

Obsah

OBSAH	11
SEZNAM OBRÁZKŮ	13
KAPITOLA 1 : ÚVOD	17
1.1 ZÁKLADNÍ PRACOVNÍ CYKLUS PARNÍHO STROJE	18
1.2 VÝHODY PARNÍ TURBÍNY OPROTI PARNÍMU STROJI	20
1.3 ROZVOJ VĚDY A TECHNIKY – PŘEDPOKLAD ÚSPĚŠNÉHO ROZVOJE PARNÍ TURBÍNY	20
1.4 PŘÍKLADY PROVEDENÍ PRVNÍCH PARNÍCH TURBÍN	25
KAPITOLA 2 : KLASIFIKACE PARNÍCH TURBÍN	27
2.1 POUŽITÍ PARNÍCH TURBÍN	27
2.2 ROZDĚLENÍ PARNÍCH TURBÍN	27
2.2.1 Podle principu přeměny energie	27
2.2.2 Podle počtu stupňů	29
2.2.3 Podle směru toku páry	30
2.2.4 Podle parametrů páry na vstupu do turbíny	31
2.2.5 Podle tlaku za posledním stupněm	31
2.3 VOLBA OTÁČEK TURBÍNY	37
2.3.1 Klasické elektrárny	37
2.3.2 Turbíny v jaderných elektrárnách	37
2.3.3 U turbín malých výkonů	38
2.3.4 Turbíny pro pohon turbokompresorů	38
KAPITOLA 3 : CYKLUS PARNÍ TURBÍNY	39
3.1 PŘEMĚNA ENERGIE V PARNÍ TURBÍNĚ	39
3.2 ZÁKLADNÍ SCHÉMA ZAŘÍZENÍ S PARNÍ TURBÍNOU	40
3.3 IDEÁLNÍ OBĚH STROJE	41
3.4 OBĚH STROJE SE ZTRÁTAMI	42
3.5 URČENÍ VÝKONU STROJE	43
3.6 TERMODYNAMICKÁ ÚČINNOST ZAŘÍZENÍ	44
3.7 TEPELNÁ (TERMICKÁ) ÚČINNOST ZAŘÍZENÍ	45
3.7.1 Tepelná účinnost vyjádřená pomocí teoretického výkonu P_i	45
3.7.2 Tepelná účinnost zařízení s uvažováním vlastní spotřeby elektrárny	46
3.7.3 Měrná spotřeba tepla	47
3.7.4 Měrná spotřeba páry	47
3.8 MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ TEPELNÉ ÚČINNOSTI ZAŘÍZENÍ	50
3.8.1 Zvýšení vstupní teploty páry do turbíny	50
3.8.2 Zvýšení vstupního tlaku páry do turbíny	51
3.8.3 Ohřívání napájecí vody parou odebíranou z turbíny (regenerace)	53
3.8.4 Přihřívání páry po částečné expanzi	58
3.8.5 Binární (dvoulátkové) oběhy	61
KAPITOLA 4 : IZENTROPICKÉ PROUDĚNÍ DOKONALÉ TEKUTINY	64
4.1 PROUDĚNÍ NEROZŠÍŘENOU DÝZOU	64
4.2 PROUDĚNÍ ROZŠÍŘENOU DÝZOU	68

4.2.1 Chování dýzy rozšířené při snižování protitlaku p_2	70
4.3 ZTRÁTA VOLNOU EXPANZÍ	70
4.4 ODKLON PROUDU V ŠIKMÉM SEŘÍZNUTÍ DÝZY	73
4.5 PROUDĚNÍ DÝZOU SE ZTRÁTAMI	74
KAPITOLA 5 : TYPY TURBÍNOVÝCH STUPŇŮ	76
5.1 ROVNOTLAKÝ STUPEŇ	76
5.1.1 Ztráty a obvodová účinnost rovnotlakého stupně – metoda nepřímá	78
5.2 PŘETLAKOVÝ STUPEŇ	80
5.3 CURTISŮV STUPEŇ	81
5.4 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ STUPŇŮ	84
KAPITOLA 6 : TEORIE TURBÍNOVÝCH STUPŇŮ	85
6.1 VÝPOČET DÉLKY LOPATKY	85
6.1.1 Délka rozváděcích lopatek při plném (totálním) ostříku	85
6.1.2 Délka oběžných lopatek	87
6.1.3 Poznámka k nepřímé metodě určování účinnosti turbínového stupně	87
6.2 PŘÍMÁ METODA URČENÍ OBVODOVÉ ÚČINNOSTI	88
6.3 PARCIÁLNÍ (ČÁSTEČNÝ) OSTŘÍK	91
6.4 OSTATNÍ ZTRÁTY VE STUPNI	95
6.4.1 Ztráta rozdílnou roztečí lopatek (rozvějířením)	95
6.4.2 Ztráta vlivem vlhkosti páry	95
6.4.3 Ztráta škrcením v rozvodu turbíny	96
6.4.4 Ztráta netěsností (únikem)	97
KAPITOLA 7 : REGULACE TURBÍN	100
7.1 REGULACE ŠKRCENÍM	100
7.2 REGULACE SKUPINOVÁ	101
7.2.1 Výpočet difuzorového ventilu	103
7.3 REGULACE KLOUZAVÝM TLAKEM	104
KAPITOLA 8 : VÍCESTUPŇOVÉ PARNÍ TURBÍNY	105
8.1 SOUČINTEL ZPĚTNĚ VYUŽITÉHO TEPLA (REHEAT FACTOR)	105
8.2 PŘEPOČET ROZDĚLENÍ TLAKŮ PŘI ZMĚNĚ VSTUPNÍHO MNOŽSTVÍ	107
8.3 CHARAKTERISTIKA TURBÍNY	108
8.3.1 Charakteristika kondenzační turbíny	108
8.3.2 Charakteristika turbíny s jedním regulovaným odběrem	110
LITERATURA K ČÁSTI I	111
PŘÍLOHY	113

Obsah

OBSAH	137
SEZNAM OBRÁZKŮ	139
KAPITOLA 1 : ÚVOD	141
1.1 VÝHODY TURBOKOMPRESORŮ OPROTI PÍSTOVÝM KOMPRESORŮM	142
KAPITOLA 2 : KLASIFIKACE TURBOKOMPRESORŮ	143
2.1 ROZDĚLENÍ TURBOKOMPRESORŮ	143
2.1.1 Podle směru toku plynu vzhledem k ose stroje při vlastním stlačování.....	143
2.1.2 Podle dosažovaného poměrného stlačení p_2/p_1	143
2.2 OBLASTI POUŽITÍ KOMPRESORŮ	144
2.2.1 Obecné rozdělení kompresorů dle použití	144
2.2.2 Rozdělení z hlediska dodávaného množství a dosažovaného poměrného stlačení....	144
KAPITOLA 3 : TEORETICKÉ ZÁKLADY STLAČOVÁNÍ	146
3.1 TEORETICKÝ A REÁLNÝ PRŮBĚH KOMPRESY	146
3.1.1 Komprese izentropická.....	147
3.1.2 Komprese izotermická ($n = 1$).....	147
3.1.3 Komprese s částečným odvodem tepla ($1 < n < \kappa$).....	149
3.1.4 Nechlazená komprese polytropická ($n > \kappa$).....	149
3.2 ÚČINNOSTI KOMPRESOROVÉHO STUPNĚ, PŘÍP. CELÉHO STROJE	150
3.2.1 Izentropická účinnost.....	150
3.2.2 Polytropická účinnost.....	150
3.2.3 Izotermická účinnost.....	150
3.3 VÍCESTUPŇOVÁ KOMPRESY S VNĚJŠÍM CHLAZENÍM	150
3.3.1 Vliv vnitřních ztrát u turbínového a kompresorového stupně	152
KAPITOLA 4 : STUPEŇ RADIÁLNÍHO (ODSTŘEDIVÉHO) KOMPRESORU.....	154
4.1 TEORETICKÁ VÝTLAČNÁ VÝŠKA	155
4.2 BEZROZMĚRNÉ PARAMETRY STUPNĚ	156
4.2.1 Stupeň reakce	156
4.2.2 Tlakový součinitel (tlakové číslo).....	156
4.2.3 Průtokový součinitel (dopravní součinitel, dopravní číslo).....	156
4.2.4 Teoretická charakteristika stupně.....	157
4.3 ROZMĚROVÁ CHARAKTERISTIKA, ZTRÁTY VE STUPNI	159
4.3.1 Vliv konečného počtu lopatek	160
4.3.2 Ztráta rázem.....	161
4.3.3 Ztráty třením a vířením v oběžném kanálu a difuzoru	162
4.3.4 Ztráta ventilací oběžných kol.....	162
KAPITOLA 5 : PUMPOVÁNÍ KOMPRESORU	164
5.1 POMĚRY NA STABILNÍ VĚTVI CHARAKTERISTIKY H	165
5.2 PROSTŘEDKY OCHRAŇUJÍCÍ STROJ PROTI PUMPOVÁNÍ	165
5.2.1 Škrčení v sacím potrubí	166
5.2.2 Změna otáček.....	166

5.2.3 Přepouštění plynu z výtlačku do sání.....	167
5.2.4 Natáčení usměrňovacích lopatek.....	167
KAPITOLA 6 : REGULACE TURBOKOMPRESORU	168
6.1 KONSTANTNÍ TLAK V SÁNÍ KOMPRESORU.....	168
6.2 KONSTANTNÍ TLAK U SPOTŘEBIČE	169
6.3 KONSTANTNÍ DODÁVANÉ MNOŽSTVÍ	170
KAPITOLA 7 : CHLAZENÍ TURBOKOMPRESORŮ	171
7.1 CHLAZENÍ VNITŘNÍ	172
7.2 CHLAZENÍ VNĚJŠÍ	172
KAPITOLA 8 : POHON TURBOKOMPRESORŮ	174
KAPITOLA 9 : AXIÁLNÍ (OSOVÉ) TURBOKOMPRESORY	175
9.1 STRUČNĚ Z HISTORIE AXIÁLNÍCH TURBOKOMPRESORŮ.....	175
9.2 ZÁKLADNÍ GEOMETRICKÉ A AERODYNAMICKÉ PARAMETRY KOMPRESOROVÉ LOPATKOVÉ MŘÍŽE	176
9.3 STLAČENÍ V KOMPRESOROVÉ LOPATKOVÉ MŘÍŽI.....	178
9.4 STUPEŇ AXIÁLNÍHO KOMPRESORU	179
9.5 BEZROZMĚRNÉ PARAMETRY AXIÁLNÍHO STUPNĚ.....	181
9.5.1 Stupeň reakce stupně.....	181
9.5.2 Tlakový součinitel.....	182
9.5.3 Průtokový součinitel	182
9.6 RŮZNÉ TVARY PRŮTOČNÉ ČÁSTI KOMPRESORU	182
9.7 CHARAKTERISTIKA AXIÁLNÍHO KOMPRESORU	183
LITERATURA K ČÁSTI II	185
PŘÍLOHY.....	187

Obsah

OBSAH	195
SEZNAM OBRÁZKŮ	197
KAPITOLA 1 : ÚVOD	199
1.1 STRUČNÝ HISTORICKÝ PŘEHLED	199
1.2 ZÁKLADNÍ OBĚH V T-S DIAGRAMU	202
1.3 DRUHY OBĚHŮ S PLYNOVOU TURBÍNOU	204
1.3.1 Otevřený oběh	204
1.3.2 Uzavřený oběh	204
KAPITOLA 2 : PROSTŘEDKY PRO ZVÝŠENÍ TEPELNÉ ÚČINNOSTI.....	205
2.1 VYUŽITÍ TEPLA ZE SPALIN NA VÝSTUPU Z TURBÍNY	205
2.2 OBĚH IZOTERMICKO-IZOBARICKÝ	207
2.2.1 Bez využití tepla ze spalin na výstupu z turbíny.....	207
2.2.2 Se 100 % využitím tepla ze spalin na výstupu z turbíny	208
KAPITOLA 3 : PAROPLYNOVÁ ZAŘÍZENÍ.....	211
3.1 POROVNÁNÍ ÚČINNOSTI RŮZNÝCH ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ.....	215
3.2 PROVEDENÍ PLYNOVÝCH TURBÍN PRO PPZ	218
3.2.1 Plynové turbíny Siemens	218
3.2.2 Spalovací komora Siemens.....	221
3.2.3 Plynové turbíny ABB.....	222
3.3 PPZ S RŮZNÝM USPOŘÁDÁNÍM OBĚHŮ PLYNOVÉ A PARNÍ TURBÍNY	227
3.3.1 Jednotlakový parní oběh.....	228
3.3.2 Dvoutlakový parní oběh	229
3.3.3 Třítlakový parní oběh s přihříváním páry a dodávkou tepla pro vytápění	230
3.4 DALŠÍ PŘÍKLADY NĚKTERÝCH PROVOZOVANÝCH PPZ	232
3.4.1 Teplárna Brno	232
3.4.2 PPZ Vřesová	232
3.4.3 PPZ Trakya a Ambarli (Turecko).....	233
3.4.4 Příklad použití plynových turbín v jaderné elektrárně	234
3.5 PŘÍDAVNÉ SPALOVÁNÍ – PŘITÁPĚNÍ U PPZ.....	236
3.6 PARNÍ TURBÍNY PRO PPZ.....	237
KAPITOLA 4 : MATERIÁLY PRO PLYNOVÉ TURBÍNY	240
LITERATURA K ČÁSTI III.....	243