

# OBSAH

Úvod . . . . .	9
Značky . . . . .	15

## A. Fyzikální podklady výpočtů chlazení elektrických strojů

### I. Podklady hydraulických výpočtů

§ 1. Věta Bernoulliho . . . . .	29
§ 2. Impuls toku . . . . .	32
a) Ztráta rázem . . . . .	33
b) Náhlé rozšíření . . . . .	35
c) Náhlé zúžení . . . . .	36
d) Dýza, clonka . . . . .	37
§ 3. Proudění v kanálu . . . . .	38
a) Laminární proudění . . . . .	41
b) Turbulentní proudění . . . . .	42
c) Proudění v přechodném oboru . . . . .	44
§ 4. Drsnost . . . . .	48
§ 5. Atkinsonův kvadratický zákon . . . . .	53
a) Odpory proudění . . . . .	53
b) Jednoduchá řazení odporů . . . . .	55
§ 6. Ventilátory . . . . .	59
a) Ventilátory radiální . . . . .	60
b) Ventilátory axiální . . . . .	65

### II. Podklady tepelných výpočtů

§ 7. Ustálený tok tepla . . . . .	71
a) Základní vztahy . . . . .	71
b) Řazení tepelných odporů . . . . .	75
c) Výsledná měrná tepelná vodivost . . . . .	77
§ 8. Jednorozměrné vedení tepla . . . . .	77
a) Přípustnost jednorozměrného řešení . . . . .	77
b) Základní rovnice . . . . .	79
c) Jednoduché aplikace . . . . .	80
d) Bezrozměrné veličiny . . . . .	83
e) Přibližné parabolické řešení . . . . .	83
§ 9. Dvojezměrné vedení tepla . . . . .	84
a) Základní rovnice . . . . .	84

b) Řešení jednoduchého případu . . . . .	86
c) Rovinný ohyb tepelného toku . . . . .	90
§ 10. Trojrozměrné vedení tepla . . . . .	91
a) Základní rovnice . . . . .	91
b) Řešení jednoduchého případu . . . . .	91
§ 11. Válcové souřadnice a problémy rotačně symetrické . . . . .	94
a) Válcové souřadnice . . . . .	94
b) Problémy rotačně symetrické . . . . .	95
§ 12. Konformní zobrazování . . . . .	99
a) Postup řešení . . . . .	100
b) Aplikace . . . . .	103
§ 13. Grafická metoda . . . . .	112
a) Pravidla metody . . . . .	112
b) Hrubý odhad . . . . .	113
c) Vliv vodivosti . . . . .	113
d) Aplikace . . . . .	114
e) Stěny různé teploty . . . . .	117
f) Soustavy rotačně symetrické . . . . .	118
g) Chlazené meze . . . . .	119
§ 14. Relaxační metoda . . . . .	120
a) Podstata metody . . . . .	121
b) Různé tvary sítí, uzly mimo meze, meze chlazené . . . . .	123
c) Tělesa s vnitřním vývinem tepla . . . . .	127
d) Různé měrné tepelné vodivosti . . . . .	128
e) Válcové souřadnice . . . . .	131
f) Numerické řešení . . . . .	133
§ 15. Sálání a přirozená konvekce . . . . .	134
a) Sálání, ustálený stav . . . . .	135
b) Ochlazování tělesa sáláním . . . . .	139
c) Oteplování tělesa chlazeného sáláním . . . . .	144
d) Přirozená konvekce, ustálený stav . . . . .	150
e) Ochlazování tělesa přirozenou konvekcí . . . . .	158
f) Oteplování tělesa chlazeného přirozenou konvekcí . . . . .	160
g) Sálání a přirozená konvekce, ustálený stav . . . . .	164
h) Ochlazování tělesa sáláním a přirozenou konvekcí . . . . .	168
i) Oteplování tělesa chlazeného sáláním a přirozenou konvekcí . . . . .	172
§ 16. Umělá konvekce . . . . .	176
a) Základní vztah . . . . .	177
b) Turbulentní proudění v kanálu . . . . .	177
c) Zjednodušený výpočet součinitele přestupu tepla v kanálu při turbulentním proudění . . . . .	180
d) Přestup tepla v kanálu při laminárním proudění . . . . .	183
e) Přestup tepla v kanálu při přechodném oboru proudění . . . . .	185
f) Přestup tepla na desce podélně obtékané . . . . .	187
g) Přestup tepla na povrchu těles příčně obtékaných . . . . .	187

### III. Fyzikální vlastnosti látek

§ 17. Převodní tabulky . . . . .	189
§ 18. Chladičí tekutiny . . . . .	191
a) Vzduch . . . . .	191

b) Vodík . . . . .	193
c) Voda . . . . .	196
d) Oleje . . . . .	196
§19. Kovy . . . . .	201
a) Měď a slitiny . . . . .	201
b) Hliník, jeho slitiny a některé jiné kovy . . . . .	203
c) Srovnání mědi s hliníkem . . . . .	204
d) Oceli, litina, dynamové a transformátorové plechy . . . . .	204
e) Styk dvou kovových ploch . . . . .	207
§20. Izolanty . . . . .	208

## B. Ventilační výpočet

### IV. Výpočet ventilátorů

§ 21. Ventilátory radiální . . . . .	221
a) Prostý ventilátor s radiálními rovnými lopatkami . . . . .	221
b) Ventilátor ve skříní . . . . .	243
c) Ventilátor komolý radiálně-axiální . . . . .	255
d) Ventilátory pro jeden směr otáčení . . . . .	257
e) Ventilátor ve stroji . . . . .	265
f) Hluk radiálních ventilátorů . . . . .	270
g) Účinnost radiálních ventilátorů . . . . .	278
h) Ztráty třením rotujících částí . . . . .	285
i) Podobnostní vztahy . . . . .	291
§ 22. Ventilátory axiální . . . . .	294
a) Směrné vztahy pro návrh . . . . .	294
b) Výpočetní postup . . . . .	297
c) Lopatky vyhnuté do kruhového oblouku . . . . .	300
d) Veváděcí lopatky . . . . .	302
e) Charakteristika axiálního ventilátoru . . . . .	304
f) Tečna v pracovním bodě . . . . .	306
g) Axiální ventilátor ve stroji . . . . .	307
h) Rozdělovací lopatky . . . . .	308
i) Účinnost axiálního ventilátoru . . . . .	311
j) Podobnostní vztahy . . . . .	312
k) Hluk axiálního ventilátoru . . . . .	313

### V. Výpočet ventilačních okruhů

§ 23. Odpory dílčí . . . . .	323
a) Dlouhé kanály . . . . .	324
b) Krátké kanály . . . . .	336
c) Vstup . . . . .	340
d) Výstup . . . . .	347
e) Rozšíření průřezu . . . . .	352
f) Zúžení průřezu . . . . .	357
g) Ohyb . . . . .	361
h) Odbočení a sloučení toků . . . . .	368
i) Kanál s řadou odboček . . . . .	374
j) Mříže, síta . . . . .	388
k) Difuzor . . . . .	401
l) Stavitelné odpory . . . . .	407

§ 24. Výpočet složených okruhů . . . . .	411
a) Výpočtová metoda . . . . .	411
b) Nejužší místo, interdependence úseků, vliv chyb . . . . .	412
c) Úseky nesledující kvadratický zákon . . . . .	414
d) Okruhy rozvětvené s několika tlakovými zdroji . . . . .	420
e) Hydraulické sítě . . . . .	460
§ 25. Proudění ve vzduchové mezeře stroje a v radiálních ventilačních kanálech . . . . .	463
a) Stroje asynchronní bez radiálních kanálů . . . . .	463
b) Stroje stejnosměrné bez radiálních kanálů . . . . .	470
c) Radiální kanály v rotoru . . . . .	471
d) Stroje stejnosměrné s radiálními kanály . . . . .	481
e) Radiální kanály ve statoru . . . . .	483
f) Stroje s radiálními kanály v rotoru a statoru . . . . .	491
g) Zvláštní případy . . . . .	493
h) Výsledky měření radiálních ventilačních kanálů . . . . .	500
§ 26. Vnější chladicí okruh strojů zavřených . . . . .	510
a) Volný proud v klidném prostředí . . . . .	511
b) Příznivý vstup do aktivního úseku . . . . .	513
c) Obtížný vstup do aktivního úseku . . . . .	516
d) Dodatečné poznámky . . . . .	520
§ 27. Víka . . . . .	526
a) Vstupní víka sací ventilace . . . . .	528
b) Výstupní víka tlačné ventilace . . . . .	534
c) Výstupní víka sací ventilace . . . . .	541
d) Vstupní víka tlačné ventilace . . . . .	553
e) Víry způsobené rotorem . . . . .	556
f) Vliv rotorové větve . . . . .	559
g) Víka zavřených strojů . . . . .	560
h) Víka prodloužená a víka stejnosměrných strojů . . . . .	560
i) Kryty strojů s ložiskovými stojany . . . . .	562
j) Stroje s přívodem a odvodem vzduchu . . . . .	562
k) Víka svislých strojů . . . . .	563
l) Zkoušení vík na pokusném stroji . . . . .	564
m) Výsledky měření . . . . .	567
§ 28. Příklady výpočtu chladicích okruhů . . . . .	570
a) Předpoklady ventilačního výpočtu . . . . .	570
b) Jednotlivé příklady . . . . .	571
c) Srovnání ventilačních systémů . . . . .	593
d) Srovnání řady podobných strojů . . . . .	605
Literatura . . . . .	609
Rejstřík . . . . .	619