

Vynález se týká radiometru pro přesné a rychlé bezkontaktní měření teploty objektů, korigovaného vůči změně teploty jeho okolí, osazeného tepelným čidlem záření, zesilovačem jeho signálu, přerušovačem záření a kontaktním vyhodnocovačem teploty zmíněného čidla záření.

Radiační měření teploty objektů tepelně zářících je založeno na skutečnosti, že signál tepelného čidla opatřeného přerušovačem, modulujícím tepelný zářivý tok je obecně úměrný hodnotě rozdílu výměny zářivého toku mezi měřeným objektem a čidlem a mezi přerušovačem a zmíněným čidlem. Vyjádříme-li výslednou zářivou výměnu jako funkci teploty T_s měřeného objektu a skutečné teploty T_m přerušovače, či jeho zdánlivé teploty, vystihující např. teplotu dominujícího referenčního zdroje záření, zrcadleného přerušovačem a citlivost čidla jako funkci jeho teploty T_d , lze při znalosti emisivity ϵ_s měřeného objektu, ϵ_m přerušovače a ϵ_d čidla, při znalosti spektrální propustnosti τ prostředí mezi citlivým elementem čidla a měřeným objektem, koeficientem K geometrie chodu záření v radiometru a koeficientu K modulace záření, vyhodnotit teplotu T_s měřeného objektu.

Přesnost měření teploty T_s měřeného objektu je principiálně limitována, při pevně zadané teplotě T_m přerušovače ve výše uvedeném významu, přesností odečtu signálové odezvy, tj. vlastním šumem čidla a zesilovače jeho signálu. V praxi bude nutno započítat i nepřesnost zadání teploty T_m přerušovače. Pro dlouhodobou stabilitu, reprodukovatelnost měření a nezávislost měřených hodnot T_s na teplotě okolí je pak rozhodující funkční závislost citlivosti čidla na jeho teplotě T_d i stabilita teploty T_m vůči změně teploty okolí.

Zvolíme-li v radiometru podmínky tak, aby tepelné čidlo bylo dostatečně spektrálně neselektivní, s konstantní průměrnou emisivitou $\epsilon_d = 1$, teploty T_d a T_m byly maximálně blízké a emisivity $\epsilon_m < 0,02$, lze teplotu T_s měřeného objektu ve zjednodušené formě vyjádřit vztahem

$$T_s = \sqrt[4]{T_m^4 + \epsilon_m (T_d - T_m)^4} / \epsilon_s$$

kde ΔU_{ds} je efektivní hodnota zesíleného signálu čidla a $\epsilon_m (T_d - T_m)^4$ je koeficient signálu ΔU_{ds} , korigující vliv teploty T_d čidla na jeho citlivost, při konfiguračním a materiálovém parametru ϵ_m .

Známa uspořádání radiometrů řeší realizaci přerušovače záření tím, že pohyb přerušovacího jazýčku odvozují z rotačního pohybu elektrického motoru a teplotu tohoto jazýčku T_m , popřípadě i teplotu čidla T_d stabilizují s různou přesností, podle zadané přesnosti měření teploty T_s .

Nevýhodou těchto radiometrů je skutečnost, že pohon přerušovače je zdrojem rušivých tepelných gradientů, mechanických vibrací a s nimi souvisejících šumů uvnitř zařízení, které dále omezují dosažitelnou přesnost popřípadě rychlost měření. Další nevýhodou takového pohonu přerušovače je poměrně složitě získávání synchronizačních impulzů pro účely synchronní detekce signálu čidla. Nevýhodou dosavadních radiometrů je dále nutnost stabilizovat teplotu T_m přerušovače, popř. teplotu T_d čidla pomocí poměrně složitých termoregulačních zařízení, které navíc svou tepelnou časovou konstantou limituje pohotovost měření. Náročným technickým problémem je i realizace kalibračního normálu záření a samotné kalibrování stupnice teploty T_s .

Výhodou radiometru podle vynálezu je, že pohyb jazýčku přerušovače je odvozen od

kmitavého, běžně používaného mechanismu, jehož kmitavý systém je lehký, dynamicky vyvážený a jehož rozptylový ztrátový výkon je nepatrný, takže přídavný šum přerušovače záření do signálového kanálu je zanedbatelný. Tento mechanismus pracuje s malým útlumem, kde zmenšení amplitudy každého kyvu v důsledku ztrát třením je doplňováno z elektrického zdroje ve formě impulzů s pevným fázovým vztahem ke kmitům jazýčku přerušovače záření. Tyto impulzy jsou zároveň využity pro synchronní detekci signálu.

Nevýhody spojené se stabilizací teploty T_m přerušovače, popř. teploty T_d čidla záření v dosavadních radiometrech jsou odstraněny tím, že jejich termostabilizace je nahrazena stálým, kontaktním měřením teploty T_d ($\approx T_m$), přičemž vliv teploty přerušovače T_m je potlačen nízkou hodnotou emisivity ϵ_m a pro kalibraci signálu ΔU_{ds} , při okamžité hodnotě teploty čidla T_d , se využívá hodnot kalibrační křivky koeficientu $\epsilon_m (T_d - T_m)^4$.

Kmitavý jazýček přerušovače může být připevněn ke kotvě hodinového mechanismu s elektromagnetickým impulsním pohonem v každém cyklu anebo alternativně ke kotvě deprezského vychylovacího systému, což umožňuje při relativně nízkých výrobních nákladech vysokou spolehlivost a přesnost přerušování záření.

Tepelné čidlo může být s výhodou vytvořeno jako rychlé pyroelektrické čidlo a zesilovač jeho signálu může být zapojen jako proudově napěťový převodník s obvodem optimalizujícím rychlost měření, velikost signálové odezvy a odstup signálu od šumu.

Podstata radiometru podle vynálezu spočívá v tom, že přerušovač záření je tvořen kmitavým jazýčkem s průměrnou emisivitou menší než 0,02, uloženým pohyblivě a s minimální vůlí v tepelně vodivém pouzdru, jež je tepelně vodivě spojeno s pláštěm čidla, přičemž vlastní citlivý element čidla je tepelně vodivě spojen s vyhodnocovačem teploty, jehož výstup je napojen na první vstup vyhodnocovacího systému pro určení kalibrované hodnoty teploty měřeného objektu nezávisle na teplotě radiometru, a výstup vlastního citlivého elementu čidla je napojen přes zesilovač signálu na druhý vstup vyhodnocovacího systému.

Příklad zapojení radiometru podle vynálezu je znázorněn na připojeném výkresu, který představuje blokové schéma radiometru.

Na obrázku je optická soustava 2 umístěna mezi měřeným objektem 1 a přerušovačem 3 záření, který sestává z kmitavého jazýčku 31 a z tepelně vodivého pouzdra 32. Kmitavý jazýček 31 přerušovače 3 záření je uložen pohyblivě a s minimální vůlí v tepelně vodivém pouzdře 32, jež je tepelně vodivě spojeno s pláštěm čidla 9 a tento systém přerušovače a čidla je ke zvýšení přesnosti tepelně izolován od okolí izolantem 91.

Kmitavý jazýček 31 je připevněn ke kotvě 54 hodinového mechanismu 5 s elektromagnetickým impulsním pohonem 56, jehož výstup je přiveden na vstup 73 vyhodnocovacího systému 7 pro účely synchronní detekce. K citlivému elementu čidla 9 je tepelně vodivě připojen vyhodnocovač 8 teploty T_d čidla záření a výstup tohoto vyhodnocovače je napojen na vstup 71 vyhodnocovacího systému 7 pro vyhodnocování signálu tepelného čidla 9 a vyhodnocovače 8 jeho teploty T_d , přičemž na vstup 72 je napojen výstup tepelného čidla 9 přes zesilovač 10 signálu čidla.

Vyhodnocovací systém 7 tepelného čidla 9 a vyhodnocovače 8 jeho teploty T_d obsahuje v řadě za sebou zapojené tyto prvky:

synchronní detektor 74, integrační filtr 75 a výpočtovou část s pamětí 76. Výstup vyhodnocovacího obvodu 7 je napojen na vstup indikátoru 16. Tepelné čidlo 9 je vytvořeno jako pyroelektrické a zesilovač 10 jeho signálu je zapojen jako proudově napěťový převodník, se zpětnovazební impedancí danou odporem 11 a parazitní kapacitou 12, jejíž vliv je neutralizován prostřednictvím rozptylové kapacity 15 vazebního prvku 14 napájeného z invertujícího zesilovače 13, jehož vstup je připojen na výstup zesilovače 10 signálu čidla.

Kontaktním vyhodnocovačem teploty T_d čidla záření může být měřicí dioda a systém přerušovače s čidlem je tepelně izolován od okolí. V tomto uspořádání pak zařízení podle vynálezu pracuje takto:

Teploty T_m a T_d jsou vzájemně velmi blízké a to staticky i dynamicky, protože vliv fluktuací teploty okolí lze redukovat tepelným filtrem sestávajícím z tepelného odporu zmíněné tepelné izolace a tepelné kapacity systému tepelného spojení přerušovače - čidlo. Hodnotu teploty T_m ve vztahu shora uvedené rovnice lze tedy nahradit naměřenou teplotou T_d . Současně lze bezprostředně určit koeficienty $\alpha(T_d; \Delta U_{ds})$, např. měřením elektrické odezvy $\Delta U_{ds}(T_d)$, jestliže teplota zdroje T_s je dána teplotním normálem, realizovaným s výhodou lázni konstantní teploty v termodynamické rovnováze. Hodnoty $\alpha(T_d; \Delta U_{ds})$ jsou v dostatečně jemném odstupňování T_d uloženy v paměťových obvodech. Použitá digitální technika přiřazuje každé okamžité hodnotě T_d odpovídající hodnotu $\alpha(T_d; \Delta U_{ds})$ a pro každou hodnotu ΔU_{ds} vztahenou k měřenému objektu řeší vztah shora uvedené rovnice.

Modulovaná výměna tepelného záření měřaného objektu 1 s tepelným čidlem 9 vyvolá elektrickou odezvu čidla, jež je zesílána zesilovačem 10, přivedena na vstup 72 vyhodnocovacího systému 7, synchronně detekována detektorem 74, filtrována filtrem 75 a spolu s údajem vyhodnocovače 8 teploty čidla 9, přivedeným na vstup 71 vyhodnocovacího systému 7 aritmeticky zpracována v bloku 76 a indikována indikátorem 16 jako měřená teplota T_s .

V případě, že tepelné čidlo 9 je vytvořeno jako čidlo pyroelektrické a při současných maximálních nárocích na poměr signálu k šumu, na velikost odezvy a na šíři pásma s frekvenčně nezávislou odezvou na výstupu zesilovače 10 signálu čidla, se jeví výhodným použít zesilovač 10 signálu čidla v zapojení proudově napěťového převodníku s neutralizovanou parazitní kapacitou 12 pomocí neutralizačního zesilovače 13 invertujícího výstupní signál zesilovače 10, na jehož vstup je volně kapacitně navázán rozptylovou kapacitou 15 vazebního prvku 14 výstup neutralizačního zesilovače 13.

Radiometru podle vynálezu je možno s výhodou použít ve všech aplikacích, kde je třeba pohotově měřit teplotu s přesností řádově zlomky °C bez nutnosti opakované recalibrace přístroje při změnách teploty okolí, např. v medicíně při diagnostice, kontrole operačních polí při ochlazení organismu, nebo přehřátí ozařovaných tkání, dále pro bezkontaktní dálkovou detekci živých objektů a rovněž v náročných technologických procesech různých oblastí výroby.

P R Ě D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Radiometr pro přesné a rychlé bezkontaktní měření teploty objektů tepelně zářících, osazený tepelným čidlem, přerušovačem záření a zesilovačem výstupního signálu čidla záření, vyznačený tím, že přerušovač /3/ záření je tvořen kmitavým jazýčkem /31/ s průměrnou emisivitou menší než 0,02, uloženým pohyblivě a s minimální vůlí v tepelně vodivém pouzdru /32/, jež je tepelně vodivě spojeno s pláštěm čidla /9/, přičemž vlastní citlivý element čidla /9/ je tepelně vodivě spojen s vyhodnocovačem teploty /8/, jehož výstup je napojen na první vstup /71/ vyhodnocovacího systému /7/ pro určení kalibrované hodnoty teploty měřeného objektu nezávisle na teplotě radiometru a výstup vlastního citlivého elementu čidla /9/ je napojen přes zesilovač /10/ signálu na druhý vstup /72/ vyhodnocovacího systému /7/.

2. Radiometr podle bodu 1, vyznačený tím, že kmitavý jazýček /31/ přerušovače /3/ záření je připevněn ke kotvě /54/ hodičného mechanismu /5/ s elektromagnetickým impulzním pohonem /6/ v každém cyklu.

3. Radiometr podle bodu 1, vyznačený tím, že kmitavý jazýček /31/ přerušovače /3/ záření je připevněn ke kotvě deprezského vychylovacího systému.

4. Radiometr podle bodu 1, vyznačený tím, že tepelné čidlo /9/ je vytvořeno jako čidlo pracující s pyroelektrickým efektem, přičemž zesilovač /10/ jeho signálu je zapojen jako proudově napěťový převodník, na jehož výstup je napojen vstup neutralizačního zesilovače /13/, jehož výstup je napojen přes rozptylový vazební prvek /14/ na vstup zesilovače /10/ signálu čidla.

1 výkres

