**Obsah**


Úvod ..... 11
1 Struktura elektrizační soustavy ..... 13
2 Základní schémata elektrických stanic a rozvoden ..... 15
2.1 Schémata stanic 400 kV a 220 kV ..... 15
2.1.1 Rozvodna s dvojitými přípojnicemi ..... z nichž jedna je zároveň přípojnicí pomocnou ..... 15
2.1.2 Rozvodna s dvojitými přípojnicemi hlavními ..... a samostatnou pomocnou přípojnicí ..... 16
2.1.3 Rozvodna zapojená do "H" ..... 16
2.1.4 Úsporné schéma do čtyřúhelníku ..... 17
2.1.5 Rozvodny velké důležité se zvětšeným zabezpečením odboček znásobením vypínačů 1,5x, příp. 2x ..... 17
2.2 Schémata stanic 110 kV ..... 18
2.2.1 Rozvodny střední velikosti ..... 18
2.2.2 Úsporná schémata malých rozvoden ..... 19
2.2.3 Schémata rozvoden 110 kV s náhradou vypínačů ..20
2.3 Rozvodny 35 kV a 22 kV ..... 21
3 Transformátory ..... 24
3.1 Hlavní transformátory elektráren ..... 24
3.1.1 Blokové transformátory ..... 24
3.1.2 Spojovací transformátory ..... 24
3.2 Transformátory pro vlastní spotřebu elektráren ..... 25
3.3 Síťové transformátory ..... 26
3.4 Proximita transformačních stanic ..... 28
3.4.1 Základní pojmy ..... 28
3.4.2 Výpočet proximity trafostanic ..... 28
3.4.3 Složení celkových ročních nákladů ..... 29
3.4.4 Určení optimální vzdálenosti trafostanic ..... 32
3.4.5 Proximita distribučních trafostanic ..... v rozptýleném odběru ..... 35
3.4.6 Velikost rezervy v transformátorech ..... 36
4 Distribuční rozvodné soustavy ..... 38
4.1 Sítě paprskové radiální ..... 38
4.2 Sítě okružní ..... 38
4.3 Mřížové sítě ..... 40
5 Průmyslový rozvod elektrické energie ..... 45
5.1 Umístění transformátorů a rozváděčů ..... 45

5.1.1 Vstupní a hlavní transformovna průmyslového závodu ..... 45
5.1.2 Společné zásady pro všechny transformovny v průmyslovém rozvodu ..... 46
5.2 Volba druhu transformátorů a rozváděčů ..... 47
5.2.1 Hlavní rozváděče nn ..... 47
5.2.2 Podružné rozváděče ..... 47
5.3 Způsoby uložení kabelového vedení ..... 47
5.3.1 Křižování kabelů ..... 47
5.3.2 Postup při návrhu kabelových kanálů a jejich výzbroje ..... 48
5.4 Modernizace průmyslového rozvodu ..... 49
5.4.1 Zásady modernizace ..... 49
5.4.2 Rekonstrukce rozvodů změnou umístění transformátoru ..... 49
5.4.3 Rozšíření závodu ..... 50
5.4.4 Rozšíření závodu s okružním rozvodem vn ..... 50
5.5 Technologie projektu průmyslového závodu ..... 51
5.6 Rozvod el. energie v hutním závodě ..... 52
5.7 Rozvod elektrické energie v hlubinných dolech ..... 54
5.7.1 Hlavní transformovna ..... 54
5.7.2 Hlavní rozvodny v patrech ..... 54
5.7.3 Pojízdné trafostanice ..... 56
5.7.4 Rozváděče nn ..... 56
6 Nové prvky průmyslových rozvodných zařízení ..... 57
6.1 Zapouzdřené rozvodny ..... 57
6.2 Rozvaděče vn ..... 61
6.2.1 Nové směry v konstrukci rozvodných zařízení vn ..... 61
6.3 Rozvaděče nn ..... 66
6.3.1 Hlavní ukazatel pro hodnocení modernosti rozváděčů nn ..... 66
7 Elektrické ochrany a jištění v průmyslovém rozvodu ..... 67
7.1 Základní pojmy ..... 67
7.1.1 Definice ochrany ..... 68
7.1.2 Chráněný objekt ..... 68
7.1.3 Ochrana ..... 71
7.2 Poruchy ..... 71
7.2.1 Základní věta o ekvivalenci poruchy ..... 72

7.2.2 Příklad bezporuchové funkce a možnosti vzniku poruchy ..... 72
7.3 Požadavky kladené na elektrické ochrany a jištění v průmyslu ..... 74
7.4 Vypínací charakteristiky ..... 75
7.5 Druhy jistících přístrojů ..... 79
7.5.1 Pojistky ..... 79
7.5.2 Jističe ..... 80
7.5.3 Jistící relé ..... 83
7.6 Jištění elektrických vedení ..... 89
7.6.1 Jištění vodičů pojistkami ..... 92
7.6.2 Jištění vodičů jističi ..... 97
7.6.3 Umísťování jistících prvků vedení ..... 98
7.6.4 Jištění elektromotorů nn ..... 99
7.7 Jištění elektromotorů vn ..... 105
7.7.1 Jištění asynchronních motorů vn ..... 105
7.7.2 Jištění synchronních motorů vn ..... 106
7.8 Jištění ostatních spotřebičů ..... 106
7.9 Uzemňování v rozvodu el. energie ..... 108
8 Kompenzace jalového výkonu v průmyslu ..... 109
8.1 Základní pojmy ..... 109
8.1.1 Důsledky špatného účiníku ..... 110
8.1.2 Výhody kompenzace účiníku ..... 112
8.2 Určení velikosti paralelní kompenzace ..... 112
8.2.1 Kompenzace při konstantním činném výkonu ..... 112
8.2.2 Velikost jalového výkonu pro kompenzaci ..... 114
8.3 Kompenzátory ..... 114
8.4 Vliv spotřebičů na účiník ..... 115
8.5 Kompenzace statickými kondenzátory ..... 117
8.5.1 Individuální kompenzace ..... 117
8.5.2 Skupinová kompenzace ..... 117
8.5.3 Centrální kompenzace ..... 118
8.6 Kompaktní filtračně-kompenzační rozváděč 6 kV ..... 118
8.7 Regulace kondenzátorové baterie ..... 120
9 Kvalita elektrické energie ..... 123
9.1 Názvosloví ..... 123
9.2 Harmonické vyšších řádů v průmyslových sítích ..... 124
9.2.1 Výpočet harmonických vyšších řádů napětí u průmyslových zařízení ..... 124

9.2.2 Výpočet činitele zkreslení napětí kz, způsobeného ... připojovaným průmyslovým zařízením .....126
9.3 Kolísání napětí způsobené průmyslovým zařízením .....126
9.3.1 Mezní hodnoty relativních změn napětí .....126
9.3.2 Výpočet relativních změn napětí .....127
10 Energetické problémy elektrotepelných zařízení .....129
10.1 Energetické problémy odporových elektrotepelných ..... zařízení v průmyslu .....129
10.1.1 Přímý odporový ohřev .....129
10.1.2 Nepřímý odporový ohřev .....136
10.1.3 Zapojení a regulace teploty odporových pecí .....137
10.2 Rušivé vlivy elektrických obloukových pecí ..... v napájecích sítích .....141
10.2.1 Podstata vzniku rušivých vlivů ocelářských ..... obloukových pecí .....141
10.2.2 Kolísání napětí a proudová nesymetrie v primárních . obvodech ocelářských obloukových pecí .....147
10.2.3 Možnosti snížení rušivých účinků elektrických ..... obloukových pecí na napájecí síť vysokého napětí 149
10.2.4 Řízení obloukových pecí počítačem .....155
10.2.5 Diagnostika obloukových pecí počítačem .....163
10.3 Energetické problémy indukčních elektrotepelných zařízení .. v průmyslu .....166
10.3.1 Indukční kelímkové pece .....166
10.3.2 Indukční zařízení pro povrchový ohřev .....166
10.3.3 Kanálkové indukční pece .....170
10.3.4 Připojení kanálkových pecí k síti .....171
10.3.5 Elektrické zdroje napájení indukčních pecí .....179
10.4 Dielektrická tepelná zařízení .....185
10.4.1 Použití dielektrického tepla .....185
10.4.2 Dielektrická zařízení .....188
10.4.3 Elektrické zdroje pro dielektrické ohřevy .....192
10.4.4 Mikrovlnný ohřev .....193
10.5 Elektronová zařízení .....197
10.5.1 Elektronová děla .....197
11 Energetické problémy vytápění .....202
11.1 Problematika tepelné pohody člověka v místnosti .....202
11.1.1 Tepelný stav prostředí .....203
11.1.2 Prostup tepla stěnou .....206

11.2 Praktický výpočet otopných zařízení ..... 208
11.2.1 Obecný postup výpočtu tepelných ztrát ..... 209
11.2.2 Výpočet tepelných ztrát budov ve zvláštních případech ..... 213
11.2.3 Určení měrných tepelných ztrát ..... 215
11.2.4 Výpočet otopného příkonu ..... 216
11.3 Elektrické vytápěcí systémy ..... 219
11.3.1 Akumulační elektrické vytápění ..... 221
11.3.2 Přímotopné elektrické vytápění ..... 223
11.3.3 Smíšené (hybridní) elektrické vytápění ..... 233
11.4 Tepelná čerpadla ..... 234
11.5 Problematika automatické regulace vytápění ..... 237
11.5.1 Regulační obvody ..... 238
11.5.2 Regulační prvky ..... 240
11.6 Příprava teplé užitkové vody (TUV) ..... 243
11.6.1 Lokální příprava TUV ..... 244
11.6.2 Akumulační ohřev TUV v malých zásobnících (bojlerech) ..... 244
11.6.3 Průtokové ohřívače TUV ..... 246
11.7 Připojování elektrotepelných spotřebičů k distribuční síti nízkého napětí ..... 249
11.7.1 Podmínky pro připojování elektrotepelných spotřebičů ..... 249
11.7.2 Jištění elektrotepelných spotřebičů ..... 250
11.7.3 Měření spotřeby elektrické energie ..... 250
11.7.4 Blokování elektrotepelných spotřebičů ..... 252
11.7.5 Odlehčovače zátěže a jejich použití ..... 253
12 Projektování energetických systémů ..... 257
12.1 Systémové řešení projektů v energetice ..... 257
12.2 Funkce energetických systémů ..... 261
12.3 Rozdělení projektovaných energetických systémů na subsystémy ..... 263
12.4 Základy projektování ..... 265
12.4.1 Projektování jako regulační proces ..... 266
12.5 Podklady pro projektování ..... 269
12.6 Alternativy řešení projektů ..... 269
12.6.1 Subjektivní rozhodování ..... 271
12.6.2 Objektivní rozhodování ..... 271
12.7 Metoda rozhodovací analýzy ..... 271

12.8 Teorie multikriteriální analýzy .....273
12.8.1 Klasifikace úloh vícekriteriálního rozhodování ...273
12.8.2 Základní pojmy úloh vícekriteriálního rozhodování274
12.9 Obecný postup multikriteriálního hodnocení variant .....276
12.9.1 Vytvoření soustavy kritérií hodnocení .....278
12.9.2 Stanovení vah kritérií .....278
12.9.3 Stanovení vzorových hodnot kritérií .....279
12.9.4 Hodnocení dosažených výsledků variant .....280
12.9.5 Posouzení rizik .....284
12.9.6 Výběr nejvhodnější varianty .....285
12.9.7 Vzájemná závislost a podmíněnost kritérií .....285
12.9.8 Expertní hodnocení .....286
12.10 Multikriteriální vyhodnocovací metody .....286
12.10.1 Metoda váženého součtu - WSA .....
(Weighted Sum Approach) .....287
12.10.2 Metoda ideálních bodů - IPA .....
(Ideal Points Analysis) .....289
12.10.3 Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference ...
by Similarity to Ideal Solution) .....289
12.10.4 Metoda shody a neshody - CDA .....
(Concordance Discordance Analysis) .....293
12.10.5 Metoda AGREPREF .....297
12.10.6 Metoda PROMETHEE (Preference Ranking .....
Organization METHod for Enrichment Evaluation)300
12.11 Modelování preferencí mezi kritérii .....303
12.11.1 Ordinální informace .....303
12.11.2 Váhy .....303
12.11.3 Praktické způsoby získávání vah kritérií .....303
12.11.4 Matematické metody určování vah kritérií .....305
12.12 Systémy dálkového ovládání v distribučních sítích VN ....314
12.12.1 Komponenty systému dálkového ovládání .....315
12.12.2 Komunikační síť .....315
12.12.3 Centrální a dispečerská stanice (CDS) .....316
12.12.4 Dálkově ovládaná stanice - DO odpínač .....316
12.12.5 Dálkově ovládaná stanice - Recloser .....317
12.12.6 Dálkově ovládaná stanice - DO trafostanice .....318
12.12.7 Řídící systém DOS a jeho funkce .....318
12.12.8 Řídící systém pro dispečerské řízení .....319

13 Spolehlivost v elektroenergetice ..... 321
13.1 Problematika spolehlivosti ..... 321
13.1.1 Oblasti řešení spolehlivosti ..... 321
13.1.2 Základní pojmy z oblasti spolehlivosti ..... 323
13.1.3 Číselné vyjádření spolehlivosti ..... 324
13.1.4 Vztahy mezi základními spolehlivostními veličinami ..... 325
13.1.5 Rozdělení pravděpodobnosti poruch ..... 328
13.2 Výpočet spolehlivosti ..... 330
13.2.1 Získávání vstupních údajů pro spolehlivostní výpočty ..... 330
13.2.2 Metoda spolehlivostních schémat ..... 333
13.2.3 Metodika výpočtu spolehlivosti dle směrnice ČEZ 22/80 ..... 341
13.2.4 Simulační metoda výpočtu spolehlivosti Monte - Carlo ..... 347
Literatura: ..... 357