

5.2 Fenomene de transfer termic



Dr. Ing. Marius RANGU

Universitatea "Politehnica" Timișoara
Facultatea de Electronică și Telecomunicații

2009



1. Mecanismele transferului termic

Căldura este o măsură a energiei cinetice interne a oricărui corp, asociată cu mișcarea haotică a atomilor și moleculelor sale

- mărime globală (doi litri de apă care fierbe au mai multă căldură decât unul)
- se notează Q și se măsoară în J (Joule)

Temperatura este o mărime fizică ce caracterizează energia cinetică medie a atomilor și moleculelor unei substanțe.

- mărime relativă (doi litri de apă care fierbe au aceeași temperatură ca unul), asociată în general stării de echilibru termic
- se notează θ sau T și se măsoară în grade Celsius ($^{\circ}\text{C}$), grade Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) sau Kelvin (K).

Temperatura de fierbere a apei	100 $^{\circ}\text{C}$	212 $^{\circ}\text{F}$	373 K
Temperatura de îngheț a apei	0 $^{\circ}\text{C}$	32 $^{\circ}\text{F}$	273 K
Temperatura 0 absolut	-273 $^{\circ}\text{C}$	-459 $^{\circ}\text{F}$	0 K

Puterea termică (transferul termic) reprezintă cantitatea de căldură interschimbată în unitatea de timp, între două corpuri aflate la temperaturi diferite.

- căldura se transferă întotdeauna dinspre substanța cu temperatură mai mare spre cea cu temperatură mai mică
- Transferul căldurii este caracterizat de puterea termică măsurată în W (watt)

2. Conducția

Mecanismul de transfer termic predominant la corpuri solide, datorat transferului de energie cinetică prin interacțiunea directă dintre atomii și moleculele învecinate

$$q = k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

q = puterea termică [W]

A = suprafața de transfer termic [m²]

dT/dx = gradientul de temperatură pe direcția transferului termic

k = conductivitatea termică a mediului. [W / (m·K)].

Materials	Thermal Conductivity (W/m K)
Air	0.024
Mylar	0.19
Silicone rubber	0.19
Solder mask	0.21
Epoxy (dielectric)	0.23
Ablefilm 550 dielectric	0.24
Nylon	0.24
Polytetrafluorethylene	0.24
RTV	0.31
Polyimide	0.33
Epoxy (conductive)	0.35
Water	0.59
Mica	0.71
Ablefilm 550 K	0.78
Thermal greases/pastes	1.10

Materials	Thermal Conductivity (W/m K)
Borosilicate glass	1.67
Glass epoxy	1.70
Stainless steel	15
Kovar	16.60
Solder (Pb-In)	22
Alumina	25
Solder 80-20 Au-Sn	52
Silicon	118
Molybdenum	138
Aluminum	156
Beryllia	242
Gold	298
Copper	395
Silver	419
Diamond	2000

3. Convecția

Mecanismul de transfer termic dintre un corp solid și un fluid, datorat conducției termice și dinamicii fluidelor

1. La suprafața de separație solid-fluid: transfer termic prin conducție
2. **Convecția liberă**: datorită creșterii locale a temperaturii fluidului, densitatea acestuia scade generând mișcare naturală
3. **Convecția forțată**: mișcarea fluidului este accelerată prin mijloace mecanice

$$q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

q = puterea termică [W]

A = suprafața de transfer termic [m²]

k = coeficientul de convecție ce caracterizează fluidul și suprafața de contact solid-fluid

Coeficientul de convecție nu reprezintă o simplă constantă de material ci depinde atât de:

- Proprietățile termice ale solidului și fluidului
- Geometria suprafeței de contact
- forța de gravitație

Valori uzuale pentru convecția naturală în aer: 5 ... 20 [W / (m²·K)]

4. Radiația

Mecanismul de transfer termic prin emisie și absorbție de energie electromagnetică, în special în spectrul infraroșu (lungimi de undă între 700 nm și 1 mm)

Orice corp aflat la o temperatură mai mare decât 0 absolut emite o cantitate de radiație electromagnetică, pe care corpurile direct expuse o pot capta.

$$q = \sigma \cdot A \cdot F \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

σ = constanta Stefan-Boltzmann
($5.6704 \cdot 10^{-8} \text{ [J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$)

A = suprafața de transfer termic [m^2]

T_1 și T_2 = temperaturile celor două corpuri (emițător, respectiv receptor)

F = un coeficient care include efectul proprietăților de suprafață și al geometriei

- Transferul termic prin radiație nu mai depinde liniar de diferența de temperatură dintre corpuri
- Datorită valorilor de temperatură relativ reduse, transferul prin radiație este mai puțin semnificativ pentru managementul termic al echipamentelor electronice

4. Rezistența termică

Transferul energiei termice poate fi modelat prin analogie cu transferul energiei electrice, pe baza rezistențelor termice

$$R_{\theta} = \frac{\Delta T}{q} [^{\circ}\text{C} / \text{W}]$$

Diferența de temperatură de-a lungul unei structuri prin care se transferă o unitate de căldură în unitatea de timp

Rezistența termică de conducție

$$R_{cond} = \frac{\Delta x}{k \cdot A}$$

Rezistența termică de convecție

$$R_{conv} = \frac{1}{h \cdot A}$$