

# СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА ДЛЯ ПРОФИ И НЕ ТОЛЬКО...

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА



---

Наука и Техника, Санкт-Петербург  
2013

**Справочник электрика для профи и не только... Современные технологии XXI века —**  
СПб.: Наука и Техника, 2013. — 576 с.

Под редакцией *Корякина-Черняка С.Л.*,  
члена Международной академии информационных процессов и технологий

Авторский и редакторский коллектив:

*Корякин-Черняк С.Л., Шустов М. А., Партала О.Н., Повный А.В., Шмаков С.Б., Володин В. Я., Мукомол Е.А.*

**ISBN 978-5-94387-863-3**

Растущий рынок электротехнического оборудования, инструментов требует доведения до электриков новой информации. В справочнике сделан упор на рассмотрение современной элементной базы. Не обойдены вниманием и традиционные материалы и оборудование. Главы начинаются небольшой теоретической частью, которая позволяет систематизировать знания и навыки.

В конце справочника приведен большой список сайтов ведущих производителей, а также электронных справочников, из которых можно почерпнуть дополнительные сведения по устройствам, которые из соображений оптимизации объема справочника не вошли в его состав. В справочнике присутствует большая цветная вклейка, на 32 страницах которой систематизирована цветовой маркировкой электронных компонентов, используемых современными электриками.

Справочник будет полезен как профессиональным электрикам, так и домашним мастерам.



При информационной поддержке и при участии  
компании EKF, ведущего производителя  
электротехнической продукции



9 785943 878633

**ISBN 978-5-94387-863-3**

Автор и издательство не несут ответственности  
за возможный ущерб, причиненный в ходе  
использования материалов данной книги.

Контактные телефоны издательства  
(812) 412-70-25, 412-70-26  
(044) 516-38-66

Официальный сайт: [www.nit.com.ru](http://www.nit.com.ru)

© Корякин-Черняк С.Л. и др.

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2013

ООО «Наука и Техника».

Лицензия № 000350 от 23 декабря 1999 года.

198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.

Подписано в печать . Формат 70×100 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 36 п. л.

Тираж 1500 экз. Заказ №

Отпечатано по технологии StP

в ИПК ООО «Ленинградское издательство»

194044, Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, д. 9.

Телефон / факс: (812)495-56-10.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Глава 1. Электроизоляционные материалы</b> .....	<b>6</b>
1.1. Физические свойства и технические характеристики .....	6
1.2. Изоляция из поливинилхлоридного пластификата .....	11
1.3. Полиэтиленовая изоляция .....	12
1.4. Пленка полиэтилентерефталатная .....	13
1.5. Пленка политетрафторэтиленовая .....	15
1.6. Текстолит и асботекстолит .....	18
1.7. Стеклотекстолит электротехнический .....	21
1.8. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные .....	25
1.9. Другие виды изоляционных материалов .....	27
1.10. Лако- и стеклоткани .....	29
1.11. Электропроводящие и полупроводящие ленты .....	33
1.12. Ткани и ленты изоляционные и герметизирующие .....	36
1.13. Изоляционные трубки из поливинилхлоридного пластика .....	49
1.14. Изоляционные термоусаживаемые изделия .....	52
1.15. Компаунды .....	61
1.16. Лаки и эмали электроизоляционные пропиточные, покровные, клеящие .....	73
1.17. Клеи .....	86
<b>Глава 2. Металлы и их сплавы</b> .....	<b>105</b>
2.1. Электрические свойства металлов и их сплавов .....	105
2.2. Черные металлы .....	105
2.3. Сплавы, используемые в магнитопроводах .....	107
2.4. Металлопрокат .....	107
2.5. Распространенные проводниковые материалы .....	110
2.6. Сплавы для катушек сопротивлений и измерительных приборов .....	116
2.7. Жаростойкие сплавы для нагревательных приборов .....	117
2.8. Контактные материалы .....	120
2.9. Токопроводящие жилы .....	123
<b>Глава 3. Припои и флюсы</b> .....	<b>127</b>
3.1. Классификация припоев и система их обозначений .....	127
3.2. Свойства припоев .....	128
3.3. Классификация флюсов и система их обозначений .....	135
3.4. Свойства флюсов .....	136
<b>Глава 4. Провода и шнуры</b> .....	<b>140</b>
4.1. Обмоточные провода .....	140
4.2. Провода высокого сопротивления .....	144
4.3. Монтажные провода .....	145
4.4. Установочные и силовые провода .....	147
4.5. Соединительные шнуры .....	151
<b>Глава 5. Кабели</b> .....	<b>153</b>
5.1. Классификация и назначение кабелей .....	153
5.2. Маркировка и конструкции .....	154
5.2.1. Условные обозначения силовых кабелей .....	154
5.2.2. Кабели силовые на низкое напряжение .....	156
5.2.3. Требования к электрическим параметрам .....	170
5.3. Силовые кабели на напряжения 20 и 35 кВ .....	171

5.3.1. Технические данные кабелей .....	171
5.3.2. Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей .....	174
<b>Глава 6. Силовые полупроводниковые приборы .....</b>	<b>175</b>
6.1. Основные понятия и определения .....	175
6.1.1. Силовые MOSFET транзисторы .....	175
6.1.2. Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БИТЗ или IGBT) .....	178
6.1.3. Силовые диоды .....	181
6.1.4. Силовые модули .....	183
6.2. Транзисторы MOSFET .....	183
6.2.1. PolarHT™ HiPerFETs™ и IGBT транзисторы фирмы IXYS .....	183
6.2.2. Мощные MOSFET транзисторы N-типа .....	186
6.3. Мощные биполярные транзисторы с изолированным затвором .....	198
6.3.1. Транзисторы фирмы «INTERNATIONAL RECTIFIER» .....	198
6.3.2. Биполярные транзисторы с изолированным затвором фирмы «TOSHIBA» .....	202
6.3.3. IGBT модули — одиночные ключи .....	205
6.3.4. IGBT модули-полумосты .....	206
6.3.5. IGBT модули-чопперы .....	208
6.4. Силовые диоды .....	210
6.4.1. Диоды выпрямительные .....	210
6.4.2. Диоды лавинные .....	212
6.4.3. Диоды быстросовосстанавливающиеся .....	214
6.4.4. Диоды Шоттки фирмы «Ixys Semiconductor» .....	216
6.4.5. Импортные выпрямительные диоды общего применения .....	218
6.4.6. Модули быстросовосстанавливающиеся диодные .....	220
6.4.7. Силовые полупроводниковые модули .....	221
6.5. Источники опорного напряжения .....	222
6.5.1. Стабилизаторы напряжения .....	222
6.5.2. Стабилизаторы положительного напряжения .....	225
6.6. Термисторы .....	237
6.6.1. Термисторы для температурных измерений .....	237
6.6.2. Термисторы для ограничения тока .....	238
6.6.3. PTC-термисторы .....	239
6.7. Мощные транзисторы .....	241
6.7.1. Мощные отечественные полевые транзисторы .....	241
6.7.2. Мощные импортные полевые транзисторы .....	245
6.7.3. Транзисторы Дарлингтона .....	250
6.7.4. Силовые модули .....	257
6.8. Тиристоры и симисторы .....	263
6.8.1. Тиристоры низкочастотные .....	263
6.8.2. Тиристоры лавинные и быстродействующие .....	266
6.8.3. Симисторы .....	269
6.9. Модули тиристорно-диодные .....	270
6.9.1. Модули фирмы «Ixys Corporation» .....	270
6.9.2. Модули силовые с опторазвязкой .....	273
6.9.3. Модули силовые тиристорно-диодные с непосредственным управлением .....	276
6.9.4. Силовые оптотиристорные модули .....	280
6.9.5. Модули симисторные .....	280
6.10. Симисторы и тиристоры зарубежного производства .....	281
<b>Глава 7. Электродвигатели .....</b>	<b>289</b>
7.1. Теория электродвигателей .....	289
7.1.1. Общие сведения .....	289
7.1.2. Электродвигатели постоянного тока .....	291
7.1.3. Электродвигатели переменного тока .....	295

7.1.4. Асинхронные двигатели	296
7.1.5. Синхронные двигатели переменного тока	303
7.1.6. Шаговые электродвигатели	305
7.2. Асинхронные двигатели	307
7.2.1. Асинхронные двигатели единой серии А2 и А02	307
7.2.2. Асинхронные двигатели малой мощности	315
7.2.3. Взрывозащищенные двигатели	321
7.2.4. Трехфазные асинхронные электродвигатели	326
7.2.5. Двигатели асинхронные однофазные	350
7.3. Синхронные электродвигатели и генераторы	355
7.4. Электродвигатели постоянного тока	376
<b>Глава 8. Аппараты управления и коммутации</b>	<b>383</b>
8.1. Выключатели автоматические	383
8.2. Концевые выключатели	386
8.3. Пакетные выключатели	388
8.4. Пускатели электронные ПЭ-001—ПЭ-004	389
8.5. Электромагнитные пускатели	389
<b>Глава 9. Реле</b>	<b>398</b>
9.1. Назначение и классификация	398
9.2. Реле времени	400
9.3. Реле контроля фаз	402
9.3.1. Реле контроля трехфазного напряжения	402
9.3.2. Реле контроля фаз РКФ-М04-1-01, РКФ-М04-1-03	402
9.4. Реле максимального напряжения	404
9.5. Реле напряжения	407
9.6. Реле промежуточные	411
9.7. Реле тепловые токовые	420
9.8. Реле токовые	422
9.9. Указательные реле	429
9.10. Бытовые электромагнитные реле постоянного тока	430
9.11. Твердотельные оптоэлектронные реле	447
9.11.1. Классификация твердотельных реле	447
9.11.2. Параметры и схемы включения	449
<b>Глава 10. Маркировка и обозначения электронных компонентов</b>	<b>482</b>
10.1. Условные обозначения и кодовая маркировка	482
10.2. Цветовая маркировка	513
Резисторы	513
Конденсаторы	517
Катушки индуктивности	523
Диоды, стабилитроны, варикапы	524
Дроссели	524
Транзисторы	539
Трехфазные электрические цепи	543
Оптические кабели передачи данных	544
10.3. Буквенно-цифровые обозначения в схемах	545
10.4. Графические обозначения элементов схем	549
<b>Ресурсы сети Интернет для электрика</b>	<b>565</b>
<b>Список литературы</b>	<b>575</b>

## ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 1.1. Физические свойства и технические характеристики

**Диэлектрическая проницаемость материала** — величина, характеризующая способность диэлектрика поляризоваться в электрическом поле и равная отношению емкости конденсатора с данным диэлектриком к емкости аналогичного конденсатора, диэлектриком которого является вакуум.

**Тангенс угла диэлектрических потерь** характеризует мощность, рассеиваемую в единице объема вещества. Чем больше этот тангенс, тем больше нагрев диэлектрика.

**Электрическая прочность диэлектрика** определяется напряженностью однородного электрического поля, при которой происходит электрический пробой.

**Электропроводность диэлектрика** характеризуется удельным объемным и удельным поверхностным сопротивлением. Для низкокачественных электроизоляционных материалов (дерево, мрамор) значение электропроводности находится в пределах  $10^6$ – $10^8$  Ом·м, для высококачественных (фторопласт, полистирол) —  $10^{14}$ – $10^{16}$  Ом·м.

**Нагревостойкость материала** — способность длительно выдерживать высокую температуру. Согласно ГОСТ 8865-93 стойкость изоляции электротехнических изделий зависит от температуры, электрических и механических воздействий, вибрации, агрессивности среды, химического воздействия, влажности, загрязнения, радиационного излучения. Главным фактором старения электроизоляционных материалов и систем изоляции является температура, поэтому для оценки стойкости электрической изоляции электротехнических изделий к воздействию температуры приняты классы нагревостойкости, табл. 1.1.

Классы нагревостойкости и соответствующие им температуры

Таблица 1.1

Обозначение класса нагревостойкости	Температура, °С	Обозначение класса нагревостойкости	Температура, °С
Y	90	H	180
A	105	200	200
E	120	220	220
B	130	250	250
F	155		

Температура выше 250 °С должна повышаться на интервал в 25 °С с присвоением соответствующих классов.

Использование буквенных обозначений необязательно. Но следует придерживаться вышеприведенного соответствия между буквенными обозначениями и температурами.

Основные параметры электроизоляционных материалов приведены в табл. 1.2.

Основные параметры электроизоляционных материалов

Таблица 1.2

Вещество	Температура, °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
<b>Твердые неорганические вещества</b>					
Алюминия окись	20	$10^{16}$	–	10	$5 \cdot 10^{-4}$ ( $10^6$ Гц)
	300	$3 \cdot 10^{13}$	–	–	$15 \cdot 10^{-4}$ ( $10^{10}$ Гц)
	800	$3,5 \cdot 10^8$	–	–	–
	1100	$10^6$	–	–	–
Асбест (хризотилвый)	20	$10^{10} - 10^{12}$	–	–	–
Асбестоцемент	20	$10^{10} - 10^{12}$	2–3 (20–150 °С)	–	–
Бериллия окись	600	$4 \cdot 10^8$	–	7,5	$3 \cdot 10^{-4}$ ( $2 \cdot 10^9$ Гц)
	1100	$5 \cdot 10^6$			
	2100	$10^3$			
Бора нитрид	2000	$1,9 \cdot 10^3$	–	–	–
Калий бромистый	25	–	$0,85 \cdot 10^5$	4,9	–
	300	$0,5 \cdot 10^9$			
	500	$3 \cdot 10^6$			
	700	$10^4$			
Калий хлористый	25	–	$1,2 \cdot 10^5$	4,68	–
	300	$0,5 \cdot 10^9$			
	500	$3 \cdot 10^6$			
	700	$10^4$			

Таблица 1.2 (продолжение)

Вещество		Температура, °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Кварц плавленный		20	$10^{15}$	$6,5 \cdot 10^5$	3,75	Меньше 0,003
		400	$10^{10}$	–	3,75	
		600	$10^8$	–	3,75	
		1000	$10^6$	–	–	
Керамика конденсаторная	TK-20	20	$10^{14} - 10^{15}$	32	28–30	$2,5 - 5,5 \cdot 10^{-4}$
	TK-20-80	20	$10^{14} - 10^{15}$	–	30–32	$3,5 - 6 \cdot 10^{-4}$
	T-80	20	$10^{13} - 10^{14}$	27	78–88	$4 - 5,5 \cdot 10^{-4}$
	T-150	20	$10^{14} - 10^{15}$	22	150–165	$2 - 4 \cdot 10^{-4}$
	T-900	20	$10^{12} - 10^{14}$	28	900–1000	$5 - 10 \cdot 10^{-4}$
	CM-I	20	$10^{11} - 10^{13}$	13	2700–3000	$1 - 2 \cdot 10^{-2}$
Магния окись		850	$2 \cdot 10^8$	–	–	–
		2100	$4,5 \cdot 10^2$	–	–	–
Мрамор		20	$10^7 - 10^{11}$	2,5	8–10	0,005–0,001
Натрий бромистый		25	–	$0,98 \cdot 10^5$	6,1	–
		300	$3 \cdot 10^7$	–	–	–
		500	$2 \cdot 10^5$	–	–	–
		700	$2 \cdot 10^3$	–	–	–
Натрий хлористый		25	–	$1,56 \cdot 10^5$	5,9	–
		300	$10^9$	–	–	–
		500	$3 \cdot 10^6$	–	–	–
		700	$10^4$	–	–	–
Слюда мусковит		20	$10^{15}$	$10^5 - 10^6$ (эксперимент)	6,8–7,5	0,0002–0,0006
Слюда флогопит		20	$10^{13} - 10^{14}$	200 (технич.)	5,5	0,0025–0,01
Стеатит (высоковольтный)		20	$10^{15}$	20–25	6–6,5	0,002
		100	с	–	–	–
Стекло		200	$4 \cdot 10^9$	–	–	–
Стекло боросиликатное №24		20	–	–	8,4	0,0009
		200	$3 \cdot 10^{13}$	–	–	0,0009
Стекло пирекс натриевый		20	–	–	5,3	0,0035
		200	$2 \cdot 10^8$	–	–	0,01
Стекло пирекс калиевый		20	–	–	5,7	0,0018
		200	$8 \cdot 10^{11}$	–	–	–
Стекло титановое		20	–	–	11,0	0,0012
		200	$10^3$	–	–	0,0012
Тальк		20	$10^8 - 10^9$	1	4–5	–
Тория двуокись		20	$4 \cdot 10^{13}$	–	17	$1,5 \cdot 10^{-3}$
		550	$2,6 \cdot 10^4$	–	–	–
		1200	$1,5 \cdot 10^4$	–	–	–

Таблица 1.2 (продолжение)

Вещество		Температура, °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Циркония двуокись		385	10 <sup>4</sup>			
		700	2,2·10 <sup>3</sup>			
		1200	3,6·10 <sup>2</sup>			
		2000	10			
<b>Твердые органические вещества</b>						
Антрацен		17	–	–	3,46	–
Винипласт		20	10 <sup>14</sup> –10 <sup>15</sup>	45	3,1–3,5	0,025–0,04
Воск (пчелиный)		20	5–12·10 <sup>13</sup>	25–30	2,8–2,9	0,02–0,03
Гетинакс		20	10 <sup>10</sup> –10 <sup>11</sup>	16–25	7–8	0,045–0,1
Дифенил		17	–	–	2,57	–
Древесина	Дуб	20	8·10 <sup>10</sup>	3–5,5	–	–
	Сосна	20	8·10 <sup>10</sup>	2,4–4,5	–	–
Канифоль		20	10 <sup>15</sup> –10 <sup>16</sup>	10–15	3	<0,05
Каучук (натуральный)		20	5·10 <sup>15</sup> –10 <sup>16</sup>	–	2,3–2,4	0,001–0,003
Нафталин		25	–	–	2,85	–
Парафин		20	10 <sup>15</sup> –10 <sup>17</sup>	20–30	1,9–2,2	3,7·10 <sup>-4</sup>
Поливинилхлорид (полихлорвинил)		20	10 <sup>14</sup> –10 <sup>16</sup>	14–20	3–5	0,03–0,05
Полиметилметакрилат (орг. стекло)		20	10 <sup>14</sup> –10 <sup>16</sup>	18–35	3,5–4,5 (50 Гц) 2,7–3,2 (10 <sup>6</sup> Гц)	0,04–0,06 (50 Гц) 0,02–0,03 (10 <sup>6</sup> Гц)
Полистирол		20	10 <sup>17</sup> –10 <sup>18</sup>	20–35	2,45–2,65	0,0001–0,0008
Политетрафторэтилен		20	10 <sup>15</sup> –10 <sup>16</sup>	20–30	2	0,0002
Полиэтилен		20	10 <sup>15</sup> –10 <sup>17</sup>	18–20	2,3	0,0002
Резина электроизоляционная		20	10 <sup>14</sup> –10 <sup>15</sup>	20–40	2,5–5	0,01–0,03
			кратковременно			
Резина кремнийорганическая		20	10 <sup>14</sup>	20	4	0,008–0,01
Смола эпоксидная		20	10 <sup>13</sup> –10 <sup>14</sup>	16	3,7	0,019
Текстолит		20	10 <sup>9</sup> –10 <sup>10</sup>	3,5–6	8	0,07 и более
Стеклотекстолит		20	10 <sup>12</sup>	10–12	–	0,05–0,06
Фенопласт (пресс-порошок)	К-211-3	20	10 <sup>14</sup>	12	7	0,01
	К-211-4	20	10 <sup>13</sup>	12	6	0,02
	К-211-34	20	10 <sup>14</sup>	12	–	0,01
Церезин		20	10 <sup>16</sup>	15	2,1–2,3	0,2·10 <sup>-4</sup>
Шеллак		20	10 <sup>15</sup> –10 <sup>16</sup>	20–30	3,6	0,01
Эбонит		20	10 <sup>15</sup> –10 <sup>16</sup>	–	2,7–3,0	0,01–0,015
Янтарь		20	до 10 <sup>19</sup>	–	2,8	0,01
<b>Жидкости</b>						
Азот (жидкий)		–198,4	–	–	1,445	–
Аммиак (жидкий)		–77,7	1,3·10 <sup>7</sup>	–	25,0	–

Таблица 1.2 (продолжение)

Вещество	Температура, °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая прочность	Тангенс угла диэлектрических потерь
Аргон (жидкий)	-184,4	-	-	1,516	-
Ацетон	-15	$1,1 \cdot 10^9$	-	-	-
	25	-	-	20,74	-
Бензол	20	$10^{18}$	-	-	-
	25	-	-	2,2747	-
Бром	-17,2	$1,3 \cdot 10^{13}$	-	3,22	-
Вода (перегнанная в вакууме)	0	$1,58 \cdot 10^8$	-	-	-
	10	$2,85 \cdot 10^8$	-	-	-
	18	$4,44 \cdot 10^8$	-	78,3 (25°)	-
	34	$9,62 \cdot 10^8$	-	34,6 (208°)	-
	50	$18,9 \cdot 10^8$	-	10,1 (364°)	-
Вода (дистиллированная)	20-25	$1-4 \cdot 10^6$	-	-	-
Водород (жидкий)	-252,85	-	-	1,225	-
Водород хлористый (жидкий)	-96	$10^8$	-	-	-
	-113,2	-	-	11,8	-
Гексан	18	$10^{18}$	-	-	-
Гелий (жидкий)	-269,0	-	-	1,048	-
Глицерин	25	$6,4 \cdot 10^8$	-	42,4	-
Кислород (жидкий)	-182,9	-	-	1,463	-
Кислота муравьиная	18	$5,6 \cdot 10^5$	-	57,9	-
Кислота олеиновая	15	$2 \cdot 10^{10}$	-	-	-
	21,9	-	-	2,43	-
Кислота серная	25	$10^2$	-	-	-
Кислота уксусная	25	$1,1 \cdot 10^8$	-	6,19	-
Масло касторовое (рициновое)	20	$5 \cdot 10^{10}-5 \cdot 10^{12}$	14-16	4-4,5	0,01-0,03
	100	-	-	3,5-4,0	0,2-0,8
Масло кремнийорганическое	20	$10^{14}-10^{15}$	20-43,5	2,5-3,5	0,0002-0,0005
Масло конденсаторное	20	$10^{14}$	20	2,1-2,3	0,002-0,005
Масло трансформаторное	20	$10^{14}-10^{16}$	20-25	2,1-2,2	0,01-0,0002
	60	$10^{13}-10^{15}$			
Сероводород (жидкий)	-61,8	$10^{11}$	-	8,04	-
Серовуглерод	25	-	-	2,625	-
Спирт метиловый	20	$5,8 \cdot 10^6$	-	37,92 (0°)	-
Спирт этиловый	0	$1,5 \cdot 10^7$	-	-	-
	18	$6,4 \cdot 10^8$	-	26,4 (10°)	-
	25	$1,3 \cdot 10^9$	-	-	-
Толуол	19,5	$<10^{14}$	-	2,435 (0°)	-
Фтор (жидкий)	-189,97	-	-	1,517	-
Хлор (жидкий)	-70	$10^{16}$	-	2,048	-
Этиленгликоль	-	-	-	38,7	-