

OBSAH

1. Problematika přechodných stavů v elektroenergetických soustavách	13
1.1. Úvod	13
1.2. Systematika přechodných stavů	13
2. Přechodné děje v lineárních rozvodných sítích	15
2.1. Základní rovnice	15
2.2. Přechodné děje v rozvodné uzlové síti s bodovými parametry	15
2.3. Přechodné děje v přenosové síti s rozdělenými parametry	19
2.3.1. Zapínací děj v jednoduchém dálkovém přenosu	20
a) Přechodný děj v homogenním vedení	20
b) Přechodný děj v napájecí síti	22
c) Přechodný děj v odběrové síti	23
d) Vliv okrajových podmínek na přechodný děj v dálkovém přenosu	24
2.3.2. Řešení zapínacího děje dálkového přenosu metodou postupných vln	24
3. Přechodné jevy v obvodech nelineárního charakteru	29
3.1. Elektrické parametry nelineárních obvodů	29
3.1.1. Přechodný děj v jednoduchém nelineárním obvodu	30
3.1.2. Obvody s proměnnými parametry	31
a) Vedení s prostorově proměnnými parametry	32
b) Obvody s časově proměnnými parametry	33
α) Obvod RL s proměnným odporem	33
β) Obvod RL s proměnnou indukčností	34
γ) Obvod LC s proměnnou kapacitou	35
c) Obvody s parametry závislými na obvodové proměnné	38
4. Nevyvážené soustavy	48
4.1. Teorie složkových soustav	48
4.1.1. Teorie složkových soustav trojfázové soustavy	49
4.1.1.1. Souměrné složky. (Metoda Fortescueova)	49
4.1.1.1.2. Diagonální složky α , β , 0. (Metoda Edithy Clarkeové	50
4.1.1.1.3. Složky SDz. (Metoda Kimbarkova)	52
4.1.1.1.4. Složky RST. (Metoda Kogova)	55
4.1.1.2. Souměrné složky mnohofázových soustav	56
4.1.1.2.1. Obecné řešení mnohofázové soustavy souměrnými složkami	56
4.1.1.2.2. Čtyřfázová soustava	57
4.1.1.2.3. Dvoufázová soustava	59

4.1.2.4.	Obecná metoda grafického určení souměrných složek trojfázové soustavy	60
4.1.2.5.	Zjednodušená metoda grafického určení souměrných složek	60
4.1.2.6.	Dvoufázová soustava	62
4.1.3.	Souměrné složky nevyvážených trojfázových soustav	63
4.1.3.1.	Úvod	63
4.1.3.2.	Souměrná elektromotorická napětí — souměrná síť	64
4.1.3.3.	Nesouměrná elektromotorická napětí — souměrná síť	65
4.1.3.4.	Souměrná elektromotorická napětí — nesouměrná síť	67
4.1.4.	Sdružená napětí, výkony a měření souměrných složek nesouměrných soustav (filtry)	70
4.1.4.1.	Analýza sdružených napětí	70
4.1.4.2.	Výkon v nesouměrné trojfázové soustavě	71
4.1.4.3.	Způsoby měření souměrných složek — filtry	74
4.2.	Zkratové jevy v elektromagnetických soustavách	77
4.2.1.	Celková charakteristika zkratových jevů	77
4.2.2.	Zkrat na některém místě jednoduché soustavy při chodu naprázdno	84
4.2.2.1.	Schéma a postup řešení	84
4.2.2.2.	Trojfázový souměrný zkrat	86
4.2.2.3.	Jednopolový zemní zkrat	87
4.2.2.4.	Dvoupólový zkrat bez dotyku se zemí	89
4.2.2.5.	Dvoupólový zemní zkrat	90
4.2.3.	Zkrat v některém místě zauzlené sítě při zatížení	91
4.2.3.1.	Princip superpozice	91
4.2.3.2.	Proud a napětí v místě zkratu a v obecném místě sítě	92
4.2.3.3.	Popis metody	94
4.2.4.	Náhradní schémata nesouměrných dějů pomocí souměrných složek	94
4.2.4.1.	Souměrné složky impedancí	94
4.2.4.2.	Náhradní složkové schémata	96
4.2.4.3.	Výpočet jednoduchých zkratů pomocí souměrných složek	97
4.2.4.4.	Složková schémata kombinovaných poruch	100
4.2.5.	Náhradní schémata nesouměrných proudů pomocí diagonálních složek	102
4.2.5.1.	Diagonální složky proudů a impedancí	102
4.2.5.2.	Náhradní (složková) schémata nesouměrných poruch	105
4.2.5.3.	Porovnání souměrných složek se složkami diagonálními ($\alpha, \beta, 0$)	109
4.2.6.	Náhradní schémata nesouměrných dějů pomocí Kogových složek R, S, T	113
4.2.6.1.	Příčná nesouměrnost	113
4.2.6.2.	Podélná (sériová) nesouměrnost	117
4.2.6.3.	Porovnání souměrných a Kogových složek RST	118
5.	Přechodné jevy v elektromagnetických soustavách s bodovými parametry při zkratech	120
5.1.	Teorie synchronního generátoru v ustáleném stavu	120
5.1.1.	Rozdělení	120

5.1.2. Elektromagnetické poměry synchronního vícefázového stroje s hladkým rotorem	122
5.1.3. Elektromagnetické poměry synchronního stroje s vyniklými póly v ustáleném chodu	128
5.1.4. Přímková charakteristika naprázdno, poměrné hodnoty, náhradní schémata	136
5.2. <i>Elektromagnetické přechodné děje synchronních strojů při vnějším zkratu</i>	139
5.2.1. Souměrné zkraty	139
5.2.1.1. Elektromagnetické přechodné děje statoru	139
5.2.1.2. Elektromagnetické přechodné děje rotoru	152
5.2.2. Nesouměrné stavy synchronních generátorů	155
5.2.2.1. Aplikace souměrných složek	155
5.2.2.2. Jednólový zkrat	158
5.2.2.3. Dvoupólový zemní zkrat	159
5.2.2.4. Nesouměrné přechodné děje	161
5.2.3. Diferenciální rovnice elektromagnetických přechodných dějů v bu- dicím a tlumícím vinutí	164
5.2.4. Diferenciální rovnice elektromagnetických a elektromechanických dějů synchronního stroje v obecném případě	168
5.2.4.1. Formulace problému	168
5.2.4.2. Magnetické spřažení podélné a příčné osy	173
5.2.4.3. Úplná soustava rovnic pro přechodné děje	178
5.2.4.4. Rovnice synchronního stroje v operátorovém zobrazení	181
5.2.4.5. Operátorové koeficienty	184
5.3. <i>Impedance a náhradní schémata částí soustavy</i>	189
5.3.1. Soustava poměrných hodnot trojfázových systémů — jednopólové schéma	189
5.3.2. Synchronní generátory	193
5.3.2.1. Elektromotorická napětí	193
5.3.2.2. Reaktance	195
5.3.2.3. Náhradní generátor	196
5.3.3. Motory	197
5.3.3.1. Synchronní motory	197
5.3.3.2. Asynchronní motory	198
5.3.4. Usměrňovače	201
5.3.4.1. Druhy zkratu	201
5.3.4.2. Náhradní schémata usměrňovačů	203
5.3.4.3. Měření charakteristik usměrňovacího transformátoru	205
5.3.5. Transformátory	206
5.3.5.1. Transformátory s dvěma vinutími	206
5.3.5.2. Transformátory s třemi vinutími	211
5.3.5.3. Autotransformátory	212
5.3.6. Venkovní a kabelové vedení	216
5.3.6.1. Sousledná a zpětná impedance venkovních vedení	216
5.3.6.2. Nulová impedance venkovních vedení	220
5.3.6.3. Nulová impedance složité soustavy vodičů	225
5.3.6.4. Přípojnice	232

5.3.6.5. Kabely	234
5.4. <i>Praktický výpočet zkratových proudů</i>	238
5.4.1. Časový průběh trojfázových zkratových proudů	238
5.4.2. Nárazový (dynamický) zkratový proud	245
5.4.3. Vypínací zkratový proud	248
5.4.4. Vliv buzení	252
5.4.5. Zkratové křivky	255
5.4.6. Výpočet	259
5.4.6.1. Formulace a vymezení výpočtu	259
5.4.6.2. Postupy výpočtu	260
5.4.6.3. Výpočet trojpólových zkratů	262
5.4.6.4. Výpočet nesouměrných zkratů	265
5.5. <i>Účinky zkratových proudů</i>	268
5.5.1. Vlivy působení na velikost zkratových proudů	268
5.5.1.1. Druh zkratu	268
5.5.1.2. Vliv zatížení	270
5.5.1.3. Vliv kondenzátorů	271
5.5.2. Přímé působení zkratových proudů	274
5.5.2.1. Dynamické síly	274
5.5.2.2. Tepelné namáhání	275
5.5.3. Přepětí	278
5.5.3.1. Přepětí při zemním spojení s izolovaným uzemněným uzlem	278
5.5.3.2. Přepětí při normální frekvenci	280
5.5.3.3. Přechodné přepětí při zapnutí zemního vodiče	281
5.5.3.4. Přechodné přepětí při přerušení zemního spojení	282
5.5.4. Zotavené napětí	284
5.5.4.1. Základní pojmy a definice	284
5.5.4.2. Určování průběhu zotaveného napětí	289
5.5.5. Kompenzace zemního spojení	292
5.5.5.1. Výhody a nevýhody sítě s izolovaným uzlem	292
5.5.5.2. Uzemnění uzlu pomocí zhášecí tlumivky	293
5.5.5.3. Výhody a nevýhody kompenzace sítě se zhášecí tlumivkou	295
5.5.5.4. Uzemnění přes zhášecí transformátor	298
5.5.6. Nebezpečná napětí	299
5.5.6.1. Náhodné spojení mezi vn a nn	299
5.5.6.2. Krokové a dotykové napětí	299
5.5.6.3. Rozdělení zkratových proudů mezi zem a zemnicí vodiče	302
5.5.6.4. Poruchy v rozvodných sítích	306
5.5.7. Vliv zkratových proudů na souběžná a sdělovací vedení	308
Literatura (kap. 4, 5)	315
6. Stabilita chodu elektroenergetické soustavy	317
6.1. <i>Úvod</i>	317
6.2. <i>Základné vzťahy pre výpočty stability</i>	317
6.2.1. Indukčná reaktancia prenosovej sústavy	318
6.2.2. Synchronné stroje v energetickej sústave pri konštantnom buzení	322

6.2.2.1. Synchronne stroje s hladkým rotorom	322
6.2.2.2. Synchronne stroje s vyjadrenými pólmí	324
6.2.3. Synchronne stroje v sústave pri premenlivom buzení	327
6.2.3.1. Stroje s hladkým rotorom pri premenlivom buzení	328
6.2.3.2. Stroje s vyjadrenými pólmí pri premenlivom buzení	331
6.2.4. Výpočet napätí, výkonov a záťažných uhlov sústavy	332
6.2.4.1. Nekonečne veľká, tzv. tuhá sieť	333
6.2.4.2. Výpočet hodnôt synchronného stroja s hladkým rotorom	333
6.2.4.3. Výpočet hodnôt synchronného stroja s vyjadrenými pólmí	338
6.2.4.4. Synchronný kompenzátor v energetickej sústave	341
6.2.4.5. Metóda superpozície pri riešení zložitých sústav	342
6.2.4.6. Vplyv ohmického odporu na záťažný uhol sústavy	349
6.2.4.7. Elektromechanické vzťahy pri chode energetických sústav	352
6.2.4.8. Diferenciálne rovnice kyvu	356
6.3. Pomalé a rýchle zmeny stavu sústavy. Stabilita	358
6.3.1. Statická stabilita sústavy	358
6.3.1.1. Statická stabilita v zložitej sústave	361
6.3.1.2. Použitie metódy dvoch strojov pri riešení zložitej sústavy	363
6.3.1.3. Statická stabilita pri konštantnom buzení	364
6.3.1.4. Statická stabilita pri konštantnom svorkovom napätí generátorov	367
6.3.1.5. Vplyv spotrebičov na statickú stabilitu sústavy	371
6.3.1.6. Stabilita asynchronných motorov v sústave	373
6.3.1.7. Clarkovej metóda pre posúdenie statickej stability	374
6.3.2. Skúmanie statickej stability pri malých kyvoch	376
6.3.2.1. Voľné kývanie netlmené	378
6.3.2.2. Voľné kývanie tlmené	379
6.3.3. Dynamická stabilita sústavy	381
6.3.3.1. Všeobecný výpočet medze dynamickej stability	384
6.3.3.2. Pravidlo plôch pri určovaní dynamickej stability jednoduchej sústavy	387
6.3.3.3. Pravidlo plôch pri určovaní dynamickej stability sústavy dvoch strojov	389
6.3.3.4. Použitie pravidla plôch pri rôznych poruchových stavoch	392
6.3.3.5. Metóda postupnej integrácie (krok za krokom)	394
6.3.3.6. Riešenie dynamickej stability typovými krivkami kyvu	398
6.3.3.7. Vplyv skratu na parametre sústavy	399
6.3.3.8. Postup prieskumu dynamickej stability elektroenergetickej sústavy	402
6.4. Zabezpečenie stability elektroenergetickej sústavy	404
6.4.1. Kompenzácia reaktancie prenosovej sústavy	405
6.4.2. Konštruktívne úpravy na synchronných strojoch	408
6.4.3. Rýchle buzenie a nárazové pribudenie synchronných strojov	409
6.5. Problém stability ako dôsledok ekonomizácie prenosu	412
Literatúra (kap. 6)	415

7. Přechnodné jevy v rozvodných soustavách s parametry prostorově rozloženými . . .	416
7.1. <i>Zapínání vedení naprázdno a nakrátko</i>	416
7.2. <i>Složená vedení</i>	417
7.2.1. <i>Zapnutí dvou vedení v sérii</i>	417
7.2.2. <i>Zapnutí složených rozbočných vedení</i>	418
7.2.3. <i>Zapnutí vícenásobně sériově složených vedení</i>	419
7.2.4. <i>Vliv bleskového úderu do vedení</i>	420
7.3. <i>Obecné poměry na rozhraní složených vedení</i>	421
Literatura (kap. 1, 2, 3 a 7)	429
Register	431