

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

## **КОМПОНЕНТЫ ЗАРУБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства в качестве  
пособия для студентов высших учебных заведений группы специальностей  
74 06 «Агроинженерия»*

Минск  
БГАТУ  
2012

УДК [621.3.04+621.382](075.8)

ББК 31.264я7+32.85я7 я 73

К 63

Авторы:

доктор технических наук, профессор И. Н. Шило,  
доктор технических наук, профессор А. И. Бобровник,  
заведующий лабораторией электронных систем В. Г. Левков,  
кандидат технических наук, доцент В. И. Пачинин

Рецензенты:

заведующий кафедрой электроники БГУИР, кандидат технических наук,  
доцент *С. В. Дробот*;  
заведующий кафедрой информатики МГВРК, кандидат технических наук,  
доцент *Ю. А. Скудняков*

К 63     **Компоненты зарубежных электрических и электронных систем** : пособие  
/ И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 264 с.  
ISBN 978-985-519-454-6.

Представлены компоненты электрооборудования (предохранители, лампы, переключатели, счетчики и таймеры, разъемы, кабели, катушки и дроссели, резисторы, потенциометры, конденсаторы, кабели, трансформаторы, источники питания и др.), а также электронные компоненты схем (диоды, транзисторы, тиристоры, операционные усилители, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, различные датчики, запоминающие устройства, персональные компьютеры и др.).

Наряду со справочными данными, сформулированы основные понятия, определения, имеются сведения о моделях компонентов, их маркировке, даны принципы работы приборов и устройств с необходимыми пояснениями, представлены характеристики и функциональные зависимости между параметрами, рассмотрены нормативные документы и единицы измерения, даются рекомендации для практических расчетов режимов и параметров, выбора комплектующих. Особое внимание уделено вопросам энергопотребления, срокам службы, правилам безопасности.

Предназначено для студентов группы специальностей-74 06 «Агроинженерия».

УДК [621.3.04+621.382](075.8)

ББК 31.264я7+32.85я7 я 73

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	11
<b>1. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ</b> .....	13
1.1. Характеристики предохранителей .....	13
1.2. Типы предохранителей .....	15
<b>2. УСТРОЙСТВА ОСТАТОЧНОГО ТОКА</b> .....	18
2.1. Токи повреждения .....	18
2.2. Принцип прерывания тока повреждения .....	19
2.3. Конструкция устройства защитного отключения .....	19
<b>3. СВЕТ И ЛАМПЫ</b> .....	21
3.1. Маркировка источников света .....	21
3.2. Технические световые параметры и единицы измерения .....	22
3.3. Типы ламп .....	27
3.3.1. Лампы накаливания .....	27
3.3.2. Галогенные лампы накаливания .....	28
3.3.3. Флуоресцентные лампы .....	29
3.3.4. Лампы на светоизлучающих диодах (лампы СИД) .....	29
3.3.5. Неоновые лампы .....	30
3.3.6. Цоколи ламп накаливания .....	31
<b>4. ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ И РЕЛЕ</b> .....	33
4.1. Переключатели .....	33
4.2. Функциональное описание .....	34
4.3. Реле .....	35
4.3.1. Контактная функция .....	36
4.3.2. Специальные реле .....	36
4.4. Защита контактов .....	37
4.4.1. Емкостные нагрузки .....	37
4.4.2. Индуктивные нагрузки .....	37
4.5. Датчики .....	39
<b>5. ИМПУЛЬСНЫЕ СЧЕТЧИКИ И ТАЙМЕРЫ</b> .....	44
5.1. Импульсные счетчики .....	44
5.2. Таймеры .....	44
<b>6. АВАРИЙНЫЕ СИГНАЛИЗАТОРЫ</b> .....	46
<b>7. ВЕНТИЛЯТОРЫ</b> .....	47
7.1. Выбор вентиляторов .....	48
<b>8. ТЕПЛОТВОДЫ</b> .....	49
<b>9. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ И МОТОРЫ</b> .....	52
9.1. Тяговые и толкающие магниты .....	52
9.2. Электродвигатели небольшой мощности .....	52

<b>10. ПНЕВМАТИКА</b> .....	54
10.1. Пневмоцилиндры .....	54
10.2. Клапаны направления .....	55
10.3. Клапан 3/2 (три окна/два положения) .....	55
10.4. Клапан 4/2 (четыре окна/два положения) .....	56
10.5. Клапан 5/2 (5 окон/2 положения) .....	57
10.6. Обратный и дроссельный клапаны .....	57
10.7. Клапаны регулирования давления .....	58
10.8. Элементы пневмосистемы .....	58
10.9. Передача мощности .....	59
<b>11. РАЗЪЕМЫ</b> .....	61
11.1. Методы соединений .....	63
11.1.1. Пайка .....	63
11.1.2. Обжимка .....	64
11.1.3. Соединение с прорезанием изоляции (I DC – Insulation Displacement Connection) .....	64
11.1.4. Прессовая подгонка .....	64
11.1.5. Монтаж накруткой проводов .....	65
11.1.6. Монтаж контактной сваркой .....	65
11.2. Фиксированные соединения .....	65
11.3. Применения разъемов .....	65
11.3.1. Двухполюсные разъемы по DIN .....	65
11.3.2. Пятиполюсные разъемы по DIN .....	66
11.3.3. Фоноразъемы .....	67
11.3.4. Телештекеры и телегнезда (штекеры питания) .....	67
11.3.5. Разъемы «XLR» .....	67
11.3.6. «S»-видеоразъем .....	68
11.3.7. Разъем «SCART» (Европейский унифицированный разъем) .....	68
<b>12. ВОЛОКОННО–ОПТИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ</b> .....	70
<b>13. ПРОИЗВОДСТВО ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ</b> .....	73
13.1. Непосредственный перенос .....	73
13.2. Фотографический перенос .....	73
13.3. Размерность проводников из фольги .....	76
13.3.1. Сопротивление проводников из фольги .....	76
13.3.2. Максимальный ток и минимальное расстояние (шаг) между дорожками .....	76
<b>14. КАБЕЛИ</b> .....	78
14.1. Проводящие материалы .....	78
14.1.1. Коаксиальный кабель .....	80
14.1.2. Кабельные витые пары .....	80
14.1.3. Высокотемпературные кабели .....	
14.2. Коды кабелей .....	81
14.2.1. Силовые и монтажные кабели – коды согласно стандартам CENELEC .....	82
14.2.2. Силовые, управляющие и монтажные кабели – коды согласно Шведскому стандарту SS4241701 .....	85
14.2.3. Телекоммуникационные кабели – коды в соответствии со Шведским стандартом SS4241675 .....	87
14.2.4. Цветное кодирование и нумерация кабелей .....	89
14.2.5. Таблица размеров AWG (США) .....	90

<b>15. КАТУШКИ И ДРОССЕЛИ</b> .....	94
15.1. Области применения .....	94
15.2. Импеданс катушки .....	95
15.3. Резонанс .....	96
15.4. Расчеты катушек без сердечников .....	97
15.5. Катушки с сердечниками .....	100
15.6. Магнитное поле .....	102
15.7. Магнитная проницаемость .....	103
15.8. Магнитные потери .....	104
15.9. Поверхностный эффект («скин-эффект») .....	105
15.10. Расчеты катушек с сердечниками .....	107
15.11. Магнитная индукция стержня .....	108
15.12. Нагрев сердечников .....	110
15.13. Температурная зависимость .....	110
15.14. Магнитные единицы измерения .....	111
<b>16. РЕЗИСТОРЫ</b> .....	112
16.1. Частотная зависимость .....	114
16.2. Температурная зависимость .....	115
16.3. Шум .....	117
16.4. Зависимость от напряжения .....	118
16.5. Конструкция резисторов .....	118
16.5.1. Угольный композитный резистор .....	118
16.5.2. Угольные пленочные резисторы .....	119
16.5.3. Металлопленочный резистор .....	119
16.5.4. Толстопленочный резистор .....	120
16.5.5. Тонкопленочные резисторы .....	120
16.5.6. Металлооксидные резисторы .....	120
16.5.7. Резистивные схемы .....	121
16.5.8. Проволочные резисторы .....	121
16.5.9. Резисторы «NTC» (с отрицательным температурным коэффициентом) .....	122
16.5.10. Резисторы «PTC» (с положительным температурным коэффициентом) .....	123
16.5.11. Варистор (резистор, зависимый от напряжения) [VDR] .....	124
16.5.12. Фоторезисторы .....	125
16.6. Закон Ома .....	126
<b>17. ПОТЕНЦИОМЕТРЫ</b> .....	129
17.1. Панельные потенциометры .....	130
17.2. Прецизионный потенциометр .....	130
17.3. Подстроечные триммерные потенциометры .....	130
17.4. Ослабительные адаптеры .....	131
17.5. Джойстик .....	131
<b>18. КОНДЕНСАТОРЫ</b> .....	137
18.1. Сферы применения конденсаторов .....	141
18.2. Типы конденсаторов .....	142
18.2.1. Пленочные конденсаторы .....	142
18.2.2. Бумажные конденсаторы .....	144
18.2.3. Керамические конденсаторы .....	145
18.2.4. Слюдяные конденсаторы .....	147

18.2.5. Электролитические конденсаторы .....	148
18.2.5.1. Мокрые алюминиевые электролитические конденсаторы .....	148
18.2.5.2. Танталовые электролитические конденсаторы .....	151
18.2.6. Двухслойный конденсатор .....	152
<b>19. ДИОДЫ, ТРАНЗИСТОРЫ И ТИРИСТОРЫ .....</b>	<b>154</b>
19.1. Общие сведения о полупроводниках .....	154
19.2. Диоды .....	155
19.2.1. Выпрямительные диоды .....	156
19.2.2. Лавинные диоды .....	156
19.2.3. Переключающие диоды .....	157
19.2.4. Диоды малой утечки тока .....	157
19.2.5. Диоды Зенера (стабилитроны) .....	157
19.2.6. Варикапы .....	157
19.2.7. Динистор (диодный тиристор) .....	158
19.2.8. Диоды ограничения тока .....	158
19.2.9. Туннельные диоды .....	158
19.2.10. PiN-диоды .....	158
19.2.11. Диод Ганна .....	159
19.2.12. Светоизлучающие диоды (СИД) (LEDs) .....	159
19.2.13. Солнечные батареи .....	160
19.3. Транзисторы .....	160
19.3.1. Основные транзисторные схемы .....	163
19.3.2. Некоторые замечания по схеме с общим эмиттером .....	166
19.4. Тиристоры .....	166
19.5. Системы обозначения полупроводников .....	167
19.5.1. Европейская система ProElectron .....	168
19.5.2. Американская система JEDEC .....	168
19.5.3. Японская система J I S .....	169
19.6. Электронные лампы .....	170
19.6.1. Европейские стандартные обозначения .....	170
19.6.2. Американские стандартные обозначения .....	171
<b>20. ОПТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ .....</b>	<b>172</b>
20.1. Светоизлучающие диоды (LEDs) .....	172
20.2. Приемники светового излучения (детекторы света) .....	173
20.2.1. Фотодиоды .....	173
20.2.2. Фотопроводники или фоторезисторы .....	173
20.2.3. PIN-диоды .....	173
20.2.4. Фототранзисторы .....	174
20.2.5. Лавинные фотодиоды .....	174
20.3. Оптопары (оптроны) .....	174
20.4. Лазер .....	174
20.5. Дисплеи .....	175
20.5.1. Жидкокристаллические дисплеи [LCDs] .....	175
20.5.2. Дисплеи «LCD – cSTN» .....	176
20.5.3. Дисплеи LCD – TFT .....	176
20.5.4. Дисплеи «LCD – LTPS – TFT» .....	176
20.5.5. Электролюминесцентные дисплеи «EL» .....	176
20.5.6. Плазменные (газоразрядные) дисплеи .....	177
20.5.7. Вакуумные флуоресцентные дисплеи .....	177

20.5.8. Электронно-лучевые трубки .....	177
20.5.9. Дисплейные модули.....	177
<b>21. ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ .....</b>	<b>179</b>
21.1. Усилитель крутизны .....	180
21.2. Компараторы .....	181
21.3. Приборные усилители .....	181
21.4. Усилитель с единичным усилением.....	181
21.5. Усилитель малой мощности.....	181
21.6. Видеоусилитель.....	182
21.7. Малошумный усилитель .....	182
21.8. Развязывающий усилитель.....	182
<b>22. АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ (А/Д) И ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ (D/A) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ .....</b>	<b>185</b>
22.1. Аналого-цифровые преобразователи .....	185
22.2. Цифро-аналоговые преобразователи (D/A).....	189
<b>23. ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ .....</b>	<b>190</b>
23.1. Биполярные семейства .....	190
23.1.1. Транзисторно-транзисторная логика «74 – Стандарт – ТТЛ» (74 Standard-TTL) .....	191
23.1.2. Транзисторно-транзисторная логика с барьером Шоттки (74 S Schottky-TTL).....	191
23.1.3. Усовершенствованная ТТЛ логика «74 AS Шоттки-ТТЛ» (74 AS Advanced Schottky – TTL).....	191
23.1.4. Маломощная ТТЛ Шоттки-логика (74 LS Low Power Schottky – TTL) .....	192
23.1.5. Усовершенствованная маломощная логика ТТЛ Шоттки (74 ALS Advanced Low Power Schottky – TTL) .....	192
23.1.6. Семейство быстродействующей ТТЛ логики (74 F Fast – TTL).....	192
23.2. Семейства КМОП (CMOS).....	193
23.2.1. Семейство «4000» .....	193
23.2.2. Семейство «74 С».....	193
23.2.3. Семейства «74 НС» и «74 НС 4000» .....	193
23.2.4. Семейство «74 НСТ» .....	193
23.2.5. Семейство ACL .....	193
23.2.6. Семейство FCT .....	194
23.2.7. Семейство усовершенствованных высокоскоростных КМОП-схем .....	194
23.3. Семейства БиКМОП (BiCMOS) .....	194
23.3.1. Семейство ВСТ.....	194
23.3.2. Семейство АВТ .....	195
23.4. Низковольтные семейства .....	195
23.4.1. Усовершенствованное низковольтное семейство БиКМОП типа ALB.....	195
23.4.2. Усовершенствованное низковольтное семейство КМОП типа ALVC .....	195
23.4.3. Усовершенствованное сверхнизковольтное семейство КМОП типа AVC.....	195
23.4.4. Усовершенствованное низковольтное семейство БиКМОП типа ALVT .....	196
23.4.5. Низковольтное семейство КМОП типа LVC.....	196
23.4.6. Низковольтное семейство БиКМОП типа LVT .....	196

23.5. Специальные логические семейства .....	197
23.5.1. Усовершенствованная технология БиКМОП. Усиленная приемо-передающая логика (ABTE/ETL) .....	197
23.5.2. Приемо-передающая логика (backplane) типа BTL/FT+ .....	197
23.5.3. Логика типа GTL/GTLP (Gunning Transceiver Logic och Gunning Transceiver Logic Plus) .....	197
23.6. Более ранние логические семейства .....	197
23.6.1. Логика с эмиттерными связями типа ECL .....	197
23.6.2. Резисторно-транзисторная логика (RTL) .....	197
23.6.3. Диодно-транзисторная логика (DTL) .....	198
23.6.4. Семейства DTLZ, HLL, HNL .....	198
23.7. Выходы .....	198
23.8. Некоторые правила проектирования .....	200
23.9. Программируемые логические схемы .....	201
23.9.1. Логическое устройство SPLD .....	201
23.9.2. Устройство CPLD .....	201
23.9.3. Устройство FPGA .....	202
23.9.4. Устройство FPIC .....	202
23.10. Описательный язык VHDL .....	202
23.11. Микропроцессоры .....	203
23.11.1. Микрокомпьютеры .....	203
23.11.1.1. Микрокомпьютеры ФЛЭШ .....	204
23.11.1.2. Микрокомпьютеры с EPROM .....	204
23.11.1.3. Микрокомпьютеры с EEPROM .....	205
<b>24. СХЕМЫ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ (ЗУ) .....</b>	<b>208</b>
24.1. Оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) (Volatile Memories) .....	208
24.1.1. Запоминающие устройства DRAM (Dynamic Random Access Memory) .....	208
24.1.2. Запоминающее устройство FPM (Fast Page Mode) .....	209
24.1.3. Запоминающее устройство EDO (Extended Data Output) .....	209
24.1.4. Запоминающее устройство SDRAM (Synchronous DRAM) .....	209
24.1.5. Запоминающее устройство DDR-SDRAM (Double Data Rate Synchronous DRAM) .....	209
24.1.6. Устройство D-RDRAM (Direct Rambus DRAM) .....	209
24.1.7. Запоминающее устройство SRAM (Static Random Access Memory) .....	210
24.2. ЗУ, сохраняющие информацию при отключении электропитания (ПЗУ) (Non-volatile memories) .....	211
24.2.1. Запоминающее устройство FLASH EPROM .....	211
24.2.2. Запоминающее устройство EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) .....	211
24.2.3. Запоминающее устройство EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory) .....	212
24.2.4. Запоминающее устройство PROM (Programmable Read Only Memory) .....	212
24.2.5. Запоминающее устройство ROM (масочное ПЗУ) (Read Only Memory) .....	212
<b>25. ТРАНСФОРМАТОРЫ .....</b>	<b>213</b>
25.1. Трансформатор электропитания (Mains Transformer) .....	213
25.2. Автотрансформатор .....	214



25.3. Трансформатор с переменным коэффициентом трансформации (Variable Transformer) .....	215
25.4. Изолирующий трансформатор (Isolating Transformer) .....	215
25.5. Безопасный изолирующий трансформатор (Safety Isolating Transformer).....	215
25.6. Трансформатор для игрушек (Toy Transformer).....	216
25.7. Звонковый трансформатор (Bell Transformer) .....	216
25.8. Низкочастотный трансформатор (Low frequency Transformer).....	216
25.9. Выходной трансформатор (Output Transformer) .....	217
25.10. Малогабаритные низкочастотные трансформаторы (Small Low Frequency Transformer) .....	217
25.11. Модемный трансформатор (Modem Transformer).....	218
25.12. Трансформатор промежуточной частоты (Intermediate Frequency Transformer) .....	218
25.13. Трансформатор тока (Current Transformer).....	218
25.14. Трансформатор переключения .....	218
25.15. Импульсные высокочастотные трансформаторы с ферритовыми сердечниками .....	219
<b>26. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ</b> .....	<b>220</b>
26.1. Помехи .....	221
26.2. Фильтр.....	222
26.3. Трансформатор подавления помех.....	222
26.4. Магнитный стабилизатор .....	222
<b>27. БЕСПЕРЕБОЙНОЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ (Uninterruptible Power Supply = UPS)</b> .....	<b>224</b>
27.1. Система «он-лайн» (бесперебойное электропитание).....	224
27.2. Система «офф-лайн» (Резервное питание = SPS) .....	225
<b>28. БАТАРЕИ</b> .....	<b>227</b>
28.1. Первичные батареи .....	227
28.2. Вторичные батареи .....	229
28.2.1. Свинцово-кислотные батареи .....	230
28.2.1.1. Зарядка .....	231
28.2.1.2. Разрядка.....	231
28.2.1.3. Срок службы.....	232
28.2.1.4. Преимущества и недостатки свинцово-кислотных батарей.....	232
28.3. Никель-кадмиевые перезаряжаемые аккумуляторы (NiCd).....	233
28.3.1. Зарядка .....	234
28.3.2. Быстрая зарядка (0,5-1,5 С).....	235
28.3.3. Непрерывный («дозовый») подзаряд .....	236
28.3.4. Разрядка.....	236
28.3.5. Срок службы.....	237
28.3.6. Преимущества и недостатки никеле-кадмиевых Аккумуляторов .....	237

28.4. Никель-металлические гибридные аккумуляторы (NiMH) .....	238
28.4.1. Зарядка .....	239
28.4.2. Быстрая зарядка .....	239
28.4.3. Непрерывный «дозовый» подзаряд (Trickle Charging) .....	239
28.4.4. Разрядка .....	240
28.4.5. Срок службы .....	240
28.4.6. Преимущества и недостатки никеле-металлических гибридных батарей (NiMH) .....	240
28.5. Литиево-фосфатные (LiFePO <sub>4</sub> ) аккумуляторы .....	241
28.6. Литиево-полимерные (Li-pol) аккумуляторы .....	241
<b>29. СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ</b> .....	<b>243</b>
<b>30. ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ (PC)</b> .....	<b>246</b>
30.1. История создания .....	246
30.2. Центральный блок обработки информации (CPU) Микропроцессора .....	247
30.3. RISC-архитектура и CISC-архитектура .....	247
30.4. Шинная структура, магистрали компьютера .....	250
30.5. Основная память .....	250
30.6. Вторичная память .....	251
30.7. Методы массового хранения информации .....	252
30.8. ПЗУ – Базовая система ввода/вывода ФЛЭШ – память – БС Ввода/Вывода (ROM-BIOS/FLASH-BIOS) .....	255
30.8.1. ФЛЭШ-ПЗУ .....	255
30.8.2. Устройства «ввода» и «вывода» (BIOS) .....	256
30.8.3. Шины расширения .....	256
30.8.4. Устройства «ввода» и «вывода». Раздельные шины процессора и шина расширения .....	257
30.8.4.1. Устройства «ввода» .....	258
30.8.4.2. Устройства «вывода» .....	258
30.8.4.3. Исторический обзор графических стандартов .....	259
30.8.4.4. Графика высокого разрешения .....	259
30.8.4.5. Кабельные сборки по стандарту VGA .....	260
30.8.4.6. Порты присоединения внешних устройств .....	261
30.9. Словарь некоторых компьютерных составных частей .....	261
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	<b>263</b>