

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Глава 1</b>	
<b>Немного истории.....</b>	<b>11</b>
1.1. Изобретение электросварки .....	11
1.2. Развитие электросварки в 20 веке .....	14
<b>Глава 2</b>	
<b>Основы дуговой сварки.....</b>	<b>16</b>
2.1. Электрическая дуга .....	16
Физическая сущность.....	16
Вольтамперная характеристика .....	17
Ручная сварка на постоянном токе .....	18
Полуавтоматическая сварка на постоянном токе .....	18
Сварка на переменном токе.....	18
2.2. Процесс сварки .....	19
Сварка неплавящимся электродом .....	20
Сварка плавящимся электродом .....	20
Перенос металла.....	22
2.3. Основные характеристики источников питания сварочной дуги .....	23
<b>Глава 3</b>	
<b>Симулятор LTspice IV.....</b>	<b>25</b>
3.1. Моделирование работы источника питания .....	25
Возможности моделирования.....	25
Программы моделирования электронных схем.....	25
Возможности программы LTspice IV.....	26
3.2. Работа программы LTspice IV.....	28
Запуск программы .....	28
Рисуем на ПК схему простейшего мультивибратора .....	29
Определение числовых параметров и типов компонентов схемы .....	33

Моделирование работы мультивибратора .....	37
3.3. Моделирование простейшего источника питания .....	44
Низковольтный источник постоянного тока .....	44
Тестовый узел .....	54

## **Глава 4**

<b>Сварочные источники переменного тока</b> .....	57
4.1. Особенности терминологии .....	57
4.2. Основные требования к сварочному источнику .....	58
4.3. Модель электрической дуги переменного тока .....	59
4.4. Сварочный источник с балластным реостатом (активным сопротивлением) .....	61
4.5. Сварочный источник с линейным дросселем (индуктивным сопротивлением) .....	63
4.6. Сварочный трансформатор .....	64
4.7. Как рассчитать индуктивность рассеяния? .....	67
Индуктивность рассеяния трансформатора с цилиндрическими обмотками .....	67
Индуктивность рассеяния трансформатора с разнесенными обмотками .....	69
Индуктивность рассеяния трансформатора с дисковыми обмотками .....	74
4.8. Требования к сварочному трансформатору .....	75
4.9. Классический источник переменного тока .....	76
Расчет сварочного трансформатора с развитым магнитным рассеянием .....	76
Расчет индуктивности рассеяния .....	80
Конструкция сварочного источника переменного тока .....	80
4.10. Сварочный источник Буденного .....	83
Пути уменьшения величины потребляемого тока .....	83
Конструктивно-электрическая схема сварочного источника Буденного .....	86
Общие принципы проектирования сварочного источника .....	87

Модель сварочного источника Буденного .....	89
Преодоление конструктивных ограничений сварочного источника Буденного .....	94
Определение габаритной мощности трансформатора.....	95
Выбор сердечника .....	96
Расчет обмоток .....	97
Расчет магнитного шунта .....	99
Расчет индуктивности рассеяния .....	100
Моделирование результатов расчета.....	100
Конструкция сварочного источника с альтернативной конструкцией трансформатора .....	104
4.1.1. Сварочный источник с резонансным конденсатором .....	107
Расчет сварочного источника с резонансным конденсатором .....	109
Расчет сварочного трансформатора .....	111
Проверка размещения обмоток в окне сварочного трансформатора.....	112
Расчет индуктивности рассеяния .....	113
Моделирование сварочного источника .....	114
4.1.2. Стабилизаторы дуги переменного тока .....	118
Особенности сварочной дуги переменного тока.....	118
Принцип действия стабилизатора дуги .....	119
Первая версия стабилизатора дуги .....	120
Детали .....	124
Вторая версия стабилизатора дуги .....	125
Детали .....	128
<b>Глава 5</b>	
<b>Сварочный источник для полуавтоматической сварки .....</b>	<b>129</b>
5.1. Основы полуавтоматической сварки.....	129
5.2. Расчеты элементов схемы .....	132
Определение параметров и расчет силового трансформатора источника.....	132

Процедура настройки модели .....	135
Расчет омического сопротивления обмоток.....	135
Расчет индуктивности и сопротивления обмоток трансформатора.....	136
Расчет габаритных размеров трансформатора.....	138
Завершение расчета трансформатора .....	139
Расчет дросселя источника подпиточного тока.....	140
<b>5.3. Описание конструкции простого источника для полуавтоматической сварки.....</b>	<b>141</b>
Схема простого источника для полуавтоматической сварки.....	141
Детали для сварочного полуавтомата .....	143
Конструкция и изготовление сварочного трансформатора .....	144
Конструкция дросселя .....	145
Подключение источника.....	146

## **Глава 6**

### **Сварочный источник для полуавтоматической сварки**

<b>с тиристорным регулятором .....</b>	<b>147</b>
6.1. Регулировка сварочного тока .....	147
6.2. Обеспечение непрерывности сварочного тока .....	148
6.3. Расчет сварочного трансформатора .....	155
6.4. Блок управления .....	157
6.5. Описание конструкции сварочного источника с тиристорным регулятором.....	158
Принципиальная электрическая схема .....	158
Детали .....	160
Конструкция сварочного трансформатора .....	160
Конструкция дросселя .....	162
Подключение источника.....	162

## **Глава 7**

### **Электронный регулятор сварочного тока .....** **163** |

7.1. Многопостовая сварка .....	163
---------------------------------	-----

Многоступенчатая сварка с подключением через индивидуальный балластный реостат .....	163
Электронный аналог балластного реостата ЭРСТ .....	163
7.2. Расчет основных узлов ЭРСТ .....	165
7.3. Описание ЭРСТ .....	176
Основные варианты защиты .....	176
Назначение основных узлов ЭРСТ .....	177
Принцип действия .....	177
Принцип работы и настройка блока А1 .....	178
Детали .....	180
Принцип работы и настройка блока А2 .....	181
Принцип действия стабилизатора .....	182
Детали .....	188
Настройка .....	188
Формирование внешних характеристик ЭРСТ .....	189
Принцип работы блока управления ЭРСТ .....	190
Принцип работы блока драйвера ключевого транзистора .....	192
Завершающая настройка ЭРСТ .....	194

## **Глава 8**

<b>Инверторный сварочный источник .....</b>	<b>196</b>
8.1. Немного истории .....	196
8.2. Общее описание источника .....	197
8.3. Рекомендации для самостоятельного изготовления ИСИ .....	201
8.4. Расчет трансформатора прямоходового преобразователя .....	203
8.5. Изготовление трансформатора .....	210
8.6. Расчет мощности потерь на транзисторах преобразователя .....	210
8.7. Расчет дросселя фильтра сварочного тока .....	214
8.8. Моделирование работы преобразователя .....	216
8.9. Расчет трансформатора тока .....	217
8.10. Расчет трансформатора гальванической развязки .....	219
8.11. ШИМ-контроллер TDA4718A .....	221

8.12. Принципиальная схема блока управления инверторного сварочного источника «RytmArc» .....	225
8.13. Формирование нагрузочной характеристики источника .....	230
8.14. Методика настройки БУ .....	233
8.15. Выносной пульт управления (модулятор) .....	234
8.16. Использование альтернативного ШИМ-контроллера .....	239
8.17. Трансформаторный драйвер .....	244
8.18. Демпфирующая цепь, не рассеивающая энергию .....	248

## **Глава 9**

### **Инверторный сварочный источник COLT-1300 .....**

9.1. Общее описание .....	254
О чем эта глава .....	254
Назначение .....	254
Основные характеристики .....	255
9.2. Силовая часть .....	255
Данные motочных узлов .....	260
9.3. Блок управления .....	262
Функциональная схема .....	262
Принцип действия .....	263
Принципиальная схема .....	265
Реализация функции Anty-Stick .....	265
Реализация функции Arc Force .....	267
9.4. Настройка .....	267

## **Глава 10**

### **Полезная информация .....**

10.1. Как испытать неизвестное железо? .....	268
10.2. Как рассчитать трансформатор? .....	269
10.3. Как рассчитать дроссель с сердечником? .....	276
Особенности расчета .....	276
Пример расчета дросселя № 1 .....	279

Пример расчета дросселя № 2 .....	280
Пример расчета дросселя № 3 .....	283
10.4. Расчет дросселей с порошковым сердечником .....	285
Преимущества порошковых сердечников .....	285
Адрес программы Inductor Design Software и ее установка .....	288
Функции автоматического расчета программы Inductor Design Software .....	289
Дополнительные функции программы Inductor Design Software .....	298
Панель меню программы Inductor Design Software .....	299
Пример расчета дросселя в программе Inductor Design Software .....	302
Программа Magnetics Inductor Design Using Powder Cores.....	307
Пример расчета дросселя в программе Magnetics Inductor Design Using Powder Cores.....	310
10.5. Как рассчитать радиатор? .....	312
10.6. Гистерезисная модель нелинейной индуктивности симулятора LTspice.....	317
Краткое описание гистерезисной модели нелинейной индуктивности .....	317
Выбор параметров гистерезисной модели нелинейной индуктивности .....	322
10.7. Моделирование сложных электромагнитных компонентов при помощи LTspice.....	330
Проблема моделирования.....	330
Принцип подобия электрических и магнитных цепей .....	331
Двойственность физических цепей.....	333
Модель неразветвленной магнитной цепи.....	334
Моделирование разветвленной магнитной цепи.....	337
Моделирование сложной магнитной цепи .....	338
Адаптация модели для магнитных цепей, работающих с частичным или полным подмагничиванием.....	340
Создание модели интегрированного магнитного компонента.....	343

---

10.8. Как изготовить сварочные электроды? ..... 346

**Приложение** ..... 349

1. Параметры командной строки программы LTspice IV ..... 349

2. Перечень схемных элементов симулятора LTspice IV (таблица 2) ..... 350