



Měření tělesné teploty

X31ZLE Základy lékařské elektroniky

Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | xhavlikj@fel.cvut.cz

Měření tělesné teploty

- jedna z nejstarších diagnostických metod
 - teploměr – Galileo Galilei (1592)
 - první měření tělesné teploty – Richard Lower (1631 – 1691)
 - rtuťový teploměr – Daniel Gabriel Fahrenheit (1714)
 - Celsiova stupnice – Anders Celsius (1744)
 - první využití v lékařství – James Currie (1756 – 1805)

Měření tělesné teploty

- kontaktní měření
 - rtuťový (dnes již pouze bezrtuťový) nebo elektronický teploměr v podpaží, dutině ústní nebo konečníku
- bezkontaktní měření
 - detekce infračerveného záření
- lékařská termografie

Tělesná teplota

- normální teplota
 - v podpaží 34,7 – 37,3 °C
 - v ústech 35,5 – 37,5 °C
 - v konečníku 36,6 – 38,0 °C
 - v uchu 35,8 – 38,0 °C
- denní cyklus
 - nejvyšší obvykle kolem 17. hodiny
 - u dětí se mění až o 2 °C, v dospělosti méně
- dlouhodobé cykly

Kontaktní měření

- rtuťový teploměr
 - rozsah obvykle 35 – 42 °C
 - dělení po 0,1 °C
 - nevýhodou pomalé měření
- elektronický teploměr
 - určené k orientačnímu měření v podpaží
 - kovová špička s teplotním senzorem, LCD display, bateriové napájení
 - automaticky ukončí měření při malém dT/dt

Termistory

- nelineární polovodičové sensory s velkou závislostí odporu na teplotě
- v úzkém rozsahu teplot můžeme linearizovat

$$R = R_0 (1 + \alpha_0 (T - T_0))$$

- chyba způsobená linearizací v rozsahu $\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ je maximálně $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- zapojujeme buďto do obvodu s referenčním proudovým napájením nebo do Wheatsonova můstku

Bezkontaktní měření

- infračervené teploměry nebo lékařské termografy
 - termografy pro měření rozložení teploty na povrchu tkání
 - čelní infrateploměry
 - ušní infrateploměry pro měření teploty ušního bubínku

Tepelné záření

- každé těleso s teplotou větší než 0 K vyzařuje tepelné záření, při teplotách nižších než asi 500 °C se jedná o infračervené záření
- absolutně černé těleso má pohltivost $\alpha = 1$
- v přírodě pohltivost α vždy menší než 1

Záření absolutně černého tělesa

$$\frac{dI}{d\omega} = \frac{\hbar}{\pi^2 c^2} \frac{\omega^3}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{kT}\right) - 1}$$



Záření skutečného tělesa

- emisivita absolutně černého tělesa $\varepsilon = 1$
- emisivita skutečného tělesa $\varepsilon < 1$
- platí

emisivita ε + propustnost τ + odrazivost $\rho = 1$

Záření lidského těla

- typická emisivita $\varepsilon = 0,93 - 0,96$
- z Wienova zákona $\lambda_{MAX} = 9 \mu\text{m}$
- většina energie v rozsahu vlnových délek 5 – 15 μm

Bezkontaktní teplotní snímače

- tepelné, tzv. bolometry
 - reagují změnou vlastností na ohřátí dopadajícím IR zářením
 - materiály s vysokým tepelným součinitelem odporu, např. VO_2
 - plošné matice až 640×480 prvků na společné masivní destičce + regulační termistor

Bezkontaktní teplotní snímače

- kvantové
 - využívají vnitřní fotoelektrický jev intrinzického polovodiče
 - při dopadu fotonu s dostatečnou energií dojde k vyražení elektronu z valenční do vodivostní vrstvy, důsledkem zvýšení vodivosti materiálu

Bezkontaktní teplotní snímače

- energie fotonu

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

- $E = 0,14$ eV pro $\lambda = 9 \mu\text{m}$
 - šířky zakázaného pásma běžných polovodičů –
 - Ge 0,67 eV; Si 1,14 eV
- používány MCT materiály (Mercury Cadmium Tellurid)
 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$
- MCT materiály je třeba chladit, obvykle Peltiérovými články

Literatura

1. Penhaker, M. a kol.: Lékařské diagnostické přístroje –
– učební texty. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.
2. Chmelař, M: Lékařská přístrojová technika.
CERM s. r. o., Brno, 1995.