

Obsah

Seznam symbolů	9
1. Odvádění tepla z elektronických zařízení	11
1.1. Důležitost tepelných pochodů	11
1.2. Vliv teploty na činnost elektronických zařízení	13
1.3. Hlediska používaná při návrhu chladicího zařízení	14
1.3.1. Výkon chladicího zařízení	14
1.3.2. Spolehlivost	14
1.3.3. Snadnost použití a oprav	14
1.3.4. Schopnost chladicího zařízení pracovat za měnících se vnějších podmínek	15
1.3.5. Cena	15
1.4. Literatura ke kapitole 1	16
2. Přehled hlavních vztahů, které určují sdílení tepla	17
2.1. Vedení tepla	17
2.1.1. Vedení tepla v tuhém tělese	17
2.1.2. Sdílení tepla vedením mezi dvěma tuhými tělesy	20
2.2. Sdílení tepla prouděním (konvekce)	21
2.2.1. Makroskopické hledisko	21
2.2.2. Mezní vrstvy	21
2.2.3. Určení součinitele přestupu tepla	22
2.2.4. Kapalinové chlazení	25
2.2.5. Úbytek tlaku v potrubí	26
2.3. Sdílení tepla radiací (sáláním)	28
2.4. Kombinované případy sdílení tepla	32
2.5. Literatura ke kapitole 2	33
3. Sdílení tepla s využitím změny skupenství (fázové přeměny)	34
3.1. Sdílení tepla varem a kondenzací	34
3.1.1. Var	34
3.1.2. Nejdůležitější proměnné, které ovlivňují jevy spojené s bublinovým varem a působí na chlazení elektronických zařízení	38
3.1.3. Přestup tepla při kondenzaci páry	40
3.1.4. Dvoufázové proudění	41
3.2. Akumulace tepla v tavitelných látkách	41
3.2.1. Princip funkce	41
3.2.2. Využití principu ve skutečných podmínkách	43
3.2.3. Tavné materiály v elektronických zařízeních	45
3.2.4. Konstrukční materiály	46
3.3. Literatura ke kapitole 3	51
4. Výpočet sdílení tepla na základě analogie s elektrickým polem	52
4.1. Elektrická analogie	52
4.2. Jednoduché výpočty s využitím ručního kalkulatoru	53
4.3. Výpočty s použitím počítačů	54
4.4. Literatura ke kapitole 4	58
5. Různé druhy tepelného prostředí, uspořádání chladicích systémů	59
5.1. Tepelné prostředí	59
5.2. Druhy tepelného prostředí	59
5.3. Uspořádání chladicích systémů	61
5.3.1. Elektronická zařízení v otevřeném provedení	62

5.3.2.	Uzavřené provedení elektronických zařízení	67
5.3.3.	Chlazení elektronických zařízení vedením tepla	71
5.4.	Literatura ke kapitole 5	77
6.	Tepelné vlastnosti elektronických součástek	79
6.1.	Polovodičové součástky	79
6.1.1.	Vnitřní tepelné charakteristiky	79
6.1.2.	Vnější tepelné charakteristiky	85
6.2.	Rezistory	91
6.3.	Elektronky.	91
6.4.	Součástky pracující s velmi vysokými kmitočty	92
6.5.	Součástky, které obsahují elektrická vinutí	92
6.5.1.	Transformátory	92
6.5.2.	Magnetické paměťové moduly	93
6.6.	Kondenzátory	94
6.7.	Literatura ke kapitole 6	94
7.	Chladičí zařízení	96
7.1.	Ventilátory.	96
7.1.1.	Druhy ventilátorů.	96
7.1.2.	Vlastnosti ventilátorů	97
7.2.	Čerpadla	99
7.3.	Výměníky tepla.	100
7.3.1.	Podstata návrhu výměníku.	100
7.3.2.	Chlazené šasi	101
7.4.	Chladičí žebra	104
7.5.	Tepelné trubice a jiná zařízení využívající skupenské výparné teplo k chlazení elektronických obvodů	105
7.5.1.	Princip funkce tepelné trubice	105
7.5.2.	Vlastnosti tepelných trubíc	107
7.5.3.	Použití tepelných trubíc v elektronice	109
7.5.4.	Jiné způsoby využití výparného tepla ke chlazení	112
7.6.	Termoelektrické moduly	112
7.6.1.	Princip funkce	113
7.6.2.	Vlastnosti termoelektrických modulů	113
7.6.3.	Použití v elektronických zařízeních	115
7.7.	Literatura ke kapitole 7	117
8.	Využití bublinového varu při chlazení elektronických zařízení	118
8.1.	Využití bublinového varu v praxi	118
8.1.1.	Různé typy chladičích systémů	118
8.1.2.	Experimentální vyšetřování vlastností chladičích systémů pracujících bez ztráty chladičí kapaliny	119
8.1.3.	Vliv nekondenzovaného plynu.	121
8.2.	Vliv geometrických rozměrů soustavy na vznik bublinového varu	121
8.3.	Využití chlazení bublinovým varem v praxi	122
8.3.1.	Výkonová elektronika	122
8.3.2.	Použití v mikroelektronice	123
8.4.	Literatura ke kapitole 8	128
9.	Klimatizace elektronických zařízení pracujících na palubě kosmických těles	130
9.1.	Tepelné vlastnosti kosmického prostoru	130
9.2.	Různé způsoby klimatizace elektronických zařízení na palubě kosmických těles	131
9.2.1.	Všeobecný úvod	131
9.2.2.	Pasívní metody klimatizace	133
9.2.3.	Aktivní metody klimatizace	137
9.3.	Literatura ke kapitole 9	140
	Rejstřík	141