

Elektrotepelná zařízení indukční
 Základy teorie, výpočty a konstrukce

Obsah	Strana
Č á s t I	
Elektrické pece a zařízení indukční	
Úvod	9
Indukční pece kanálkové s uzavřeným železným jádrem	9
Indukční zařízení bez uzavřeného železného jádra	9
1.0 Indukční zařízení bez železného jádra	10
1.1 Teorie cívky a vsázky nekonečné délky	11
1.11 Plná válcová vsázka	11
1.12 Cívka indukční pece	13
1.13 Přibližný výpočet indukčního zařízení	14
1.13.1 Přibližný výpočet indukční ohříváčky	15
1.2 Odvození náhradního průměru plné válcové vsázky	17
1.21 Náhradní uspořádání	17
1.22 Obecné řešení výrazu (12,8) pro magnetickou vsázku s permeabilitou $\mu_m > 1$	19
1.22.1 Příklad	21
1.23 Řešení pro nemagnetickou vsázku, $\mu_m = 1$	21
Průběh funkce $Y(x_2)$ v závislosti na argumentu x_2	23
Odpor R_{n1} a poloměr r_n náhradní vsázky pro $x_2 \rightarrow \infty$	24
Průběh poměru (r_n/r_2) v závislosti na argumentu x_2	24
1.24 Náhradní průměr cívky	25
1.25 Význam odvození "náhradního průměru vsázky" a "náhradního průměru cívky" pro praktické výpočty indukčních zařízení	26
1.3 Elektrické schéma indukčního zařízení bez železného jádra	26
1.31 Přejít na cívku a vsázku konečné délky	26
1.32 Dva souosé vodivé válce	27
1.32.1 Vlastní a vzájemná indukčnost a činné odpory náhradní cívky a náhradní vsázky	28
1.33 Tři souosé vodivé válce	31
1.33.1 Proudění ve všech třech částech obvodu	35
1.33.2 Příklad	35
1.4 Rezonanční obvod indukčních zařízení	37
1.41 Zařazení odporu R_1 cívky do obvodu	37
1.42 Dielektrické ztráty v kondenzátorové baterii a ztráty ve spojovacím vedení	38
1.43 Odvození potřebné kapacity	40
1.5 Odvození střední poměrné permeability $\mu_{stř}$	43
1.51 Příklad	46

2.0 Indukční kelímkové pece tavicí	45
2.1 Teoretické problémy kelímkové pece	48
2.11 Dělená vsázky, vztah mezi kmitočtem a zrněním vsázky	48
2.12 Víření roztavené vsázky v nevodivém kelímku indukční pece	53
2.12.1 Odvození elektrodynamického tlaku ve vsázce z elektrodynamické teorie	53
2.12.2 Elektrodynamický tlak ve vsázce s velkým argumentem x_2	55
2.12.21 Hodnota tlaku p_{3s} v závislosti na poloměru r_3 , u vsázky s velkým argumentem x_2	57
2.12.3 Elektrodynamický tlak u cívky a vsázky konečné délky	58
2.12.4 Další způsoby vyjádření elektrodynamického tlaku	59
2.12.5 Příklady	60
2.2 Indukční kelímková pec s vodivým stínícím pláštěm	62
2.21 Stínící plášť indukční pece	62
2.21.1 Příklad	64
2.21.2 Ztráty ve stínícím plášti	65
2.21.3 Magnetické toky	66
2.21.31 Příklad	68
2.21.32 Příklad	69
2.22 Elektrický výpočet indukční pece s nevodivým kelímkem, s vodivým pláštěm	69
2.22.1 Stanovení základních rozměrů vsázky, cívky a stínění	71
2.22.2 Výpočet vlastních a vzájemných indukčností a činných odporů všech tří částí složeného obvodu	72
2.22.3 Odvození potřebného počtu závitů N_1 pecní cívky	73
2.22.4 Elektrická účinnost indukční pece	74
2.22.5 Příklad	76
Výpočet indukční pece s rotačním generátorem	76
Proud I_1 a počet závitů N_1 pecní cívky	78
Určení potřebné kapacity C	78
Výpočet elektrické účinnosti	80
2.23 Tepelné ztráty indukční kelímkové pece	82
2.23.1 Příklad	84
2.3 Indukční kelímková pec bez stínícího pláště	86
2.31 Příklad	88
2.4 Indukční kelímková pec se železným jádrem vně cívky	88
2.41 Dimenzování magnetického jádra	90
2.41.1 Příklad	90
2.42 Vzájemné porovnání uvažovaných typů pecí	91
2.5 Zvláštní provedení kelímkových pecí	93
2.51 Indukční pece pro síťový kmitočet	93
2.51.1 Výpočet indukční pece udržovací pro 50 Hz	95
2.52 Indukční tavicí pece s vodivým kelímkem	95
2.6 Elektrické schéma a celková dispozice indukční kelímkové pece	96
3.0 Indukční prohřívací zařízení	98
3.1 Porovnání prohřívání vývalků v různých typech pecí	99
3.11 Prohřívání v peci palivové	99
3.12 Prohřívání ve zvláštní peci odporové	99
3.13 Prohřívání v indukční ohříváče	101

3.2 Volba kmitočtu v závislosti na průměru vývalku	103
3.2.1 Doba prohřívání podle průměrů vývalků	106
3.3 Elektrický výpočet indukční ohříváčky	107
3.3.1 Určení základních rozměrů	107
3.3.2 Výpočet odporů a indukčností	109
3.3.3 Odvození potřebného počtu závitů cívky	111
3.3.3.1 Příklad	
Výpočet indukční ohříváčky	113
4.0 Další možnosti použití indukčního tepla	117
4.1 Povrchové kalení	117
4.1.1 Teoretické základy	117
4.1.2 Povrchové kalení válců malého průměru	118
4.1.3 Povrchové kalení ozubených kol a vaček	119
4.1.4 Kalení válců pro válcovací stolice	120
4.2 Indukční pájení, žihání	121
4.3 Indukční svařování trub	122
4.4 Indukční prohřívání tlustostěnných těles	124

Č á s t II

Zdroje pro napájení indukčních zařízení

5.0 Napájení ze sítě 3 x 380/220 V, 50 Hz	125
5.1 Symetrizační zařízení zapojené do trojúhelníka	126
5.1.1 Symetrizace při nesprávném sledu fází	128
5.2 Symetrizační zařízení zapojené do hvězdy	128
6.0 Rotační měniče pro proudy středních kmitočtů	130
6.1 Iontové měniče kmitočtu	132
6.2 Magnetické násobiče kmitočtu	133
7.0 Tyristorové měniče pro napájení indukčních zařízení	134
7.1 Úprava pecního obvodu, odvození potřebného fázového posuvu	136
7.1.1 Závislost odporu R_1 a "tlumení d" na kmitočtu	138
7.1.2 Úprava výrazu pro admítanci při paralelním zapojení	139
7.1.3 Výsledná impedance \bar{Z}_p , fázový posuv	141
7.1.4 Odvození doby t_s fázového posuvu φ	142
7.1.5 Odvození oscilačního napětí \bar{U}_1	145
7.2 Popis činnosti tyristorového střídače	146
7.2.1 Řízení a regulace tyristorového měniče	149
7.2.1.1 Regulátor střídače	149
7.2.1.2 Řídící obvod fáze startu	149
7.3 Výpočet indukční tavicí pece s tyristorovým měničem	150
7.3.1 Elektrický výpočet indukční pece s konstantním kmitočtem	150
7.3.1.1 Geometrické rozměry	150
7.3.1.2 Určení indukčnosti a odporů	152
7.3.1.3 Potřebná kapacita	154
7.3.1.4 Elektrická účinnost indukční pece	155
7.3.2 Elektrický výpočet stejné indukční pece jako v 7.3.1, avšak napájené tyristorovým měničem	156
7.3.2.1 Alternativa I, $\omega / \omega_0 = 1,05$	157
7.3.2.2 Alternativa II, $\omega / \omega_0 = 1,03$	158

7.32.3 Alternativa III, $\omega / \omega_0 = 1,02$	158
7.32.4 Elektrické ztráty a účinnost	159
8.0 Další příslušenství indukčních zařízení	160
8.1 Kondenzátorová baterie pro středofrekvenční zařízení	160
8.2 Pásové vedení	162
8.3 Základy automatizace indukčních zařízení	162
9.0 Elektronkové generátory	164
9.1 Teoretické základy	164
9.2 Přibližný návrh elektronkového generátoru	166
9.3 Základy výpočtu vf indukčního zařízení	168

Č á s t III

Přílohy

P 1 Tab. 1. - podle [1] výraz 43.55 - hodnoty funkcí P(x) a Q(x) v závislosti na argumentu x	169
P 2 Odvození vlastní indukčnosti válcové cívky podle [25]	170
Tab. 2 - hodnoty součinitele α	171
P 3 Výraz pro vzájemnou indukčnost M_{12} dvou sousedních válců	171
Tab. 3 - hodnoty součinitele F	172
P 4 Navazuje na část 5.1 této knihy	
5.2 Symetrizační zařízení zapojené do hvězdy	174
Symetrizace při nesprávném sledu fází	176
5.3 Symetrizační zařízení pro stejné pece indukční nebo odporové	177
5.31 Symetrické zatížení trojfázové sítě dvěma stejnými jednofázovými pecemi odporovými	181
Literatura	184