

Obsah

PŘEDMLUVA	11
SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	12
1. ÚVOD (O. HAVELKA)	13
1.1. Základní pojmy	13
1.2. Funkční rozbor spínacího přístroje	14
1.2.1. Funkční stavy	14
1.2.2. Vypnutá poloha	15
1.2.3. Zapnutá poloha	16
1.2.4. Zapínání	17
1.2.5. Vypínání	17
1.3. Konstrukční členění	18
1.3.1. Základní díly vypínače	18
1.3.2. Proudovodné části	18
1.3.3. Izolace přístroje	19
1.3.4. Mechanismus	19
1.3.5. Zhášedla	19
1.3.6. Výzbroj	20
1.4. Provedení přístrojů podle provozních podmínek	20
1.4.1. Provozní podmínky	20
1.4.2. Vliv pracovního prostředí	21
1.4.3. Vliv druhu provozu přístroje	22
2. VLASTNOSTI ELEKTRICKÝCH OBVODŮ (B. DUBRAVEC, B. GROSS)	24
2.1. Elektrický obvod z hlediska zapínání a vypínání	24
2.2. Zapínání obvodu napájeného stejnosměrným napětím	25
2.3. Přepínání obvodu napájeného stejnosměrným napětím	27
2.4. Zapínání obvodu napájeného střídavým napětím	28
2.5. Zapínání obvodu napájeného trojfázovou soustavou napětí	30
2.6. Vypínání obvodu se stejnosměrným zdrojem napětí	33
2.7. Vypínání obvodu se střídavým zdrojem napětí	35
2.8. Dvojkmitočtové zotavené napětí	42
2.9. Zotavené napětí v sítích vn a vvn	44
3. SILOVÉ ÚČINKY ELEKTRICKÉHO PROUDU (B. DUBRAVEC)	46
3.1. Vznik elektrodynamických sil	46
3.2. Síly mezi několika proudovými dráhami	47
3.3. Elektrodynamické síly střídavého proudu	51

3.4.	Elektrodynamické síly v trojfázové soustavě	52
3.5.	Elektrodynamické síly v zakřivené proudové dráze	56
3.5.1.	Jednoduchý pravoúhlý záhyb ⁴	57
3.5.2.	Dvojitý pravoúhlý záhyb	58
3.6.	Elektrodynamické síly vyvolané změnou indukčnosti obvodu	60
3.7.	Elektrodynamické síly vyvolané změnou průřezu vodiče	61
3.8.	Elektrodynamické síly proudové dráhy v blízkosti feromagnetického rozhraní	63
3.9.	Elektrodynamický tlak ve vodiči s proudem	65
3.10.	Rezonanční jevy	66
4.	TEPELNÉ ÚČINKY ELEKTRICKÉHO PROUDU (O. HAVELKA)	69
4.1.	Základní jevy a vztahy	69
4.1.1.	Oteplování proudovodiče	69
4.1.2.	Oteplení při přerušovaném chodu	71
4.1.3.	Krátkodobé oteplení	72
4.1.4.	Odpor vodiče	73
4.1.5.	Tepelné pole	75
4.2.	Výpočet ustáleného oteplení	78
4.2.1.	Princip tepelné sítě	78
4.2.2.	Prvky jednořadové tepelné sítě	78
4.2.3.	Vicépólový přístroj v kompaktním provedení	84
4.2.4.	Řešení jednořadové tepelné sítě	84
4.3.	Ochlazování povrchu	85
4.3.1.	Principy chlazení	85
4.3.2.	Sálání	86
4.3.3.	Přírozená konvekce	89
4.3.4.	Souhrnná chladivost povrchu	91
4.3.5.	Proudění v omezeném prostoru	92
5.	ELEKTRICKÉ VÝBOJE V PŘÍSTROJÍCH (B. GROSS)	95
5.1.	Podstata a druhy výbojů	95
5.2.	Vznik výbojů	97
5.3.	Elektrický oblouk a jeho vlastnosti	100
5.4.	Vznik oblouku v přístrojích	102
5.4.1.	Alternativy vzniku	102
5.4.2.	Zapínání	103
5.4.3.	Vypínání	103
5.5.	Statická a dynamická charakteristika oblouku	105
5.5.1.	Statická charakteristika	105
5.5.2.	Obvod oblouku s paralelním rezistorem	108
5.5.3.	Dynamická charakteristika	109
5.6.	Teorie elektrického oblouku	112
5.6.1.	Obecné úvahy	112
5.6.2.	Mayrova teorie	114
5.6.3.	Cassieova teorie	115
6.	VYPÍNÁNÍ ELEKTRICKÉHO OBVODU S OBOUKEM (B. GROSS)	118
6.1.	Vlastnosti vypínacího oblouku	118
6.2.	Zánik elektrického oblouku	118
6.3.	Principy deionizace výbojové dráhy v přístrojích	119

6.4.	Principy zhášedel stejnosměrného proudu	120
6.4.1.	Fyzikální princip zhášení stejnosměrného oblouku	120
6.4.2.	Princip zhášedel stejnosměrného oblouku	123
6.5.	Princip zhášedel střídavého proudu	127
6.5.1.	Fyzikální princip zhášení střídavého oblouku	127
6.5.2.	Funkční principy zhášedel střídavého oblouku	129
6.6.	Základní vlastnosti jednotlivých typů zhášedel	134
6.6.1.	Magnetické vypínače	134
6.6.2.	Tlakovzdušné vypínače	135
6.6.3.	Kapalinové vypínače	135
6.6.4.	Plynotvorné vypínače	136
6.6.5.	Plynové vypínače	136
6.6.6.	Vakuové vypínače	136
6.6.7.	Zhášedla se zrnitým hasivem	137
7.	VLIV SÍTĚ A ZHÁŠEDLA NA VYPÍNACÍ POCHOD V OBVODECH STŘÍDAVÉHO PROUDU (O. HAVELKA)	138
7.1.	Úvodní poznámka	138
7.2.	Indukční obvod obecně	138
7.3.	Deformace proudu odporem oblouku	140
7.4.	Vypínání malých indukčních proudů	143
7.5.	Vypínání kapacitních proudů	150
7.6.	Blízký zkrat	158
7.7.	Trojfázové soustavy	163
7.8.	Vypínání proudu obecného kmitočtu	167
7.9.	Volba vypínače z hlediska spínacích podmínek	169
8.	ELEKTRICKÉ KONTAKTY (B. DUBRAVEC)	173
8.1.	Úvod	173
8.2.	Stykový odpor	173
8.3.	Úžinový odpor	174
8.4.	Cizí vrstvy na kontaktech	178
8.5.	Odpor cizích vrstev	180
8.6.	Mechanická odolnost kontaktů	183
8.7.	Odolnost kontaktů proti svaření	184
8.8.	Odolnost kontaktů proti opalu obloukem	189
8.9.	Vypínací schopnost kontaktů	193
8.10.	Volba kontaktního materiálu	198
8.11.	Kontaktní ústrojí	199
8.12.	Zásady návrhu kontaktního ústrojí	202
9.	SPÍNACÍ PŘÍSTROJE BEZ ZHÁŠEDEL (O. HAVELKA)	204
9.1.	Členění spínacích přístrojů bez zhášedel	204
9.2.	Charakteristika odpojovačů	204
9.3.	Provedení odpojovačů vn, vvn a zvn	205
9.4.	Obecný popis, činnost a členění prostých přístrojů	208
9.5.	Pákové vypínače	209
9.6.	Suvné vypínače	213
9.7.	Otočné vypínače	215

10.	MAGNETICKÉ VYPÍNAČE (O. HAVELKA)	221
10.1.	Princip a působení magnetického vyfukování	221
10.2.	Izolační zhášecí komory	223
10.3.	Kovové zhášecí komory	225
10.4.	Stykače	230
10.5.	Jističe	235
10.6.	Vypínače vysokého napětí	242
10.7.	Omezovací vypínače	244
11.	KAPALINOVÉ VYPÍNAČE (O. HAVELKA)	248
11.1.	Přehled kapalinových vypínačů	248
11.2.	Volné zhášení oblouku v oleji	249
11.3.	Zhášedla s osovým ofukováním oblouku	251
11.4.	Zhášedla s příčným ofukováním oblouku	259
11.5.	Kotlové olejové vypínače	262
11.6.	Máloolejové vypínače	266
11.7.	Vodní vypínače	270
12.	VYPÍNAČE S PEVNÝM HASIVEM (O. HAVELKA)	272
13.	TLAKOVZDUŠNÉ VYPÍNAČE (O. HAVELKA)	275
13.1.	Principy zhášedel	275
13.2.	Vypínače vysokého napětí	281
13.3.	Vypínače velmi vysokého a zvlášť vysokého napětí	285
13.4.	Autopneumatické odpínače	290
14.	PLYNOVÉ VYPÍNAČE (SF_6) (V. NOVOTNÝ)	296
14.1.	Fluorid sírový	293
14.1.1.	Nové zhášecí médium	293
14.1.2.	Fyzikální vlastnosti SF_6	293
14.1.3.	Chemické vlastnosti SF_6	294
14.1.4.	Schopnost SF_6 odvádět teplo	295
14.1.5.	Elektrické vlastnosti SF_6	297
14.2.	Oblouk hořící v SF_6	299
14.2.1.	Časová konstanta oblouku	299
14.2.2.	Teplota oblouku	302
14.2.3.	Zánik oblouku	304
14.2.4.	Fyziologické vlastnosti SF_6	306
14.3.	Vypínače s fluoridem sírovým	306
14.3.1.	Základní charakteristiky	306
14.3.2.	Způsoby zhášení oblouku v SF_6	307
14.3.3.	Dvoutlaková soustava	311
14.3.4.	Autopneumatický vypínač	312
14.4.	Zapouzdřené rozvodny s SF_6	314
15.	VAKUOVÉ VYPÍNAČE (V. NOVOTNÝ)	322
15.1.	Obecné vlastnosti vakuových vypínačů	322
15.2.	Izolační vlastnosti vakua	322
15.3.	Oblouk ve vakuu	323

15.4.	Vývoj vakuové spínací techniky	324
15.5.	Technologie vakuového zhášedla	326
15.6.	Vlastnosti vakuových zhášedel	327
16.	BEZKONTAKTNÍ SPÍNAČE (V. HOMA)	328
16.1.	Základní princip bezkontaktního spínání	328
16.2.	Nelineární tlumivka jako spínací přístroj	329
16.2.1.	Jednoduchá přesytka bez předmagnetování	330
16.2.2.	Jednoduchá přesytka s předmagnetováním	333
16.2.3.	Vlastnosti řízené tlumivky vytvořené dvěma jednoduchými přesytkami s předmagnetováním	336
16.2.4.	Dynamické vlastnosti bezkontaktního spínače realizovaného pomocí přesytek	342
16.3.	Polovodičové spínací obvody	345
16.3.1.	Tranzistorový spínací obvod	346
16.3.2.	Tyristorový spínací obvod	351
16.4.	Porovnání elektromechanických a bezkontaktních spínačů	356
17.	JISTICÍ A OCHRANNÉ PŘÍSTROJE (V. HOMA)	358
17.1.	Význam jištění, druhy a charakteristiky jisticích přístrojů	358
17.2.	Přiřazování jisticích přístrojů	363
17.3.	Podstata vypínacího pochodu pojistek a jejich provedení	366
17.4.	Podstata působení tepelných spouští a relé	375
17.5.	Způsob činnosti a provedení svodičů přepětí	377
18.	OVLÁDÁNÍ SPÍNACÍCH PŘÍSTROJŮ (V. HOMA)	384
18.1.	Členění pohonů	384
18.2.	Zámky a volnoběžky	386
18.3.	Ruční mechanismy	388
18.4.	Tlakovzdušné a hydraulické pohony	389
18.5.	Elektromotorový pohon	391
18.6.	Elektromagnety	392
18.7.	Pružiny	400
18.8.	Krokovací mechanismy	400
18.9.	Tlumiče a brzdy	401
19.	ZKOUŠENÍ SPÍNACÍCH PŘÍSTROJŮ (V. NOVOTNÝ)	403
19.1.	Přehled zkoušek	403
19.1.1.	Zkoušky u výrobce	404
19.1.2.	Výzkumné, modelové a vývojové zkoušky	404
19.1.3.	Výrobní zkoušky	404
19.2.	Zkoušky vypínací schopnosti	405
19.2.1.	Přímé zkoušky v síti	405
19.2.2.	Přímé zkoušky ve zkratovně	406
19.3.	Zkratovna	406
19.4.	Provedení zkoušky ve zkratovně	409
19.5.	Nepřímé zkoušky	409
19.6.	Syntetické zkušební metody	410
19.7.	Syntetické zkušební obvody	414
19.7.1.	Obvody se vstříkem proudu	414

19.7.2.	Obvody se vstřikem napětí	417
19.8.	Zkoušky vypínačů s maloodporovými paralelními rezistory	419
19.9.	Zapínací zkoušky	420
19.10.	Blízký zkrat	422
19.11.	Nepřímé zkoušky	424
19.12.	Současné problémy a otázka ekvivalence zkušebních obvodů	426
19.13.	Význam měření v oblasti nulové hodnoty proudu	428
19.14.	Vyhodnocování zkoušek	434
	LITERATURA	435