

Obsah

1 ÚVOD	8
1.1 ZDROJE ENERGIE	8
1.1.1 Neobnovitelné zdroje energie	10
1.1.2 Obnovitelné zdroje energie	14
1.2 VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE	17
1.2.1 Vývoj spotřeby prvotní energie	18
1.2.2 Vývoj spotřeby elektrické energie	19
1.2.3 Růst výkonů a jednotkových výkonů	20
1.3 ZÁKLADNÍ ENERGETICKÉ NÁZVOSLOVÍ A POJMY	23
1.3.1 Názvosloví používané v energetických výrobnách	23
1.3.2 Pojmy elektrického výkonu	24
1.3.3 Záloha zařízení a odstavení do zálohy	25
2 TEPELNÉ ELEKTRÁRNY	28
2.1 KONDENZAČNÍ ELEKTRÁRNY	28
2.1.1 Tepelný oběh	28
2.1.2 Účinnosti a měrné spotřeby	30
2.1.3 Návrh tepelného schéma	32
2.1.4 Zvyšování tepelné účinnosti oběhu a volba parametrů páry	33
2.1.5 Výpočet tepelného schématu	36
2.1.6 Hlavní technologické okruhy	42
2.1.7 Hlavní technologická zařízení	45
2.2 ELEKTRÁRNY SE SPALOVACÍ TURBÍNOU	54
2.2.1 Základní charakteristika oběhu	54
2.2.2 Tepelná účinnost spalovacích turbín	56
2.3 KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE A TEPLA	58
2.3.1 Teplárny s protitlakovými turbínami	59
2.3.2 Teplárny s kondenzačními odběrovými turbínami	60
2.3.3 Paroplynové elektrárny a teplárny	61
2.3.4 Kogenerační jednotky	62
2.4 VLIV TEPELNÝCH ELEKTRÁREN NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	65
3 JADERNÉ ELEKTRÁRNY	66
3.1 MOŽNOSTI UVOLŇOVÁNÍ JADERNÉ ENERGIE	66
3.1.1 Termojaderná syntéza	66
3.1.2 Štěpná reakce	67
3.2 ZÁKLADNÍ POJMY	68
3.2.1 Jaderné reakce	68
3.2.2 Zpomalování neutronů	68
3.2.3 Řízená řetězová reakce a řízení reaktoru	69
3.2.4 Teplotní koeficient reaktivity	72
3.2.5 Otrava a zastruskování reaktoru	72
3.2.6 Vyhoření paliva	72
3.3 DRUHY JADERNÝCH REAKTORŮ	73
3.3.1 Rozdělení reaktorů	73
3.3.2 Charakteristika ve světě používaných energetických reaktorů	75
3.3.3 Konstrukce jaderného reaktoru	83
3.4 TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA JADERNÝCH ELEKTRÁREN	84

3.4.1	<i>Elektrárny s tlakovodními reaktory</i>	85
3.4.2	<i>Palivový článek</i>	89
3.4.3	<i>Chladicí smyčka</i>	91
3.4.4	<i>Systém kompenzace objemu</i>	92
3.4.5	<i>Sekundární okruh</i>	94
3.4.6	<i>Pomocné a havarijní systémy</i>	95
3.4.7	<i>Bezpečnost jaderných elektráren</i>	96
3.4.8	<i>Výměna paliva</i>	101
4	VODNÍ ELEKTRÁRNY	102
4.1	VYUŽITÍ ENERGIE VODNÍCH TOKŮ V ČR.....	103
4.2	ENERGETICKÁ BILANCE VODNÍHO TOKU	103
4.2.1	<i>Výkon a výroba vodní elektrárny</i>	104
4.3	ROZDĚLENÍ VODNÍCH ELEKTRÁREN.....	105
4.4	USPOŘÁDÁNÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY	108
4.4.1	<i>Vodohospodářská část</i>	108
4.4.2	<i>Technologické vybavení strojovny</i>	109
4.4.3	<i>Elektrická část</i>	112
4.5	ZÁKLADNÍ ŘEŠENÍ HYDROENERGETICKÉHO DÍLA	113
4.5.1	<i>Vodní elektrárny jezové</i>	113
4.5.2	<i>Vodní elektrárny přehradové</i>	113
4.5.3	<i>Derivační vodní elektrárny</i>	114
4.5.4	<i>Přečerpávací vodní elektrárny</i>	115
4.5.5	<i>Přílivové elektrárny</i>	118
4.5.6	<i>Malé vodní elektrárny</i>	119
5	ELEKTRICKÁ ČÁST	121
5.1	ELEKTRICKÉ SCHÉMA ELEKTRÁRNY	122
5.1.1	<i>Hlavní elektrické schéma</i>	122
5.1.2	<i>Schéma vlastní spotřeby</i>	123
5.2	ALTERNÁTORY	124
5.2.1	<i>Základní veličiny synchronních generátorů</i>	124
5.2.2	<i>Provedení a vlastnosti alternátorů v tepelných a jaderných elektrárnách</i>	125
5.2.3	<i>Provedení a vlastnosti alternátorů ve vodních elektrárnách</i>	127
5.2.4	<i>Vyvedení výkonu z alternátoru</i>	128
5.2.5	<i>Příslušenství turboalternátoru</i>	129
5.2.6	<i>Transformátory</i>	130
5.2.7	<i>Mezní zatížení alternátoru</i>	131
5.3	BUDÍCÍ SOUSTAVY.....	131
5.4	ELEKTRICKÉ OCHRANY	133
5.4.1	<i>Ochrany alternátoru</i>	134
5.4.2	<i>Ochrany transformátoru</i>	135
6	VSTUPNÍ TEST	137
6.1	ZADÁNÍ TESTU.....	137

Seznam obrázků

OBR. 1.1:	DOVOZ PRIMÁRNÍCH ZDROJŮ ENERGIE DO ČR	9
OBR. 1.2:	SLOŽENÍ UHLÍ.....	10
OBR. 1.3:	TĚŽBA UHLÍ V ČR	11
OBR. 1.4:	ÚZEMÍ V ČR VHODNÁ K VÝSTAVBĚ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN [19].....	14
OBR. 1.5:	PRŮMĚRNÁ DOPADAJÍCÍ SLUNEČNÍ ENERGIE NA ZEMI V kWh/m ² ZA ROK [19] ..	15
OBR. 1.6:	TEPELNÝ VÝKON GEOTERMÁLNÍCH ZDROJŮ NA ÚZEMÍ ČR A SR [19]	17
OBR. 1.7:	STRUKTURA PRIMÁRNÍCH ENERGETICKÝCH ZDROJŮ ČR	18
OBR. 1.8:	VÝVOJ VÝROBY A SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČSSR DO R.1980	20
OBR. 1.9:	VÝROBA A SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČR	20
OBR. 1.10:	VÝZNAMNÉ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČR	21
OBR. 1.11:	STRUKTURA INSTALOVANÉHO VÝKONU ES ČR	22
OBR. 1.12:	STRUKTURA VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE ČR PODLE ZDROJŮ V R.2005	22
OBR. 1.13:	DENNÍ DIGRAM V DEN ROČNÍHO MAXIMA - 28.11.2005	24
OBR. 1.14:	DENNÍ DIGRAM V DEN ROČNÍHO MINIMA - 7.8.2005	24
OBR. 2.1:	ZJEDNODUŠENÉ TEPELNÉ SCHÉMA	28
OBR. 2.2:	RANKIN-CLAUSIŮV OBĚH V T-S A I-S DIAGRAMU.....	29
OBR. 2.3:	PRŮBĚH EXPANZE V KONDENZAČNÍ TURBÍNĚ.....	30
OBR.2.4:	ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA: A) DVOJITÝ SPOLEČNÝ PAROVOD; B) BLOKOVÉ USPOŘÁDÁNÍ... 33	33
OBR.2.5:	PRŮBĚH ZVYŠOVÁNÍ PARAMETRŮ PÁRY V T-S DIAGRAMU	34
OBR.2.6:	TEPELNÉ SCHÉMA BLOKU 200 MW.....	35
OBR.2.7:	ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY ZAPOJENÍ REGENERAČNÍCH OHŘÍVÁKŮ:.....	37
OBR.2.8:	ZJEDNODUŠENÉ TEPELNÉ SCHÉMA PRO VÝPOČET TEPELNÉ BILANCE.....	37
OBR.2.9:	ZJEDNODUŠENÉ TEPELNÉ SCHÉMA PŘIHRŮVÁNÍ PÁRY	40
OBR.2.10:	PŘIHRŮVÁNÍ PÁRY V I-S DIAGRAMU	41
OBR.2.11:	SCHÉMA TECHNOLOGICKÝCH OKRUHŮ	42
OBR.2.12:	TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA KONDENZAČNÍ ELEKTRÁRNY.....	44
OBR.2.13:	SCHÉMA OBĚHU VODY V KOTLI: A) BUBNOVÉM, B) PRŮTLAČNĚM.....	46
OBR.2.14:	SCHÉMA ATMOSFÉRICKÉHO FLUIDNÍHO KOTLE S CÍRKULAČNÍ VRSTVOU	48
OBR.2.15:	USPOŘÁDÁNÍ PARNÍCH TURBÍN	49
OBR.2.16:	SCHÉMATICKÝ ŘEZ KONDENZAČNÍM TURBOSOUSTROJÍM ŠKODA	50
OBR.2.17:	SCHÉMA KONDENZAČNÍ TURBÍNY S REGULOVANÝM ODBĚREM.....	50
OBR.2.18:	ŘEZ BLOKEM 200 MW	52
OBR.2.19:	PŮDORYS DVOU BLOKŮ ELEKTRÁRNY 4x200 MW.....	53
OBR.2.20:	SCHÉMA OTEVŘENÉHO (A) A UZAVŘENÉHO (B) OBĚHU SPALOVACÍ TURBÍNY	55
OBR.2.21:	TEPELNÝ OBĚH SPALOVACÍ TURBÍNY V T-S DIAGRAMU	56
OBR.2.22:	SROVNÁNÍ SPOLEČNÉ A ODDĚLENÉ VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE A TEPLA.....	58
OBR.2.23:	ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA TEPLÁRNY S PROTITLAKOVOU TURBÍNOU	59
OBR.2.24:	TEPELNÝ OBĚH S PROTITLAKOVOU TURBÍNOU	60
OBR.2.25:	ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA TEPLÁRNY S KONDENZAČNÍ ODBĚROVOU TURBÍNOU ..	61
OBR.2.26:	SCHÉMA PAROPLYNOVÉHO CYKLU.....	61
OBR.2.27:	PAROPLYNOVÝ CYKLUS V T-S DIAGRAMU	62
OBR.2.28:	SCHÉMA ŘAZENÍ PLOCH SPALINOVÉHO KOTLE ZA SPALOVACÍ TURBÍNOU ABB ..	62
OBR.2.29:	SCHÉMA KOGENERAČNÍ JEDNOTKY ABB SE SPALOVACÍ TURBÍNOU.....	63
OBR.2.30:	SCHÉMA KOGENERAČNÍ JEDNOTKY SE PÍSTOVÝM MOTOREM.....	63
OBR.2.31:	SCHÉMA KOGENERAČNÍ JEDNOTKY SE SPALOVACÍ TURBÍNOU.....	64
OBR. 3.1:	PRINCIP FÚZNÍ REAKCE	67
OBR. 3.2:	SCHÉMA ŠTĚPNÉ REAKCE URANU	67
OBR. 3.3:	PRINCIPIÁLNÍ SCHÉMA KONSTRUKCE REAKTORU	74
OBR. 3.4:	SCHÉMA LEHKOVODNÍHO VARNÉHO REAKTORU (BWR).....	75

OBR. 3.5:	SCHÉMA TLAKOVODNÍHO REAKTORU (PWR).....	76
OBR. 3.6:	TĚŽKOVODNÍ REAKTOR CANDU	77
OBR. 3.7:	GRAFITOVÝ REAKTOR MAGNOX.....	78
OBR. 3.8:	GRAFITOVÝ REAKTOR AGR	79
OBR. 3.9:	GRAFITOVÝ REAKTOR RBMK 1000	80
OBR. 3.10:	VYSOKOTEPLTNÍ GRAFITOVÝ REAKTOR HTGR.....	81
OBR. 3.11:	SCHÉMA RYCHLÉHO REAKTORU PHÉNIX	82
OBR. 3.12:	TECHNOLOGICKÉ OKRUHY JADERNÝCH ELEKTRÁREN	84
OBR. 3.13:	A) REAKTOR PRO VVER-440: B) REAKTOR PRO VVER-1000:	87
OBR. 3.14:	PALIVOVÝ ČLÁNEK (KAZETA) PRO JADERNOU ELEKTRÁRNU VVER-440	90
OBR. 3.15:	ŘEZ PARNÍM GENERÁTOREM PRO VVER-440.....	92
OBR. 3.16:	ŘEZ KOMPENZÁTOREM OBJEMU VVER-440	93
OBR. 3.17:	ZJEDNODUŠENÉ TEPELNÉ SCHÉMA BLOKU JADERNÉ ELEKTRÁRNY VVER-440	94
OBR. 3.18:	ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA HAVARIJNÍHO CHLAZENÍ AKTIVNÍ ZÓNY JR V-213.....	97
OBR. 3.19:	SCHEMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ BEZPEČNOSTNÍCH BARIÉR V JE [2]	98
OBR. 3.20:	SCHÉMATICKÝ ŘEZ REAKTOROVNOU VVER-1000.....	99
OBR. 3.21:	SCHÉMATICKÝ ŘEZ BLOKEM JADERNÉ ELEKTRÁRNY VVER-1000.....	100
OBR. 3.22:	AKTIVNÍ ZÓNA REAKTORU VVER 440	101
OBR. 4.1:	SCHÉMA VLTAVSKÉ A VÁŽSKÉ KASKÁDY VODNÍCH ELEKTRÁREN	102
OBR. 4.2:	SCHÉMA ŘÍČNÍHO A DERIVAČNÍHO ŘEŠENÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY.....	106
OBR. 4.3:	ŘEZ NÍZKOTLAKOU VODNÍ ELEKTRÁRNOU.....	106
OBR. 4.4:	ŘEZ STŘEDOTLAKOU VODNÍ ELEKTRÁRNOU	107
OBR. 4.5:	ROZDĚLENÍ OBJEMU VODNÍ NÁDRŽE.....	108
OBR. 4.6:	ŘEZ FRANCISOVOU TURBÍNOU [2].....	109
OBR. 4.7:	ŘEZ KAPLANOVOU TURBÍNOU [2]	110
OBR. 4.8:	SCHÉMA PELTONOVY TURBÍNY [2].....	111
OBR. 4.9:	ŘEZ DÉRIAZOVOU TURBÍNOU [2].....	111
OBR. 4.10:	ŘEZ PŘÍMOPROUDOU TURBÍNOU [2].....	112
OBR. 4.11:	GRAFICKÉ ŘEŠENÍ VELIKOSTI UŽITNÉHO OBJEMU	113
OBR. 4.12:	SCHÉMA PROVEDENÍ DERIVAČNÍCH ELEKTRÁREN	114
OBR. 4.13:	ŘEŠENÍ PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY Z HLEDISKA VODNÍHO REŽIMU:..	115
OBR. 4.14:	USPOŘÁDÁNÍ STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY	116
OBR. 4.15:	ROZDĚLENÍ ZTRÁT PŘEČERPÁVACÍ	117
OBR. 4.16:	SCHÉMA PŘÍLIVOVÉ ELEKTRÁRNY A ELEKTRÁRNA V ÚSTÍ ŘEKY RANCE	118
OBR. 4.17:	STANOVENÍ PRŮTOKU A SPÁDU NA VODNÍM TOKU.....	119
OBR. 4.18:	PŘÍKLAD JEDNODUCHÉHO ŘEŠENÍ MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY [20]	120
OBR. 5.1:	HLAVNÍ ELEKTRICKÉ SCHÉMA	121
OBR. 5.2:	PODÉLNÝ (A) A PŘÍČNÝ (B) SPÍNAČ PŘÍPOJNIC	123
OBR. 5.3:	PŘÍKLADY NAPÁJENÍ ROZVODEN VLASTNÍ SPOTŘEBY	123
OBR. 5.4:	ŘEZ STATOROVOU (A) A ROTOROVOU (B) DRÁŽKOU	126
OBR. 5.5:	SCHÉMA VYVEDENÍ VÝKONU ZAPOUZDŘENÝMI VODIČI.....	128
OBR. 5.6:	SCHÉMATICKÝ ŘEZ ZAPOUZDŘENÝMI VODIČI.....	128
OBR. 5.7:	ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA CHLAZENÍ GENERÁTORU ŠKODA 1000MW	129
OBR. 5.8:	DIAGRAM MEZNÍHO TÍŽENÍ.....	131
OBR. 5.9:	BUDÍCÍ SOUSTAVA TURBOGENERÁTORU 220 MW	132
OBR. 5.10:	BUDÍCÍ SOUSTAVA S DERIVAČNÍM BUDIČEM.....	133

Seznam tabulek

TAB. 1.1:	PRIMÁRNÍ ZDROJE ENERGIE ČR.....	9
TAB.1.2:	SVĚTOVÉ ZÁSOBY UHLÍ.....	10
TAB.1.3:	VÝVOJ SVĚTOVÉ TĚŽBY ČERNÉHO UHLÍ	11
TAB.1.4:	GEOLOGICKÉ ZÁSOBY ROPY VE SVĚTĚ	12
TAB.1.5:	ROZLOŽENÍ ZÁSOB ZEMNÍHO PLYNU VE SVĚTĚ.....	12
TAB.1.6:	SPOTŘEBA ZEMNÍHO PLYNU [10 ⁶ M ³] v ČR v r. 1999 v MĚSÍCÍCH.....	13
TAB.1.7:	HRUBÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČR V LETECH 1980 AŽ 2005 [GWh]..	20
TAB. 3.1:	POUŽITELNÉ MATERIÁLY.....	73
TAB. 3.2:	V PRAXI UŽÍVANÉ KOMBINACE MATERIÁLŮ.....	74
TAB. 4.1:	ELEKTRÁRNY VLTAVSKÉ KASKÁDY	103
TAB. 4.2:	ELEKTRÁRNY A.S. ČEZ MIMO VLTAVSKOU KASKÁDU.....	103
TAB. 4.3:	KATEGORIE MVE	119
TAB. 5.1:	VZÁJEMNÝ POMĚR REAKTANCÍ.....	125
TAB. 5.2:	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O TURBOALTERNÁTORECH PROVOZOVANÝCH V ČR.....	126
TAB. 5.3:	ORIENTAČNÍ HODNOTY NĚKTERÝCH REAKTANCÍ ALTERNÁTORŮ.....	135