

Издательство «Додэка-XXI» представляет новую книгу



# **ФИЗИКА. ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ Книга 2.**

## **Электричество, магнетизм. Теория, методы расчета, практические устройства**

<b>Автор:</b>	<b>Бёрд Дж.</b>
<b>Издательство:</b>	<b>«Додэка-XXI»</b>
<b>ISBN:</b>	<b>978-5-94120-088-7</b>
<b>УДК</b>	<b>53(035)</b>
<b>ББК</b>	<b>22.3я2</b>
<b>Объем:</b>	<b>560 стр.</b>
<b>Формат:</b>	<b>84x108 1/32</b>
<b>Тираж</b>	<b>2000</b>
<b>Дата выпуска:</b>	<b>Ноябрь 2006г.</b>

В популярном справочнике «Физика. От теории к практике» (перевод британского справочника «Newnes Engineering Science», выдержавшего три издания) представлены методы, формулы, диаграммы и справочные данные основных разделов физики.

Для удобства читателей в русском варианте справочник издаётся в двух книгах. Первая содержит сведения по механике (с элементами сопротивления материалов, деталей машин и механизмов), оптике, термо- и гидродинамике. Вторая посвящена электричеству и магнетизму (с элементами электротехники, электроники и радиотехники). Справочник уникален, его характерной особенностью является нечасто встречающееся в популярной отечественной литературе сочетание теоретических положений с их практическим применением.

Вторая книга справочника насыщена описаниями электротехнических устройств — от элементарных конденсаторов, электромеханических реле и электрических звонков до мощных электродвигателей и электрогенераторов. Уделено внимание устройству полупроводниковых приборов и расчетам схем, содержащих такие приборы. Подробно изложены методы расчетов электрических схем постоянного и переменного тока, в том числе с привлечением комплексных чисел. Не забыты принципы работы и применение операционных усилителей, цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей. Кратко рассмотрены способы передачи и особенности прохождения электрических сигналов по каналам связи.

Справочник адресован широкому кругу читателей — студентам, учащимся технических колледжей, инженерам и всем, интересующимся техникой. Он особенно полезен практикам, желающим повысить уровень теоретических знаний, а также позволяет в необходимых случаях освежить свой научный багаж и вспомнить полузабытые формулы.

## **Оглавление**

Часть третья

### **ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ И МАГНИТОВ К ЭЛЕКТРО- ГЕНЕРАТОРАМ, ТРАНЗИСТОРАМ И КАНАЛАМ СВЯЗИ**

<b>40. Введение в электрические цепи .....</b>	<b>20</b>
Символьные обозначения электрических компонентов .....	20
Блок-схемы электрических/электронных систем .....	20

Электрический ток и количество электричества .....	22
Электрический потенциал и ЭДС .....	23
Сопротивление и проводимость .....	24
Основные электроизмерительные приборы .....	25
Линейные и нелинейные компоненты электрических схем .....	25
Закон Ома .....	26
Множители и делители .....	27
Проводники и изоляторы .....	27
Электрическая мощность .....	28
Электроэнергия .....	28
Основные эффекты электрического тока .....	29
Предохранители .....	29
<b>41. Электрическое сопротивление материалов .....</b>	<b>31</b>
Сопротивление и удельное сопротивление .....	31
Температурный коэффициент сопротивления .....	32
Цветовое кодирование резисторов и их омические значения .....	34
<b>42. Химические эффекты электричества .....</b>	<b>36</b>
Электролиз .....	36
Электролитическое осаждение .....	36
Гальванический элемент .....	37
Коррозия .....	39
ЭДС и внутреннее сопротивление гальванического элемента .....	39
Первичные элементы .....	41
Вторичные элементы .....	42
Ёмкость гальванического элемента .....	45
<b>43. Последовательные и параллельные цепи .....</b>	<b>47</b>
Последовательные цепи .....	47
Делитель напряжения .....	48
Параллельные цепи .....	49
Распределение тока .....	50
Лампы накаливания в последовательном и параллельном включении .....	52
<b>44. Ёмкость и конденсаторы .....</b>	<b>54</b>
Электростатическое поле .....	54
Напряжённость электрического поля .....	55
Ёмкость .....	56
Конденсаторы .....	57
Плотность электрического потока .....	57
Диэлектрическая проницаемость .....	58
Плоский конденсатор .....	59
Последовательно и параллельно соединённые конденсаторы .....	60
Электрическая прочность .....	64
Энергия заряженного конденсатора .....	65
Конструкции конденсаторов .....	65
Разрядка конденсаторов .....	68
<b>45. Магнитные цепи .....</b>	<b>69</b>
Магнитные поля .....	69

Магнитный поток и плотность потока .....	70
Магнитодвижущая сила и напряжённость магнитного поля .....	71
Магнитная проницаемость и кривые намагничивания .....	72
Магнитное сопротивление .....	74
Комбинированные последовательные магнитные цепи .....	74
Аналогия между электрическими и магнитными величинами .....	75
Гистерезис и потери на гистерезис .....	75
Потери на вихревые токи .....	79
Графический метод определения потерь на гистерезис и вихревые токи .....	81
<b>46. Магнитные материалы.....</b>	<b>83</b>
Магнитные свойства материалов .....	83
Непостоянные магнитные материалы .....	86
Постоянные магнитные материалы .....	89
<b>47. Электромагнетизм.....</b>	<b>91</b>
Магнитное поле электрического тока.....	91
Электромагниты.....	93
Проводник с током в магнитном поле.....	96
Принцип работы простейшего электродвигателя постоянного тока.....	99
Принцип работы магнитоэлектрических измерительных приборов .....	100
Сила, действующая на заряд.....	101
<b>48. Электромагнитная индукция и индуктивность .....</b>	<b>103</b>
Электромагнитная индукция .....	103
Законы электромагнитной индукции.....	104
Индуктивность .....	106
Катушки индуктивности .....	107
Энергия, запасённая катушкой индуктивности .....	108
Индуктивность катушки .....	109
<b>49. Магнитосвязанные контуры .....</b>	<b>110</b>
Взаимная индуктивность .....	110
Коэффициент связи .....	111
Катушки индуктивности, соединённые последовательно.....	112
Связанные контуры .....	113
Правило точки для связанных контуров .....	118
<b>50. Электрические измерительные приборы и измерения.....</b>	<b>121</b>
Аналоговые измерительные приборы .....	121
Шунтирующие и балластные резисторы.....	125
Электронные измерительные приборы .....	126
Омметр.....	127
Универсальные измерительные приборы.....	128
Ваттметры.....	128
Эффект «нагрузки».....	129
Электронно-лучевой осциллограф.....	129
Децибелы (отношения логарифмов).....	132
Нулевой метод измерений .....	134
Мост сопротивлений Уитстона .....	135
Потенциометр постоянного тока.....	135

Куметр (измеритель добротности).....	136
Ошибки измерений.....	137
<b>51. Полупроводниковые диоды.....</b>	<b>139</b>
Проводники, полупроводники, изоляторы.....	139
Кремний и германий.....	140
Материалы <i>n</i> - и <i>p</i> -типа .....	140
<i>p-n</i> -переход.....	141
Прямое и обратное смещение.....	143
Полупроводниковые диоды .....	145
Выпрямитель переменного тока.....	146
<b>52. Транзисторы .....</b>	<b>148</b>
Биполярный транзистор .....	148
Принцип работы транзистора.....	150
Обозначения транзисторов в схемах.....	152
Схемы включения транзисторов .....	152
Рабочие характеристики транзисторов.....	153
Методика получения характеристик транзистора.....	155
Транзистор как усилитель.....	156
Линия нагрузки .....	160
Коэффициенты усиления по току и напряжению.....	163
Тепловой проб'ой и способы его предотвращения .....	164
<b>53. Теория цепей постоянного тока.....</b>	<b>167</b>
Введение .....	167
Законы Кирхгофа.....	167
Принцип суперпозиции.....	170
Предварительный анализ цепей постоянного тока .....	172
Теорема Тевенина—Гельмгольца .....	176
Генератор неизменяющегося постоянного тока .....	178
Теорема Нортон.....	179
Эквивалентные схемы Тевенина и Нортон .....	180
Теорема о максимуме отдаваемой мощности .....	182
<b>54. Переменный ток и напряжение переменного тока.....</b>	<b>184</b>
Введение .....	184
Генератор переменного тока .....	184
Форма сигналов переменного тока .....	185
Величины переменного тока .....	186
Уравнение гармонической волны .....	189
Сложение и вычитание синусоидальных величин .....	191
Выпрямление переменного тока .....	193
<b>55. Однофазные последовательные цепи переменного тока.....</b>	<b>194</b>
Цепь переменного тока с чисто активным сопротивлением .....	194
Цепь переменного тока с чисто индуктивным сопротивлением .....	194
Цепь переменного тока с чисто ёмкостным сопротивлением.....	195
Последовательные <i>R-L</i> цепи переменного тока.....	196
Последовательные <i>R-C</i> цепи переменного тока .....	198
Последовательные <i>R-L-C</i> цепи переменного тока.....	200

Мощность цепей переменного тока .....	206
Треугольник мощностей и коэффициент мощности .....	208
<b>56. Однофазные параллельные цепи переменного тока .....</b>	<b>210</b>
Введение .....	210
$R$ - $L$ параллельная цепь переменного тока .....	210
$R$ - $C$ параллельная цепь переменного тока .....	212
$L$ - $C$ параллельная цепь .....	213
$L$ - $R$ - $C$ параллельная цепь переменного тока .....	214
Параллельный резонанс и добротность .....	218
<b>57. Переходные процессы в цепях постоянного тока .....</b>	<b>221</b>
Введение .....	221
Зарядка конденсатора .....	221
Постоянная времени для $R$ - $C$ цепи .....	223
Кривые переходного процесса $R$ - $C$ цепи .....	223
Разрядка конденсатора .....	226
Рост силы тока в $L$ - $R$ цепи .....	228
Постоянная времени $L$ - $R$ цепи .....	230
Кривые переходного процесса $L$ - $R$ цепи .....	230
Спад тока в $L$ - $R$ цепи .....	231
Переключаемые индуктивные цепи .....	233
Влияние постоянной времени на сигнал прямоугольной формы .....	234
<b>58. Операционные усилители .....</b>	<b>236</b>
Введение .....	236
Некоторые параметры ОУ .....	239
ОУ в качестве инвертирующего усилителя .....	240
ОУ в качестве неинвертирующего усилителя .....	243
ОУ в качестве повторителя напряжения .....	244
ОУ в качестве сумматора .....	245
ОУ в качестве компаратора напряжений .....	247
Светочувствительная схема сигнализации .....	248
ОУ в качестве интегратора .....	249
ОУ в качестве дифференциального усилителя .....	251
Цифро-аналоговое преобразование .....	252
Аналогово-цифровое преобразование .....	255
<b>59. Трёхфазные системы .....</b>	<b>257</b>
Введение .....	257
Трёхфазные источники тока .....	257
Соединение звездой .....	259
Соединение треугольником .....	261
Мощность в трёхфазных системах .....	263
Измерение мощности в трёхфазных системах .....	265
Сравнение соединений нагрузок звездой и треугольником .....	267
Преимущества трёхфазных систем .....	267
<b>60. Трансформаторы .....</b>	<b>268</b>
Введение .....	268
Принцип работы трансформатора .....	268

Векторная диаграмма ненагруженного трансформатора .....	270
Уравнение ЭДС трансформатора .....	271
Векторная диаграмма трансформатора под нагрузкой .....	272
Конструкции трансформаторов .....	273
Эквивалентная схема трансформатора .....	274
Изменение выходного напряжения трансформатора .....	276
Потери и коэффициент полезного действия трансформаторов .....	277
Согласование сопротивлений источника питания и нагрузки .....	279
Автотрансформаторы .....	280
Изолирующие трансформаторы .....	283
Трёхфазные трансформаторы .....	283
Токовые трансформаторы .....	284
Трансформаторы напряжения .....	286
<b>61. Машины постоянного тока.....</b>	<b>287</b>
Введение .....	287
Механическое действие электрического тока .....	287
Устройство машины постоянного тока .....	289
Параллельные, последовательные и смешанные обмотки .....	290
ЭДС, генерируемая обмотками якоря.....	291
Генераторы постоянного тока .....	292
Типы генераторов постоянного тока и их характеристики .....	292
Потери мощности в машинах постоянного тока .....	298
Коэффициент полезного действия генератора постоянного тока.....	298
Электродвигатель постоянного тока.....	300
Типы электродвигателей и их характеристики.....	302
Коэффициент полезного действия электродвигателей постоянного тока .....	308
Стартёр электродвигателя постоянного тока.....	309
Управление скоростью электродвигателя постоянного тока .....	310
Охлаждение электродвигателя .....	312
<b>62. Электродвигатели переменного тока .....</b>	<b>313</b>
Введение .....	313
Создание вращающегося магнитного поля .....	313
Скорость синхронизации .....	316
Устройство трёхфазного асинхронного двигателя.....	318
Принцип работы трёхфазного асимметричного двигателя .....	319
Скольжение .....	320
ЭДС и частота вращения ротора .....	321
Импеданс и ток ротора .....	322
Потери на медь.....	323
Потери асинхронного двигателя и коэффициент полезного действия.....	324
Уравнение вращающего момента для асинхронного двигателя .....	326
Характеристики «вращающий момент/скорость» .....	327
Методы запуска асинхронных двигателей .....	329
Достоинства асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором .....	331
Достоинства асинхронных двигателей с фазным ротором.....	332
Двухклеточный асинхронный двигатель.....	332

Применение трехфазных асинхронных двигателей .....	333
Однофазный асинхронный двигатель.....	333
Трёхфазный синхронный двигатель .....	333
Однофазные синхронные двигатели.....	334
<b>63. Комплексные числа и операции над ними .....</b>	<b>335</b>
Понятие комплексных чисел .....	335
Операции с использованием декартовых комплексных чисел .....	337
Комплексные уравнения .....	339
Комплексное число в тригонометрической форме .....	339
Умножение и деление комплексных чисел в тригонометрической форме.....	341
Возведение в степень комплексных чисел и извлечение корней из них (теорема Муавра).....	342
<b>64. Анализ последовательных цепей переменного тока с применением комплексных чисел</b> .....	<b>344</b>
Введение .....	344
Цепь переменного тока с чисто активным сопротивлением .....	344
Чисто индуктивная цепь переменного тока .....	345
Чисто ёмкостная цепь переменного тока .....	345
$R$ - $L$ последовательная цепь .....	346
$R$ - $C$ последовательная цепь.....	348
$R$ - $L$ - $C$ последовательная цепь .....	350
<b>65. Анализ параллельных цепей переменного тока с применением комплексных чисел</b>	<b>353</b>
Введение .....	353
Проводимость активная, реактивная и полная .....	353
Параллельные цепи переменного тока .....	354
Распределение тока в цепях переменного тока .....	356
<b>66. Мощность и коэффициент мощности в цепях переменного тока.....</b>	<b>360</b>
Мощность в цепях переменного тока .....	360
Треугольник мощностей и коэффициент мощности.....	362
Определение мощности с применением комплексных чисел .....	364
Увеличение коэффициента мощности.....	365
<b>67. Мосты переменного тока .....</b>	<b>369</b>
Введение .....	369
Состояние равновесия в измерительных мостах переменного тока.....	369
Типы индикаторов .....	371
Разновидности мостовых схем переменного тока.....	372
<b>68. Последовательный резонанс и добротность.....</b>	<b>379</b>
Введение .....	379
Последовательный резонанс.....	379
Добротность .....	382
Повышение напряжения .....	386
Добротность компонентов последовательной цепи и полная добротность.....	388
Ширина полосы частот .....	388
Избирательность .....	390
Небольшие отклонения от резонансной частоты .....	392

<b>69. Параллельный резонанс и добротность .....</b>	<b>395</b>
Общие понятия о параллельном резонансе.....	395
Параллельная $L$ - $R$ - $C$ цепь.....	397
Динамическое сопротивление .....	399
Добротность параллельной $R$ - $L$ - $C$ цепи.....	399
Частота свободных колебаний и резонансная частота вынужденных колебаний .....	401
Параллельная $LR$ - $CR$ цепь.....	402
Добротность компонентов параллельной цепи и полная добротность .....	404
Небольшие отклонения от резонансной частоты .....	404
<b>70. Анализ цепей с помощью определителей .....</b>	<b>406</b>
Введение .....	406
Решение систем уравнений с помощью определителей .....	407
Применение законов Кирхгофа к теории цепей .....	410
<b>71. Анализ цепей методами контурных токов и узловых потенциалов.....</b>	<b>415</b>
Метод контурных токов .....	415
Метод узловых потенциалов .....	417
<b>72. Принцип суперпозиции .....</b>	<b>422</b>
Введение .....	422
Применение принципа суперпозиции для цепи постоянного тока.....	422
Применение принципа суперпозиции для цепи переменного тока .....	425
<b>73. Теорема Тевенина и теорема Нортонa.....</b>	<b>429</b>
Введение .....	429
Теорема Тевенина .....	429
Теорема Нортонa.....	434
Эквивалентность цепей Тевенина и Нортонa .....	438
<b>74. Преобразования «треугольник—звезда» и «звезда—треугольник».....</b>	<b>442</b>
Введение .....	442
Соединения «треугольник» и «звезда».....	442
Преобразование «треугольник—звезда».....	443
Преобразование «звезда—треугольник».....	446
<b>75. Теоремы о максимуме отдаваемой мощности и согласование импедансов .....</b>	<b>449</b>
Теоремы о максимуме отдаваемой мощности .....	449
Согласование импедансов.....	452
<b>76. Периодические сигналы сложной формы .....</b>	<b>456</b>
Введение .....	456
Основное уравнение периодических сигналов сложной формы .....	457
Гармонический синтез.....	458
Действующее и среднее значения величин и коэффициент формы сложного сигнала .....	460
Мощность периодического сложного сигнала .....	461
Гармоники в однофазной цепи .....	463
Селективный резонанс .....	468
Источники гармоник .....	470
<b>77. Численные методы гармонического анализа .....</b>	<b>477</b>
Введение .....	477
Гармонический анализ на основе данных, представленных в виде таблицы или графика .....	477



Оценка сложных сигналов .....	483
<b>78. Диэлектрики и диэлектрические потери .....</b>	<b>484</b>
Электрические поля, ёмкость и диэлектрическая проницаемость .....	484
Поляризация .....	485
Электрическая прочность диэлектрика .....	486
Тепловые эффекты .....	489
Механические свойства .....	489
Типы конденсаторов, применяемых на практике .....	489
Жидкие диэлектрики и газовая изоляция .....	490
Диэлектрические потери и угол потерь .....	490
<b>79. Эффекты электрического поля в электротехнических устройствах .....</b>	<b>495</b>
Введение .....	495
Ёмкость между концентрическими цилиндрами .....	496
Напряжённость электрического поля в диэлектрике .....	498
Размеры самого экономичного кабеля .....	499
Ёмкость изолированной двухпроводной линии .....	500
Энергия, накопленная в электрическом поле .....	500
Скин-эффект .....	501
Индуктивность концентрического цилиндра (или коаксиального кабеля) .....	502
Индуктивность изолированной двухпроводной линии .....	502
Энергия, накопленная в магнитном поле .....	503
<b>80. Атенюаторы .....</b>	<b>504</b>
Введение .....	504
Четырёхполюсники .....	504
Характеристический импеданс .....	505
Логарифм отношения двух мощностей .....	505
Симметричный $T$ -образный аттенюатор .....	507
Симметричный $\pi$ -образный аттенюатор .....	508
Вносимые потери .....	510
Асимметричные $T$ - и $\pi$ -образные аттенюаторы .....	512
$G$ -образный аттенюатор .....	516
Каскадное соединение четырёхполюсников .....	516
<b>81. Фильтры .....</b>	<b>519</b>
Введение .....	519
Фильтры нижних частот .....	519
Фильтры верхних частот .....	521
Полосовые фильтры .....	523
Заграждающие фильтры .....	524
<b>82. Модуляция .....</b>	<b>526</b>
Введение .....	526
Амплитудная модуляция .....	526
Частотная модуляция .....	527
Девияция частоты, диапазон изменения частоты и модулирующий индекс .....	528
Фазовая модуляция .....	529
Импульсная модуляция .....	529
Импульсно-кодовая модуляция .....	530

<b>83. Двупроводные линии связи (длинные линии).....</b>	<b>532</b>
Введение .....	532
Первичные параметры линий связи .....	532
Задержка по фазе, длина волны и скорость распространения .....	534
Вторичные параметры линий связи .....	537
Связь характеристического импеданса и коэффициента распространения волны с первичными параметрами линии .....	538
Искажения в линиях связи .....	540
Отражение волны и коэффициент отражения .....	541
Стоячие волны и коэффициент стоячей волны .....	543

