

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

242264
(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴
G 01 K 7/00

(22) Přihlášeno 14 02 84
(21) (PV 1032-84)

(40) Zveřejněno 31 08 85

(45) VVydáno 15 09 87

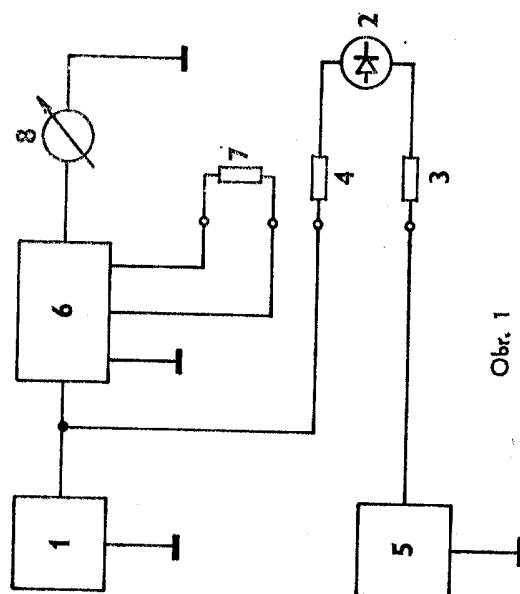
(70)

Autor vynálezu ZÁBRANSKÝ JIŘÍ RNDr. CSc., PRAHA

(54) Polovodičový diodový teploměr s úplnou normalizací teplotních čidel

1

Diodový polovodičový teploměr s úplnou normalizací teplotních čidel, tj. zapojení pro kompenzaci lišících se úbytků napětí polovodičových diod a lišících se teplotních koeficientů jednotlivých diod, které jsou výsledkem výrobního rozptylu. Zapojení sestává ze zdroje konstantního proudu, zdroje konstantního napětí, měrné diody, lineárního zesilovače, tří normalizačních odporů a měřidla. Zapojením je dosaženo úplné záměrnosti čidel bez nutnosti výběru a třídění teploměrných diod.



Vynález se týká zapojení polovodičového diodového teploměru s úplnou normalizací teplotních čidel, tj. zapojení pro kompenzaci lišících se úbytků napětí polovodičových diod v propustném směru a pro kompenzaci lišících se teplotních koeficientů jednotlivých diod způsobených výrobním rozptylem.

Měření teploty s použitím polovodičových diod jako čidla spočívá ve sledování změn úbytku napětí na měrné diodě při průchodu konstantního proudu v propustném směru v závislosti na teplotě. Teplotní závislost polovodičových diod je záporná a prakticky lineární. Důvodem zájmu o tato čidla jsou linearita, nízká cena, vynikající dlouhodobá stabilita spolu s poměrně velkým teplotním rozsahem, pro křemíkové diody 70 až 420 K. Menší rozsah oproti platiovým teploměrům pro řadu použití v technologických procesech a při skladování je zcela dostatečný, naproti tomu výhodou je úspora platiny, lepší linearita v oblasti pod 0 °C a menší vliv odporu vedení. Základními parametry měrných diod jsou napěťový úbytek při určité teplotě a teplotní koeficient jednotlivých diod. Oba tyto parametry se u jednotlivých diod nezávisle na sobě liší, což je způsobeno výrobním rozptylem. Při výběru dvojic, n-tic nebo při výměně čidla je nutno prověřit velký počet diod k dosažení shody obou parametrů současně. Tato nevýhoda brání rozšíření tohoto jinak výhodného čidla do výroby a průmyslové praxe.

Dosud známá zapojení diodových teploměrů založených na sledování změn úbytku napětí polovodičových diod při průchodu konstantního proudu v propustném směru neřeší uvedené nevýhody, předpokládají vždy současnou kalibraci čidla a vyhodnocovacího obvodu, což je pro výrobu a průmyslovou praxi nepřijatelné. Zlepšené zapojení dle čs. autorského osvědčení č. 234 245 řeší normalizaci úbytku napětí jednotlivých diod při určité teplotě, avšak diody je nutno třídit podle lišících se teplotních koeficientů.

Zmíněné nevýhody odstraňuje polovodičový diodový teploměr podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že k výstupu uzemněného zdroje konstantního napětí je připojeno sériové spojení prvního normalizačního odporu, měrné diody, zapojené v propustném směru, a druhého normalizačního odporu. Druhý konec sériového spojení je připojen jednak k výstupu uzemněného zdroje konstantního proudu a dále je současně připojen ke vstupu uzemněného lineárního zesilovače. Toto sériové spojení je voleno tak, aby součet úbytků na tomto spojení při průchodu určitého konstantního proudu a při určité teplotě byl roven konstantě. Současně napětí na výstupu zdroje konstantního napětí je v absolutní hodnotě shodné se součtem úbytků na sériovém spojení, ale opačné polarity, což má za ná-

sledek, že při této teplotě je napětí na vstupu lineárního zesilovače nulové. K výstupu lineárního zesilovače je připojeno měřidlo, jehož výstup je uzemněn. Ke svorkám změny zesílení lineárního zesilovače je připojen třetí normalizační odpor, jehož velikost má vliv na zesílení lineárního zesilovače. Pomocí změny třetího normalizačního odporu je možno dosáhnout konstantní odezvy na výstupu lineárního zesilovače pro různé měrné diody s různým teplotním koeficientem.

Výhodou polovodičového diodového teploměru podle vynálezu je úplná normalizace teploměrných diod, zapojení odstraňuje nejen nutnost výměry diod podle shodných napětí v propustném směru, ale současně odstraňuje i nutnost výběru podle shodných teplotních koeficientů jednotlivých diod.

Příklad zapojení polovodičového diodového teploměru, který vynález vysvětluje, ale neomezuje, je znázorněn na obr. 1, příklad vnitřního zapojení lineárního zesilovače je na obr. 2.

K výstupu uzemněného zdroje 5 konstantního napětí je připojeno sériové spojení prvního normalizačního odporu 3, měrné diody 2, zapojené v propustném směru, a druhého normalizačního odporu 4, druhý konec sériového spojení je připojen jednak k výstupu uzemněného zdroje 1 konstantního proudu a dále je současně připojen ke vstupu uzemněného lineárního zesilovače 6, jehož výstup je připojen ke vstupu měřidla 8, jehož výstup je uzemněn. Celkový úbytek napětí na sériovém spojení prvního normalizačního odporu 3, měrné diody 2 a druhého normalizačního odporu 4 je dán rovnicí $U_N = U_D + R_3 I + R_4 I$, kde U_D je napěťový úbytek na měrné diodě 2 a R_1 jsou napěťové úbytky na normalizačních odporech 3, 4. Celkový úbytek napětí U_N je výhodné volit při použití křemíkových diod $U_N = 800,0$ mV při 0 °C, konstantní proud je výhodné volit 1 mA nebo i méně až do 0,1 mA. Pokud se nastaví na výstupu zdroje 5 konstantního napětí, napětí opačné — 80,0 mV, bude na vstupu lineárního zesilovače 6 a tím i na jeho výstupu napětí nulové. Jedno z možných vnitřních zapojení lineárního zesilovače 6 představuje obr. 2. Vstup lineárního zesilovače 6 je zapojen přes vstupní odpor 12 do neinvertujícího vstupu operačního zesilovače 9, jehož výstup je spojen s výstupem lineárního zesilovače 6. Mezi invertujícím vstupem operačního zesilovače 9 a jeho výstupem je zapojen první zpětnovazební odpor 10 a dále je tento vstup operačního zesilovače 9 uzemněn přes druhý zpětnovazební odpor 11. Paralelně k tomuto druhému zpětnovazebnímu odporu 11 je připojen třetí normalizační odpor 7. Zesílení lineárního zesilovače 6, znázorněného na obr. 2 jako neinvertující zapojení operačního zesilovače 9, je bez připojeného třetího

normalizačního odporu 7 dáno vztahem $A = R_{10}/R_{11} + 1$ (I), kde A je napěťové zesílení, R_{10} je první zpětnovazební odpor 10 a R_{11} je druhý zpětnovazební odpor 11. Výstupní signál lineárního zesilovače 6 na obr. 1 je dán vztahem $U_o = A \cdot t_k (t_{\max} - t_o)$ (II), kde U_o je výstupní napětí lineárního zesilovače 6, A je napěťové zesílení lineárního zesilovače 6, t_k je teplotní koeficient měrné diody 2, $t_{\max}$ je teplota maxima stupnice měřidla 8, t_o je teplota minima stupnice měřidla 8. Z rovnice (II) je zřejmé, že rozdíly v teplotním koeficientu t_k jednotlivých diod je možno dokompenzovat změnou zesílení A, které je jednoduše možno měnit podle vztahu (I) poměrem odporů. Hodnoty zpětnovazebních odporů 10 a 11 je výhodné stanovit tak, aby zesílení A a stanovené výstupní napětí U_o nebylo zcela dosaženo ani pro nejvyšší absolutní hodnotu teplotního koeficientu t_k vyskytujícího se u měrných diod. Pro křemíkové diody při použití konstantního proudu 1 mA byl nalezen v teplotním intervalu 0 až 100 °C teplotní koeficient v rozmezí $-1,8190$ až $-2,0210$ mV/K, proto je výhodné volit pro výpočet zpětnovazebních odporů 10 a 11 podle rovnic (I) a (II) hodnotu t_k alespoň $-2,1$ mV/K. Připojením třetího normalizačního odporu 7 se zvětší napěťové zesílení lineárního zesilovače 6,

čímž je dána možnost dokompenzovat teplotní koeficient reálné měrné diody 2. Pro výpočet třetího normalizačního odporu 7 byl odvozen vztah

$$R_7 = \frac{R_{10} \cdot R_{11}}{A_k \cdot R_{11} - R_{10} - R_{11}}$$

kde A_k je skutečné zesílení lineárního zesilovače 6, potřebné podle vztahu (II) po dosazení teplotního koeficientu t_k konkrétní měrné diody 2.

Zapojením podle vynálezu se dosáhne úplné normalizace měrných diod 2. Je nutno pouze změřit oba základní parametry měrných diod a na základě nich vypočítat první, druhý a třetí normalizační odpor. Rozdílné úbytky napětí při určité teplotě se dokompenzují, normalizačními odpory 3, 4, které je vhodné vložit do sestavy konektoru čidla. Vzhledem k tomu, že normalizační odpory 3, 4 jsou součtem odporu vedení k čidlu a vloženého odporu, je zapojením současně vykompenzován odpor vedení k čidlu. Rozdílné teplotní koeficienty měrných diod 2 jsou vykompenzovány pomocí třetího normalizačního odporu 7, který je rovněž výhodné vložit do sestavy konektoru čidla; dosáhne se tak úplné záměrnosti čidel.

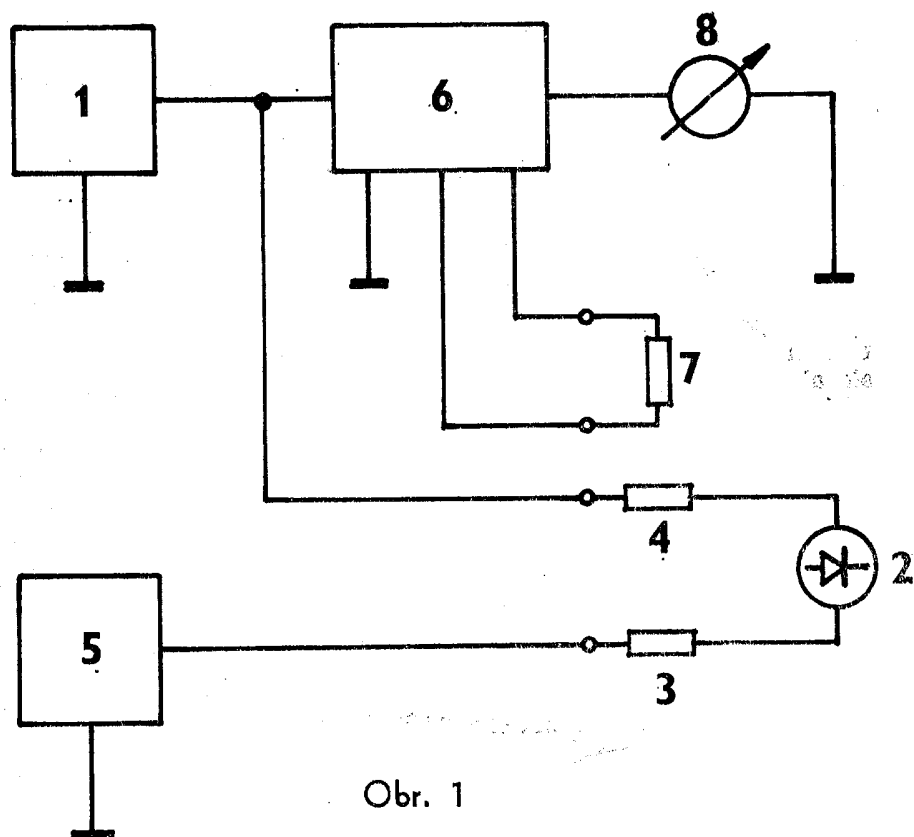
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Polovodičový diodový teploměr s úplnou normalizací teplotních čidel tvořený teploměrnou diodou a vyhodnocovacím zařízením, vyznačený tím, že k výstupu uzemněného zdroje (5) konstantního napětí je připojeno sériové spojení prvního normalizačního odporu (3), měrné diody (2), zapojené v propustném směru, a druhého normalizačního odporu (4), druhý konec sériového spojení je připojen jednak k výstupu uzemněného zdroje (1) konstantního proudu a dále je současně připojen ke vstupu uzemněného lineárního zesilovače (6), k

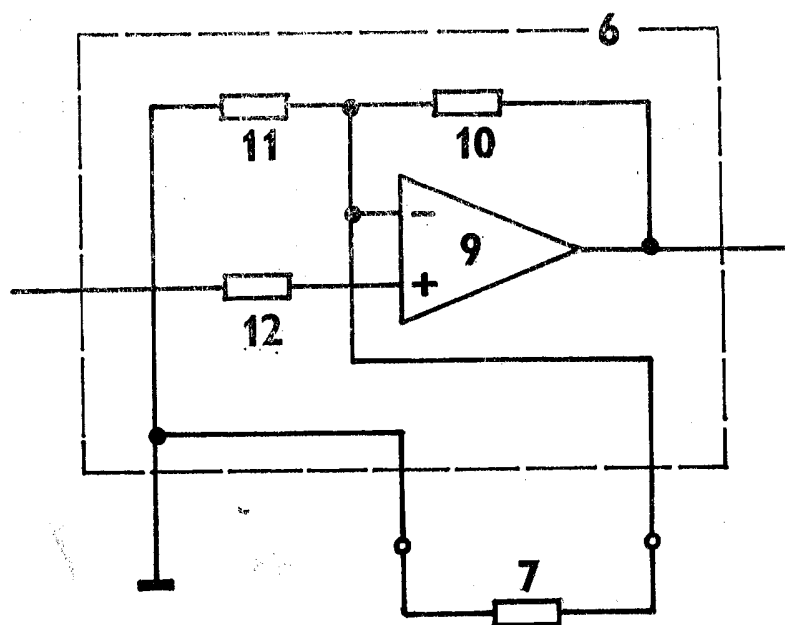
jehož výstupu je připojen vstup měřidla (8), jehož výstup je uzemněn, ke svorkám změny zesílení lineárního zesilovače (6) je připojen třetí normalizační odpor (7).

2. Polovodičový diodový teploměr podle bodu 1, vyznačený tím, že první normalizační odpor (3) je tvořen pouze odporem připojovacího vedení.

3. Polovodičový diodový teploměr podle bodu 1, vyznačený tím, že druhý normalizační odpor (4) je tvořen odporem připojovacího vedení.



Obr. 1



Obr. 2.