

O b s a h (II. díl EP).

	Str.
III/A/ <u>Základy mechaniky rozběhu a doběhu elektrických</u>	
<u>pohonů.</u>	20
a/ <u>Základní pojmy</u>	20
b/ <u>Točivé momenty</u>	22
c/ <u>Redukce momentu setrvačnosti</u>	26
d/ <u>Redukce hmoty</u>	28
e/ <u>Roztáčení setrvačných hmot (Rozběh)</u>	29
e/1/ <u>Počítácko-grafické řešení rozběhu</u>	33
Typické případy rozběhu.	37
e/2/ <u>Grafické řešení rozběhu</u>	39
f/ <u>Zastavování rotujících, resp. pohybujících se</u>	
<u>hmot. (Doběh)</u>	45
f/1/ <u>Volný doběh</u>	45
f/2/ <u>Zvolněné zastavování</u>	47
f/3/ <u>Zrychlené zastavování</u>	48
f/4/ <u>Grafické řešení období zastavování</u>	50
III/B/ <u>Všeobecně o regulaci rychlosti motorů</u>	51
<u>Regulace rychlosti</u>	52
<u>Stručný přehled a rozbor nejdůležitějších a nej -</u>	
<u>používanějších způsobů regulace rychlosti</u>	
<u>elektromotorů</u>	64
I/ <u>Motory na proud stejnosměrný</u>	64
A/ <u>Síť stejnosměrná</u>	64
(Motor: derivační; seriový; s cizím buzením;	
WL-regulace; souspojení a protispojení).	
B/ <u>Síť trojfázová</u>	69
(WL-soustrojí; s konvertorem; WL-soustrojí	
s usměrňovači; elektronická regulace; s mříž-	
kově řízenými usměrňovači.)	

	Str.
II/ Trojfázové indukční motory	74
(Motor kroužkový; s kotvou nakrátko)	
Regulační soustrojí (kaskády)	
(Asynchronní kaskáda; kaskáda: Krämerova, Scherbiusova, SSW-Heylandova, BBC-Scherbiusova)	
III/Kolektorové (komutátorové) motory.....	80
1/ Jednofázový seriový, jednofázový repulsní	
2/ Trojfázové kolektorové motory (motory regulační): seriový; derivační stat. napájený; derivační rotorově napájený (Schrage).	
III/C/ <u>Theorie řízení elektromotorů</u>	85
Úvod.	85
III/C/I/ <u>Řízení motorů na proud stejnosměrný</u>	87
I/1/ <u>Seriové.</u>	87
A/ Spouštění.	87
Stupně spouštěcího odporu.	89
B/ Regulace rychlosti (n ot/min) v chodu.....	91
Regulace změnou E_m	92
α / Změna E_m přidáním odporem	92
β / Změna E_m změnou přiváděného napětí.....	94
Hospodárné skupiny trakčních motorů	94
Regulace změnou silotoku.....	95
C/ Zastavení ss-motoru seriového	96
Brzdění:	
α /Brzdění do odporů.....	96
Určení brzdících odporových stupňů	97
Příklad brzdění seriového ss-motoru do odporu ..103	
β /Brzdění seriovým ss-motorem do sítě (rekuperace).....107	
γ /Brzdění seriov.ss-motoru protiproudem	108
D/ Reversace (obrácení chodu) seriového ss-motoru ..110	
III/C/I/2/ <u>SS-motory derivační</u>	111
I/2/A/ Spouštění.....	111
Odporové spouštěcí stupně, nestejnomyšlnost	
spouštění ($\lambda = \frac{J_{max}}{J_{min}}$)	112

Srovnání rozběhových křivek (obr. IIIC-159) motorů:

I k-kotva; II v-kotva; a IIIb-kotva běžného provedení 362

B/2/ Regulace rychlosti k-motorů, b-motorů, v-motorů .. 363

C/2/ Zastavení, příp. brzdění 3-fáz. motorů s k-kotvou b-kotvou a v-kotvou 364

D/ Reversace k-motorů, b-motorů a v-motorů 365

Spouštěcí spojky 365

1/ Spouštěcí spojky bez časového zpoždění záběru 365

2/3/ Spouštěcí spojky s časovým zpožděním záběru 366

II/2/c/ Rízení 3-fáz. motorů s kotvou vinutou, ale bez sběracích kroužků, Automatické spouštění. - Automatické kotvy 369

A/ Spouštění 369

Automatická kotva Weissberg-Simplex -ČKD 372

Automatická kotva SSW 376

Automatická kotva BBC 377

B/ Regulace rychlosti v chodu motorů s automatickou kotvou. 378

C/ Zastavení motoru s automatickou kotvou 378

D/ Reversace motorů s automatickou kotvou 378

II/2/d/ Rízení 3-fáz. indukčních motorů synchronizovaných (si-motory) 379

A/ Spouštění 379

B/ Regulace rychlosti 379

C/ Zastavení 379

D/ Reversace 379

II/2/e/ Rízení trojfázových kompenzovaných motorů 379

A/ Spouštění 380

B/ Regulace rychlosti 379

C/ Zastavení 379

D/ Reversace 380

II/2/ / Rízení jednofázových motorů indukčních 383

A/ Spouštění 383

	Str.
Způsoby spouštění ji-motorů	381
Řazení s tlumivkou v pomoc. fázi.	381
Řazení s odporem a tlumivkou v p.f.	382
Řazení s kondensátorem.....	383
Rozběhové hodnoty (J_Z, M_Z) $\frac{1}{3}$ HP - ji- motoru s kon- densátorem	384
Arno spojení k provisornímu jednofázovému připo- jení 3-fázových motorů k 3-fáz.síti .. .	384
B/ Regulace rychlosti ji-motorů.....	386
C/ Zastavení ji-motorů .. .	386
D/ Reversace ji-motorů	386
<u>II/2/ / Řízení dvoufázových motorů indukčních</u>	<u>386</u>
<u>II/3/ /a/ Řízení jednofázových kolektorových motorů serio- vých</u>	<u>387</u>
A/ Spouštění	387
1/ předřazeným proměnlivým odporem	387
2/ spouštěcím (auto)transformátorem.....	387
Určení spouštěcích stupňů napětí (odboček) spouště- cího autotransformátoru.....	389
B/ Regulace rychlosti v chodu jks -motoru	394
C/ Zastavení jks-motoru	395
Brzdění (do odporu; rekuperací; proti-proudem) (obr. IIIC-185a, b, c).....	395
D/ Reversace (obracení chodu)	396
<u>II/3/ /b/1/ Řízení kolektorových motorů repulsních</u>	<u>397</u>
A/ Spouštění	397
(Repulsní motor s jednou sadou kartáčů; se dvěma sa- dami kartáčů v "seriovém spojení"; Déri-motor	398
B/ Regulace rychlosti repulsních motorů	399
C/ Zastavení repulsního motoru	400
Brzdění (do odporu, rekuperací)	400
D/ Reversace... ..	400
<u>II/3/ / Řízení trojfázových kolektorových motorů</u>	<u>400</u>
a/ <u>Seriové</u>	400

A/ Spouštění	401
B/ Regulace rychlosti	401
Labilita chodu; dvě sady kartáčů	402
C/ Zastavení tks-motoru	403
Brzdění	403
D/ Reversace	404
II/3/ / b/1/ <u>Rízení trojfázových kolektorových motorů</u>	
<u>derivačních satorově napájených</u>	404
A/ Spouštění	404
B/ Regulace rychlosti v chodu	405
Přibližná energetická bilance při regulaci	
tkd-motoru satorově napájeného pro regulační	
rozsah 1:3	405
C/ Zastavení satorově napájeného tkd-motoru	407
Brzdění tkd-motoru	407
D/ Reversace tkd-motoru	407
II/3/ / b/2/ <u>Rízení tkd-motorů s napájením rotorovým</u>	
<u>(Schrage)</u>	408
A/ Spouštění	409
B/ Regulace rychlosti v chodu tkd-motoru rotorově	
napájeného	409
Srovnání hospodárnosti regulace: asynchr.mot.od-	
porem v rotoru; WL-regulace; Schrage-motoru ..	411
Poznámka k posouvání kartáčků u Sch-motoru	414
C/ Zastavení, brzdění, reversace Sch-motoru	414
Nejdůležitější výhody Sch-motoru uplatňující se při ří-	
zení (spouštění, regulací rychlosti, zastavování,	
brzdění)	415
IV. <u>Nárazová zařízení (vyrovnávací)</u>	416
Princip akumulace energie	417
1/ System <u>Ignar-Ward-Leonard</u>	418
2/ System <u>Langhofer-Mayerbergův</u>	425
3/ System <u>Thallmayerův</u>	427
4/ Mechanická akumulace s hlavním motorem asynchr.	
asynchronním	425

	str
Akumulace chemická	430
1/ Ifflandův systém /hlavní motor stejnosměrný, sít trojfázová	430
2/ Hlavní motor i sít trojfázová	432
Parní motor jako akumulátor	433
V. Oteplování a ochlazování elektromotorů	435
1/ Trvalý chod motoru	438
2/ Krátkodobý chod motoru	439
Tepelná přetížitelnost motoru	440
3/ Přerušovaný / přetržitý/ chod / provoz/	441
Zatěžovatel (relativní doba zapnutí).....	442
Příklad určení přerušovaného výkonu z vý- konu trvalého /3-fázového motoru úplně uzavřeného/	446
4/ Efektivní hodnota proudu / I_{eff} /, případně momentu / M_{eff} /, případně výkonu / N_{eff} / ...	450
(<u>Určení výkonu motoru při přerušovaném chodu</u>)	

	Str.
Příklad určení odporových spouštěcích stupňů derivač- ního ss-motoru; řešení %-vým způsobem.....	116
Tabulka odporových spouštěcích stupňů (v % R_n).....	120
Diagram k rychlému určování odporových spouštěcích stupňů derivačního ss-motoru (obr.IIIC-22).....	121
Příklad použití diagramu obr.IIIC-22.....	122
I/2/B/Regulace rychlosti ss-motorů derivačních.....	122
Změnou E_m	123
Určení regulačního odporu R_x	123
Příklad výpočtu účinnosti odporové regulace(η_{reg}).....	125
Změnou Φ	127
Informativní údaje regulačního ss-motoru derivačního.....	128
I/2/C/Zastavování ss-motorů derivačních.....	129
Brzdění ss-motorů derivačních.....	130
α / Brzdění do odporu (s buzením vlastním; s buzením cizím).....	130
β / Brzdění rekuperací	131
γ / Brzdění protiproudem	132
I/2/D/ Reversace ss-motoru derivačního.....	133
I/3/ SS-motory kompoundní.....	133
A/Spouštění;B/Regulace;C/Zastavování;D/Reversace;	133
Brzdění ss-motoru kompoundního D/Reversace ss-motoru kompoundního	134
Zvláštní způsoby řízení ss-motorů.....	136
1/Regulace ss-motorů ve spojení Ward-Leonardově	136
Křivky praktických hodnot regulačního odporu R_d (obr.IIIC-28b).....	140
2/ WL-regulace generátorem se třemi budícími vinutí- mi. Konstrukce charakteristiky $n(M)$ ("vodopádové") Určení protikompondních a-závitů.....	140
3/WL-regulace s řídicím dynamem s rotačními regulá- tory (amplidyn, rototrol).(Viz "Rotační reguláto- ry str.179).....	143
4/WL-regulace s použitím suchých usměrňovačů pro buzení řídicího dynama R_d a hlavního motoru M (Leonard-mot.)	144

5/ Regulace rychlosti ss-motoru souspojením a proti-spojením s přidavným dynamem.....	148
6/ Regulace rychlosti ss-motorů s použitím rtuťových usměrňovačů. Vliv katodové tlumivky na charakteristiky rychlosti ss-motoru (M) "Křížové" spojení usměrňovačů pro pohon s vratným chodem. Účinnost usměrňovacího zařízení.....	150
7/ <u>Řízení ss-motorů s použitím mřížkové řízených thyatronů. Výhody thyatronového řízení ss-motorů.....</u>	157
1/ Řízení thyatronu proměnlivým ss-napětím na mřížce.....	160
2/ Řízení thyatronu napětím kombinovaným z napětí stejnosměrného a střídavého.....	162
3/ Řízení thyatronu dvěma ss-napětími a jedním střídavým.....	164
4/ Řízení thyatronu ss-napětím $e_{ss} = \text{konst.}$ a střídavým $e_{st} = \text{konst.}$, ale s proměnlivým posunutím fáze proti napětí anodovému.....	165
Komplexní můstek.....	166
Transduktor.....	167
Několik nejpoužívanějších způsobů řízení thyatronu t.zv.regulačním můstkem.....	168
1/ LR-můstek	168
2/ CR-můstek	170
Alternativní řazení regulačního RL-můstku přes mřížkový transformátor (můstek v primárním obvodu mřížkového transformátoru),	171
Další alternativní řazení regulačního RL-můstku (můstek v sekundárním (nn) obvodu mřížkového transformátoru,)	171
Řazení regulač.,RL-resp.CR-můstku při dvojcestném spojení thyatronu.....	172

Thyatronové řízení ss-motorů zlepšené použitím impulsového (nárazového) transformátoru.....	173
Poznámky k automatickému řízení el. motorů v el. pohonech.....	176
Principiální blokové schéma automatického řízení.....	177
Rotační regulátory (resp. zesilovače).....	179
<u>A/Rotační zesilovač s příčným polem (amplidyn).....</u>	<u>180</u>
Provedení (schematické) točivého zesilovače s příčným polem	182
<u>B/Točivý zesilovač (amplidyn) použitý jako budič</u>	
WL-dynama (Řízení zdvihu lžice rýpadla)	185
<u>C/Rototrol. Princip.....</u>	<u>188</u>
Rototrol s cizím buzením a seriovým (vlastním)	190
Rototrol s 3-mi budičnými vinutími	192
Činitel zesílení (Vstupní, výstupní výkon).....	191
Rototrol pro automatickou regulaci s 3-mi budičnými vinutími: nařizovacím, řídícím a seriovým (vlastním)	192
Základní použití rototrolu.....	194
1/ Rototrol k udržování konst. proudu Leonard-motoru .	194
2/ Rototrol k regulaci napětí dynama WL-soustrojí ...	196
3/ Rototrol k udržování konst. rychlosti Leonard-motoru.....	197
<u>III/C/-II/Řízení motorů na proud střídavý</u>	<u>199</u>
<u>III/C/-II/1/ Synchronní motory trojfázové (SY-motory).....</u>	<u>199</u>
A/ Spouštění	199
a/ Roztáčecím motorem	199
Výkon roztáčecího motoru	200
Postup při spouštění (roztáčení)SY-motoru	201
b/ Spouštění SY-motoru jeho vlastním asynchronním momentem.	203
Spouštění s redukováným napětím	205
Výkon a typ spouštěcího transformátoru	208

Principielní schema a postup pro spouštění SY-motoru s vlastním rozběhem	209
Používané způsoby spouštění trojfázových SY-motorů (s vlastním asynchronním rozběhem)	211
Rozbor používaných způsobů spouštění SY-motorů ..	211
A/ Spouštění přímým připojením k síti na plné napětí (obr.IIIC-70a,b)	215
B/ Spouštění SY-motorů postupným zapínáním paralelních větví statorového vinutí (obr.IIIC-71a,b)	217
1/ Vystřídání drážek stator.vinutí (zvětšení jeho reaktance)	218
2/ Vystřídání pásem stator.vinutí (dtto)	218
Postup při spouštění.	220
C/ Spouštění SY-motorů přes (seriovou)tlumivku ..	223
Počtářské určení reaktance X_{t1} tlumivky	224
Grafické určení reaktance X_{t1} "	224
Postup při spouštění	225
Spouštění SY-motoru přes ohmický odpor	225
Určení předřazeného odporu	225
D/ Spouštění SY-motorů spouštěcím (auto)transformátorem. Způsob Korndorferův.	227
Určení převodu Korndorferova spouštěcího autotransformátoru.	230
Grafické určení převodu ν	230
Postup při spouštění	231
Praktické (přibližné) hodnoty M_{2a} a J_2 při spouštění sy-motorů dle Korndorfera	233
E/ Spouštění sy-motorů přepínáním λ - Δ	233
Záběrové poměry (proud, resp. moment)	234
Postup při spouštění	235
F/Spouštění sy-motoru seriově-paralelním řazením (dvou) paralelních větví stator.vinutí	236
Záběrové poměry (proud, resp. moment)	237
Spouštění sy-motoru kombinací odporu a kapacity	238

	Str.
Postup při spouštění	238
O zapínání budicího vinutí, resp. nabuzení k synchronizaci sy-motoru. - Velikost budicího proudu.	242
Mezný skluz s_m (dle Hellera, Provazníka)	243
Velikost budicího proudu pro synchronizaci sy-motoru ..	244
Vyjímečný případ spouštění sy-motoru	247
I/2/B/ Regulace rychlosti (n ot/min) sy-motorů.	247
C/ Zastavení sy-motoru.	248
Dvufázové sy-motory	248
Jednofázové sy-motory.	248
D/ Reversace sy-motorů	248
III/C/-II/2/ <u>Rízení asynchronních (indukčních) motorů</u>	249
/a/ <u>trojfázové, kroužkové</u>	249
A/ Spouštění (Rozbor rozběhových poměrů: M_Z, J_Z atd.)	249
Stanovení odporových stupňů spouštěcích (počet, velikost)	255
Vliv rozptylu na velikost spouštěcích stupňů	262
Praktické vztahy pro výpočet spouštěcího odporu R_n	264
Srovnání rozběhu ss-motoru (ať derivačního či seriového) s motorem asynchronním	265
Grafický způsob určování spouštěcích odporů	266
pro rozběh asynchronního kroužkového motoru	
B/ Regulace rychlosti (n ot/min) trojfázových motorů kroužkových	270
B/1/ Regulace rychlosti 3-fázových s-motorů změnou odporu v rotoru (sekund.odporu): regulace odporová	270
Určení odporových stupňů pro (odporovou) regulaci rychlosti 3-fáz.s-motorů	272
Vlastnosti (resp.medostatky) odporové regulace ..	273
2/ Regulace (resp. změna) rychlosti 3-fáz.s-motorů změnou počtu pólů (<u>2p</u>)	274

	Str.
Dvě vinutí	274
Jedno vinutí (přepínatelné)	275
Princip přepínatelného vinutí pro dvě rychlosti (1,2) (Schema spojení, přepínání, poměry dů- ležitých hodnot)	275
Dvouvrstvé vinutí přepínatelné na počet pólů p a 2p: spojení pro stejný moment (důležité poměry k posouzení provozních vlastností) spojení pro stejný výkon (dtto)	279
B/3/ Regulace rychlosti (n ot/min) asynchronních trojfázových motorů změnou kmitočtu	283
C/ Zastavení 3-fáz. motorů kroužkových.-Elektr. brzdění.	283
O způsobech elektr.brzdění u 3-fázových s-moto- rů.	285
α/ Brzdění do odporu.	285
A/ Brzdění rekuperací.	285
γ/ Brzdění protiproudem	287
Brzdné charakteristiky při brzdění protiproudem Konstrukce brzdných charakteristik (u_2/M)	290
Automatické odpojení motoru po protiproudovém dobrzdění do klidu (obr.IIIC-117)	293
σ/Brzdění v jednofázovém spojení	296
ε/Brzdění 2-ma motory	297
η/Brzdění nesymetrickým spojením fází	298
ψ/Brzdění stejnosměrným proudem	299
D/Reversace 3-fáz.asynchronního s-motoru	304
<u>Způsoby hospodárné regulace rychlosti 3-fázových s-motorů.</u>	<u>305</u>
1/ Asynchronní kaskáda	305
2/ Kaskadní spojení asynchronního 3-fázového s-motoru s jinými stroji k hospodárné regu- laci rychlosti (n ot/min)	310

Princip způsobu práce regulačních soustrojí k hospodárné a spojitě (kontinuální) regulaci rychlosti 3-fáz.asynchronních s-motorů	311
Kompensace účinku při regulaci rychlosti regulač. soustrojím	313
<u>Rozdělení nepoužívanějších kaskád.</u>	<u>315</u>
a/ <u>Trojfázová-stejnsměrná kaskáda Krämerova</u> (Schema obr.IIIC-133)	315
Způsob práce Krämerovy kaskády	316
Poznámky k volbě a provedení jednotlivých strojů kaskády:	319
1/ Hlavní motor	319
2/ Konvertor	320
3/ Pomocný motor	321
Spouštění kaskády Krämerovy	322
b/ Trojfázová kaskáda s 3-fáz.motorem kolektorovým (<u>BBC-Scherbins</u>). (Schema obr.IIIC-134a,b,c) .	322
Spouštění kaskády BBC-Scherbinsovy	323
c/ <u>Kaskády s motorgenerátorem</u>	325
/stejnsměrným-trojfázovým (SSW-Heyland, obr. IIIC-135)	
Spouštění kaskády	325
/ trojfázovým-trojfázovým (BBC-Scherbins, obr. IIIC-136)	
Srovnání běžných způsobů regulace rychlosti 3-fáz. s-motorů (obr.IIIC-137a,b)	326
III/C/II/ /b/ <u>Rízení 3-fáz.asynchronních motorů s kotvou nakrátko</u>	329
(k-motory, b-motory, v-motory)	329
A/ Spouštění	329
1/ Motory s obyčejnou kotvou nakrátko (k-motory) ...	329
Moment a proud při spouštění k-motorů	330
a/Spouštění k-motorů statorovým spouštěčem (odporem vřazeným do statoru) (obr.IIIC-138, resp. IIIC-139)	330

b/ Spouštění 3-fázových k-motorů spouštěcím(auto)- -transformátorem (obr.IIIC-140)	338
c/ Spouštění 3-fázových k-motorů přepínačem (obr.IIIC-141)	337
2/ <u>Spouštění motorů se speciální kotvou nakrátko</u>	340
Boucherot (b-motorů)	340
Srovnávací tabul.(obr.IIIC-143) rozběhových poměrů k-motorů a b-motorů	341
Poznámky ku spouštění (rozběhu) motorů s kotvou Bou- cherot.	341
1/ Rozběhové charakteristiky b-motoru normálního pro- vedení	342
a/ ČKD-Stalingrad (Vysočany), obr.IIIC-144b	342
b/ Oerlikon (Švýcarsy), obr.IIIC-145b	344
2/ Rozběhové charakteristiky výtahového b-motoru (obr.IIIC-146b)	345
3/ Rozběhové charakteristiky b-motoru pro textilní pohony (obr.IIIC-147b) ...	347
4/ Rozběhové charakteristiky b-motoru pro pohon čer- padel (obr.IIIC-148b)	347
3/ <u>Spouštění motorů s kotvou vírovou</u>	348
Srovnání rozběhových charakteristik k-motoru a v -motoru	349
Poznámky k rozběhu motoru s kotvou vírovou (v-mo- torů)	350
Srovnání tří charakteristických vírových kotev.....	354
Srovnávací tabulka hodnot: R_r, R_b, x_r, x_b x tři	355
charakteristických kotev vírových (Obr.IIIC- -153 a,b,c)	355
Rozbor a srovnání rozběhových křivek v-motorů s různými tvary drážek a vodičů v rotoru.	356
Rozbor a srovnání celkového průběhu rozběhových křivek (J resp. $M(n_2)$ v-motorů : a/b/s hlubokými drážkami,c/l-drážkou, d/dvojitou drážkou (obr. IIIC-158a,b,c,d)	360