

# OBSAH

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>11</b>
1.1.	Rozdělení elektrotechnologie a její obsah	11
1.2.	Stavba hmoty	11
1.2.1.	Elementární částice	11
1.2.2.	Atom, kvantová čísla	12
1.2.3.	Molekuly a vazby mezi atomy	13
1.2.4.	Energie elektronu	15
1.2.5.	Pásový energetický model	16
1.3.	Hlediska pro třídění elektrotechnických materiálů	17
1.4.	Druhy elektrotechnických materiálů	18
1.5.	Vlastnosti elektrotechnických materiálů a jejich hodnocení	19
1.6.	Vlastnosti elektrotechnických materiálů a jejich řízení	19
1.6.1.	Řízení vlastností elektrotechnických materiálů změnou složení	20
1.6.2.	Řízení vlastností elektrotechnických materiálů změnou struktury	21
<b>2.</b>	<b>Vodivé materiály</b>	<b>24</b>
2.1.	Teorie vodivosti kovů	24
2.2.	Struktura kovů	24
2.3.	Základní vlastnosti vodivých materiálů	26
2.3.1.	Elektrický odpor	27
2.3.2.	Závislost elektrického odporu na teplotě	27
2.3.3.	Termoelektrické vlastnosti	28
2.3.4.	Teplotní roztažnost	28
2.3.5.	Tepelná vodivost	28
2.3.6.	Mechanické vlastnosti	28
2.3.7.	Magnetické vlastnosti	29
2.4.	Charakteristické vlastnosti vodivých materiálů	29
2.4.1.	Rezistivita	29
2.4.2.	Teplotní součinitel odporu	30
2.4.3.	Termoelektrické napětí	30
2.4.4.	Hustota	30
2.4.5.	Teplota tání	31
2.4.6.	Měrná tepelná kapacita	31
2.4.7.	Součinitel tepelné vodivosti	31
2.4.8.	Teplotní součinitel délkové roztažnosti	31
2.4.9.	Modul pružnosti	32

2.4.10.	Mez pružnosti, kluzu a pevnosti . . . . .	32
2.4.11.	Tažnost . . . . .	32
2.5.	Druhy vodivých materiálů, jejich vlastnosti a použití . . . . .	33
2.5.1.	Vodivé materiály podle skupenství a druhu nosičů elektrického náboje . . . . .	33
2.5.2.	Základní elektrovodné materiály . . . . .	33
	Elektrovodná měď, bronz, mosaz, elektrovodný hliník, slitiny hliníku	
2.5.3.	Lehké kovy . . . . .	38
	Hořčík, berylium	
2.5.4.	Kovy s nízkou teplotou tání . . . . .	39
	Zinek, kadmium, rtuť, galium, indium, cín, olovo, vizmut, antimon	
2.5.5.	Kovy se střední teplotou tání . . . . .	41
	Nikl, kobalt, železo	
2.5.6.	Kovy s vysokou teplotou tání . . . . .	42
	Wolfram, molybden, tantal, niob, titan, zirkon	
2.5.7.	Ušlechtilé kovy . . . . .	43
	Zlato, stříbro, platina, paládium, rhodium, ruthenium, iridium, osmium	
2.5.8.	Kovy alkalických zemin . . . . .	45
	Baryum, stroncium, vápník	
2.5.9.	Alkalické kovy . . . . .	45
	Lithium, sodík, draslík, cesium, rubidium	
2.5.10.	Odporové materiály . . . . .	46
	Odporové materiály pro měřicí techniku, odporové materiály pro elektro- teplná zařízení a nekovové odporové materiály	
2.6.	Vodivé materiály pro zvláštní účely . . . . .	49
2.6.1.	Materiály pro kontakty . . . . .	49
2.6.2.	Kovy a slitiny pro dvojkovové materiály . . . . .	51
	Ohybové dvojkovy, dvojkovové vodiče, dvojkovové kontakty	
2.6.3.	Kovové materiály pro zátavy do skla . . . . .	53
2.6.4.	Pájky . . . . .	54
2.6.5.	Technický uhlík . . . . .	55
<b>3.</b>	<b>Polovodiče . . . . .</b>	<b>57</b>
3.1.	Teorie vodivosti polovodičů . . . . .	57
3.1.1.	Vlastní vodivost polovodičů . . . . .	58
3.1.2.	Nevlastní (příměsová) vodivost polovodičů . . . . .	60
3.2.	Některé fyzikální vlastnosti (parametry) polovodičových materiálů . . . . .	63
3.3.	Přechod PN . . . . .	67
3.4.	Vliv vnějších činitelů na vlastnosti polovodiče . . . . .	72
3.5.	Technické polovodičové materiály . . . . .	75
3.6.	Zpracování křemíku a germania . . . . .	75
3.7.	Vytváření přechodů PN . . . . .	82
3.8.	Vytváření kontaktů . . . . .	83
<b>4.</b>	<b>Izolanty . . . . .</b>	<b>84</b>
4.1.	Teorie vodivosti izolantu . . . . .	85
4.2.	Struktura izolantů . . . . .	85

4.3.	Základní vlastnosti izolantů . . . . .	86
4.3.1.	Polarizace dielektrika . . . . .	86
4.3.2.	Permitivita izolantu . . . . .	88
4.3.3.	Dielektrické ztráty . . . . .	89
4.3.4.	Elektrický průraz dielektrika . . . . .	90
4.3.5.	Elektrická vodivost izolantů . . . . .	91
4.3.6.	Tepelné vlastnosti . . . . .	91
4.3.7.	Mechanické vlastnosti . . . . .	91
4.3.8.	Vliv vlhkosti na izolant . . . . .	92
4.4.	Charakteristické vlastnosti izolantů . . . . .	92
4.4.1.	Poměrná permitivita . . . . .	92
4.4.2.	Činitel dielektrických ztrát . . . . .	92
4.4.3.	Elektrická pevnost . . . . .	92
4.4.4.	Vnitřní rezistivita a povrchová rezistivita . . . . .	93
4.4.5.	Měrná tepelná kapacita . . . . .	93
4.4.6.	Měrná tepelná vodivost . . . . .	93
4.4.7.	Měrná teplotní vodivost . . . . .	93
4.4.8.	Teplotní součinitel délkové roztažnosti . . . . .	93
4.4.9.	Odolnost za tepla podle Martense a podle Vicata . . . . .	93
4.4.10.	Mez pevnosti v tahu a v tlaku . . . . .	94
4.4.11.	Tvrdost . . . . .	94
4.4.12.	Viskozita . . . . .	94
4.4.13.	Navlhavost a nasákavost . . . . .	94
4.5.	Anorganické izolanty . . . . .	95
4.5.1.	Struktura anorganických izolantů . . . . .	95
4.5.2.	Slída . . . . .	95
4.5.3.	Azbest . . . . .	96
4.5.4.	Keramika . . . . .	97
	Keramické materiály pro silovou elektrotechniku, keramické materiály pro vyšší teploty, keramické materiály pro vysokofrekvenční techniku, keramické materiály pro kondenzátory . . . . .	
4.5.5.	Sklo . . . . .	101
4.6.	Organické izolanty . . . . .	103
4.6.1.	Struktura organických izolantů . . . . .	103
4.6.2.	Suroviny pro výrobu organických izolantů . . . . .	106
4.6.3.	Syntetické organické izolanty . . . . .	106
	Reaktoplasty	
	Fenoplasty, aminoplasty, epoxidy, reaktoplasty na bázi polyesterů	
	Termoplasty	
	Polystyrén, polymetylmakrylát, polyamidy, lineární polyuretany, polyformaldehyd, polykarbonáty, termoplasty na bázi polyesterů, polyetylén, polypropylén, polytetrafluoretylén, polytrifluorchloretylén, polyvinylchlorid, polyfenylenoxid, polyfenylensulfid, polyetersulfony, polyaryláty	
	Elastomery	
	Přírodní kaučuk, syntetický kaučuk, termoplastický kaučuk	
4.6.4.	Organické izolanty na bázi přírodních makromolekulárních látek . . . . .	114

	Dřevo, celulóza, papír, lepenka; přírodní vlákna, tkaniny; vrstvené tvrzené materiály; přírodní pryskyřice, přírodní vosky, bitumeny, kompaundy	
4.6.5.	Zpracování plastů na konstrukční součásti	115
4.6.6.	Laky	117
4.7.	Kapalné izolanty	118
	Minerální oleje, syntetické kapalné izolanty, rostlinné oleje	
4.8.	Plynné izolanty	120
<b>5.</b>	<b>Magnetické materiály</b>	<b>122</b>
5.1.	Materiály diamagnetické, paramagnetické, feromagnetické, antiferomagnetické, ferimagnetické a metamagnetické	122
5.2.	Základní vlastnosti magnetických materiálů	125
5.2.1.	Porovnání materiálů podle elektrické a magnetické vodivosti	125
5.2.2.	Charakteristiky magnetování	126
5.2.3.	Křivka prvotního magnetování	127
5.2.4.	Hysterezní smyčka	127
5.2.5.	Ztráty v magnetickém obvodu	129
5.2.6.	Magnetická anizotropie	130
5.2.7.	Magnetostrikce	131
5.3.	Charakteristické vlastnosti magnetických materiálů	131
5.3.1.	Permeabilita	131
5.3.2.	Koercivita	132
5.3.3.	Remanence	132
5.3.4.	Poměrná remanence	133
5.3.5.	Činitel pravouhlosti	133
5.3.6.	Maximální součin $(BH)_m$	133
5.3.7.	Měrné ztráty	134
5.3.8.	Curieova teplota	134
5.3.9.	Součinitel magnetostrikce	135
5.4.	Druhy magnetických materiálů a jejich vlastnosti	135
5.4.1.	Magneticky měkké materiály	136
	Technicky čisté železo, křemiková ocel, slitiny nikl-železo (permalloy), amorfní materiály, železové materiály, magneticky měkké ferity	
5.4.2.	Magneticky tvrdé materiály	145
	Martenzitické oceli, vytvrzovatelné slitiny netvářitelné, vytvrzovatelné slitiny tvářitelné, práškové materiály, magneticky tvrdé ferity, sloučeniny na bázi kobalt-vzácné zeminy, magnetování trvalých magnetů	
5.4.3.	Materiály se speciálními magnetickými vlastnostmi	149
	Materiály s velkou magnetickou indukcí nasycení, materiály s pravouhlou hysterezní smyčkou, termokompenzační materiály, materiály se stálou permeabilitou, magnetostrikční materiály, nemagnetické oceli	
<b>6.</b>	<b>Technologie výroby základních polovodičových součástek</b>	<b>152</b>
6.1.	Některé speciální metody a postupy typické pro výrobu polovodičových součástek	152

6.1.1.	Vytváření oxidových vrstev na povrchu křemíkových desek . . . . .	152
6.1.2.	Fotolitografie . . . . .	153
6.1.3.	Výroba pracovních matic . . . . .	154
6.1.4.	Rozčleňování desek monokrystalu na čipy . . . . .	156
6.1.5.	Připojování čipů k podložkám . . . . .	156
6.1.6.	Připojování přívodů . . . . .	157
6.1.7.	Pouzdrění . . . . .	159
6.2.	Polovodičové diody . . . . .	161
6.3.	Tranzistory . . . . .	163
6.4.	Tyristory . . . . .	167
6.5.	Termistory a varistory . . . . .	168
6.6.	Součástky založené na fotoelektrických jevech . . . . .	170
6.6.1.	Fotorezistor . . . . .	170
6.6.2.	Fotodiody . . . . .	171
6.6.3.	Fototranzistor . . . . .	172
6.7.	Světelné diody . . . . .	172
<b>7.</b>	<b>Technologie výroby rezistorů . . . . .</b>	<b>176</b>
7.1.	Rozdělení rezistorů . . . . .	176
7.2.	Charakteristické vlastnosti rezistorů . . . . .	177
7.2.1.	Jmenovitá hodnota odporu . . . . .	177
7.2.2.	Dovolená úchylna . . . . .	178
7.2.3.	Zatížení . . . . .	178
7.2.4.	Teplotní součinitel odporu . . . . .	179
7.2.5.	Napěťový součinitel odporu . . . . .	179
7.2.6.	Šum . . . . .	179
7.2.7.	Stabilita . . . . .	180
7.2.8.	Příklady základních vlastností rezistorů . . . . .	180
7.2.9.	Vlastnosti rezistorů v závislosti na frekvenci . . . . .	180
7.3.	Výroba a vlastnosti rezistorů . . . . .	181
7.3.1.	Rezistory s uhlíkovou vrstvou . . . . .	181
	Uhlíkové rezistory, lakové rezistory	
7.3.2.	Rezistory s kovovou vrstvou . . . . .	183
	Tenké a tlusté vrstvy, jejich vlastnosti a vytváření; metalizované rezistory; destičkové metalizované rezistory; tenkovrstvé rezistory; tlustovrstvé rezistory; vsazovací rezistory	
7.3.3.	Rezistory s oxidovou vrstvou (metaloxidové) . . . . .	187
7.3.4.	Drátové rezistory . . . . .	187
	Drátové rezistory přesné, drátové rezistory spotřební	
7.3.5.	Rezistory pro povrchovou montáž . . . . .	188
7.4.	Výroba a vlastnosti potenciometrů . . . . .	188
7.4.1.	Vrstvové potenciometry . . . . .	189
7.4.2.	Drátové potenciometry . . . . .	190
7.4.3.	Speciální potenciometry . . . . .	190
<b>8.</b>	<b>Technologie výroby kondenzátorů . . . . .</b>	<b>191</b>
8.1.	Rozdělení kondenzátorů . . . . .	191

8.2.	Charakteristické vlastnosti kondenzátorů . . . . .	192
8.2.1.	Jmenovitá hodnota kapacity . . . . .	192
8.2.2.	Dovolená úchylka . . . . .	192
8.2.3.	Ztrátový činitel . . . . .	192
8.2.4.	Napětí . . . . .	193
8.2.5.	Izolační odpor . . . . .	193
8.2.6.	Teplotní činitel kapacity . . . . .	194
8.2.7.	Příklady základních vlastností kondenzátorů . . . . .	194
8.3.	Výroba a vlastnosti neproměnných kondenzátorů . . . . .	194
8.3.1.	Papírové kondenzátory . . . . .	194
8.3.2.	Kondenzátory s metalizovaným papírem (MP) . . . . .	195
8.3.3.	Kondenzátory s dielektrikem z plastů . . . . .	196
	Styreflexové kondenzátory, polyesterové kondenzátory, polypropylenové kondenzátory, polykarbonátové kondenzátory . . . . .	
8.3.4.	Slídové kondenzátory . . . . .	197
8.3.5.	Keramické kondenzátory . . . . .	197
	Keramické kondenzátory typu 1, keramické kondenzátory typu 2, keramické kondenzátory typu 3, monolitické kondenzátory . . . . .	
8.3.6.	Elektrolytické kondenzátory . . . . .	199
	Elektrolytické kondenzátory hliníkové, elektrolytické kondenzátory tantalové . . . . .	
8.3.7.	Kondenzátory vakuové, vzduchové a se stlačeným plynem . . . . .	202
8.3.8.	Kondenzátory s přechodem PN . . . . .	202
8.3.9.	Kondenzátory tenkovrstvé . . . . .	202
8.3.10.	Kondenzátory pro povrchovou montáž . . . . .	203
8.4.	Výroba proměnných kondenzátorů . . . . .	203
8.4.1.	Otočné kondenzátory . . . . .	203
8.4.2.	Dolaďovací kondenzátory (trimry) . . . . .	204
	<b>Dodatek</b> . . . . .	205
D1	Vybrané veličiny a jednotky pro hodnocení materiálů . . . . .	206
D2	Rezistivita kovů . . . . .	210
D3	Teplota tání kovů . . . . .	211
D4	Vlastnosti některých odporových materiálů . . . . .	212
D5	Příklady materiálů pro třecí kontakty . . . . .	214
D6	Některé vlastnosti křemíku a germania . . . . .	215
D7	Teplotní třídy izolantů . . . . .	216
D8	Vlastnosti keramických látek pro elektrotechniku . . . . .	217
D9	Vlastnosti keramických látek pro dielektrika kondenzátorů . . . . .	219
D10	Vlastnosti technických skel používaných v elektrotechnice . . . . .	220
D11	Křivka magnetování pásu z křemíkové oceli válcovaného za studena s Gossovou strukturou (značka Eo 10) . . . . .	221
D12	Vlastnosti magneticky tvrdých materiálů — slitin tvářitelných a netvářitelných, feritů a sloučenin na bázi vzácných zemin . . . . .	222
D13	Základní vlastnosti některých typů rezistorů . . . . .	224
D14	Základní vlastnosti některých typů kondenzátorů . . . . .	225