с.
41. Диффузионная сварка материалов: Справочник / В.П. Антонов, В.А. Бачин, Г.В. Закорин и др. / под ред. Н.Ф.Казакова. - М. : Машиностроение, 1981.- 272с.
42. Друян В.М. Производство сварных труб / В.М. Друян, В.Ф.Балакин. - М. : Металлургия, 1981.- 184с.
43. Дуболазов В.А. Технология сборки интегральных микросхем: Учеб. пособие для вузов /В.А. Дуболазов, Ю.С.Синекол, Л.В.Томашпольский. – Киев :Вища школа, 1987. - 117с.
44. Дуговая сварка стальных трубных конструкций /И.А. Шмелева, М.З. Шейн-хин, И.В. Михайлов, Э.В. Островский.- М. : Машиностроение, 1986.- 235с.

45. Дьячков В.К. Подвесные конвейеры. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1976. 320 с.
46. Дятков С.В. Архитектура промышленных зданий / С.В. Дятков. - М.: Высшая школа, 1976. - 464 с.
47. Евстифеев Г.А. Средства механизации сварочного производства: Конструирование и расчет / Г.А. Евстифеев, И.С. Веретенников. - М.: Машиностроение, 1977. - 96 с.
48. Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления. Автоматизация производства и проектирование сварных конструкций: Учеб. пособие / Г.А. Николаев, С.А., В.А. Винокуров. - М.: Высшая школа, 1983. - 344 с.
49. Папков О.С. Контактные установки для сварки газонефтепроводов: Учебник для техн. училищ / О.С. Папков, В.М. Хоменко. - М.: Высшая школа, 1984. - 175 с.
50. Поповский Б.В. Изготовление и монтаж крупногабаритных листовых конструкций / Б.В. Поповский Б, В.Н. Дикун. - М.: Стройиздат, 1983. - 112 с.
51. Поповский Б.В. Сборка и монтаж крупногабаритных аппаратов и емкостей / Б.В. Поповский, Г.В. Линевиц. - М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
52. Проектирование металлических мостов: Учебник для студентов вузов / Под. ред. А.А. Петропавловского. - М.: Транспорт, 1982. - 320 с.
53. Проектирование сварных конструкций в машиностроении / С.В. Вершинский, В.А. Винокуров, В.Н. Земзин др. / Под ред. С.А. Куркина. - М.: Машиностроение, 1975. - 376 с.
54. Промышленные роботы: Конструирование, управление, эксплуатация / В.И. Костюк, А.П. Гавриш, Л.С. Ямпольский, А.Г. Каргов: Учеб. пособие для студентов втузов. - Киев: Вища школа, 1985. - 260 с.
55. Родионов Н.Н. Современные танкеры / Н.Н. Родионов. - Л.: Судостроение, 1980. - 278 с.
56. Руге Ю. Техника сварки: Справочник: Пер. с нем. / Ю.М. Руге. М.: Металлургия, 1984. - 552 с.

57. Рыбалко Н.В. Сборка металлических судов: Учебник для техн. училищ /Н.В. Рыбалко /2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Высшая школа, 1985. - 191 с.

58. Рыжков Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении: Организация и технология/ Рыжков Н.И. / 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980.- 376 с.

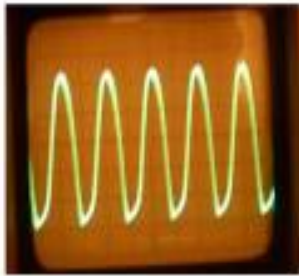
59. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4 т. / Ред. кол. Г.А. Николаев (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1978—1979. - 462с.

60. Сварка в СССР: Т.І. Развитие сварочной техники и науки о сварке. Технологические процессы, сварочные материалы и оборудование / Ред. кол. Ю.А. Анисимов и др. - М.: Наука, 1981.- 534 с.

61. Сварочные роботы: Пер. с нем. / В. Геттерт, Г. Герден, Х. Гюттнер и др. / Под ред. Г. Гердена.- М.: Машиностроение, 1988.- 288 с.

Оценка питающей сети

Среднее значение 20 итераций измерений для 1 фазы 220В с
оставили 219.2 2,5 В и для 3-х фаз 385.65.1 В



осциллограмма
питающей сети на хх



осциллограммы сети при сварке (ток 60А и 200А)



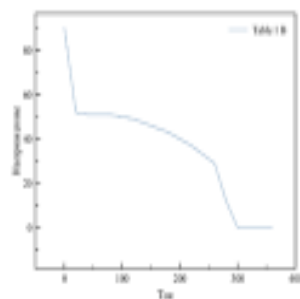
осциллограмма питающей сети на хх



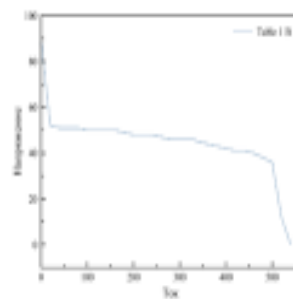
осциллограмма сети при сварке

При варке просадка напряжения составляла не более 5% (209В), а при
изменении тока до 200А, просадка составила около 15% (187В)

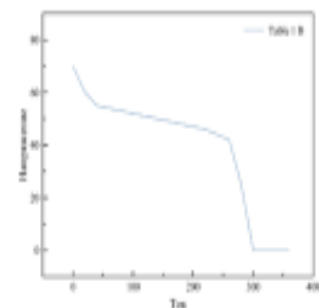
Результаты снятия ВАХ показали следующие результаты



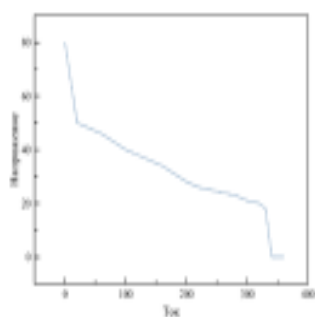
источник ВД-306сз



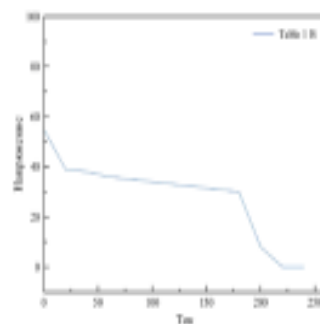
Brima mig 500-1



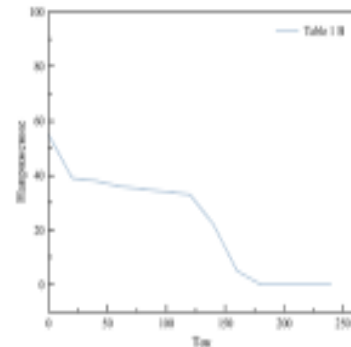
Mosa DSP 400 YSX



Lincoln electric invertec 400-SX



Neon ВД 221



Ресанта САИ250

Модернизация электрики цеха

Параметр	Общ. сеть	1-й	2-й	1ф розетки	3ф розетки
Максимальный ток, А $I_{\Delta N}$	173	77,56	77	46	16
Сечение фазных жил	16	6	4	4	1,5
Сопротивление петли «фаза-нуль» $Z_{\Sigma\Sigma}$	2,74	7,28	10,94	10,94	29,1
Напряжение питающей сети	380	380	380	220	380
Ток короткого замыкания на одну фазу А	138	52,19	34,73	17,46	13,05
– номинальный ток аппарата защиты, А.	100	40	30	15	10