



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

236 981

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 22 11 82
(21) PV 8331-82

(51) Int. Cl.³
G 01 R 33/00
G 01 R 33/12

(40) Zveřejněno 19 11 84

(45) Vydáno 01 10 86

(75)
Autor vynálezu

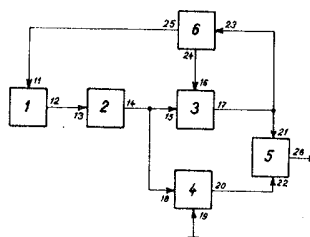
ROHÁČ JAN ing.CSc., FRÝDEK-MÍSTEK

(54)

Zapojení měřiče permeability

Vynález se týká zapojení měřiče permeability materiálu a řeší problém měření magnetické permeability elektricky vodivého materiálu využitím skinefektu. Měřený materiál je protékán střídavým proudem. K vyhodnocování je pak využit časový průběh úbytku napětí na vodiči.

Měřič permeability je použitelný pro měření permeability elektricky vodivého materiálu, zejména pro účely metalurgického výzkumu feritických ocelí.



Vynález se týká zapojení měřiče permeability materiálu a řeší problém měření magnetické permeability elektricky vodivého materiálu využitím skinefektu.

Jsou známy různé metody měření permeability materiálu, jejichž společným znakem je, že měřený materiál musí být vložen do magnetického pole. Součástí každého přístroje měřicího permeability je proto vždy zařízení k vytvoření vhodného magnetického pole. Tato skutečnost přináší experimentální problémy zvláště v případech, kdy se měří v obtížných podmínkách, např. při vysokých nebo nízkých teplotách.

Tyto nedostatky odstraňuje zapojení měřiče permeability podle vynálezu, jehož podstatou je, že napěťové svorky vzorku jsou spojeny se vstupem integrátoru, jehož výstup je spojen se vstupem prvního komparátoru, jehož výstup je spojen jednak s prvním vstupem vyhodnocovací jednotky, a dále se vstupem zdroje, jehož proudový výstup je spojen s proudovými svorkami vzorku. Referenční výstup zdroje je spojen s referenčním vstupem prvního komparátoru, výstup integrátoru je spojen se vstupem druhého komparátoru, jehož referenční vstup je uzemněn, a jehož výstup je spojen s druhým vstupem vyhodnocovací jednotky. Výstup vyhodnocovací jednotky je výstupem měřiče.

Předností měřiče podle vynálezu je skutečnost, že ke své činnosti nepotřebuje žádný zdroj magnetického pole. Tato přednost se projeví zvláště v případech, kdy takový zdroj magnetického pole nelze umístit do blízkosti vzorku např. pro nutnost ohřevu vzorku na vysokou teplotu v ochranné atmosféře nebo při ochlazování v kapalném médiu. Někdy může být výhodné i měření pouze na části vzorku, např. proto, že zbývající části vzorku nemají požadovanou teplotu.

Příklad provedení vynálezu bude vysvětlen pomocí připojených výkresů, kde obr. 1 je schéma zapojení měřiče podle vynálezu, obr. 2 ukazuje napětí $u(t)$ na výstupu integrátoru v závislosti na čase t , obr. 3 pak závislost intenzity elektrického pole $E(t)$ na povrchu vodiče ve směru jeho osy na čase t .

Vzorek 1 ve tvaru drátu o kruhovém průřezu je vybaven proudovými svorkami 11 a napěťovými svorkami 12. Napěťové svorky 12 jsou spojeny se vstupem 13 integrátoru 2, jehož výstup 14 je spojen se vstupem 15 prvního komparátoru 3 a vstupem 18 druhého komparátoru 4. Referenční vstup 19 druhého komparátoru 4 je uzemněn, zatím co referenční vstup 16 prvního komparátoru 3 je spojen s referenčním výstupem 24 zdroje 6, jehož vstup 23 je spojen s výstupem 17 prvního komparátoru 3. Proudový výstup 25 zdroje 6 je spojen s proudovými svorkami 11 vzorku 1. Výstup 17 prvního komparátoru 3 a výstup 20 druhého komparátoru 4 jsou spojeny s prvním vstupem 21 a druhým vstupem 22 vyhodnocovací jednotky 5, jejíž výstup 26 je výstupem celého měřiče.

V příkladném provedení protéká vzorkem 1 o průměru 6 mm proud 10 A ze zdroje 6, jehož proudový výstup má charakter zdroje konstantního proudu. Úbytek napětí na vzorku 1 mezi jeho napěťovými svorkami 12 je integrován integrátorem 2. Okamžik, kdy napětí na výstupu 14 integrátoru 2 projde nulovou napěťovou úrovní označenou v obr. 2 jako t_1 , je registrován druhým komparátorem 4 změnou napětí na jeho výstupu 20. Napětí na výstupu 14 integrátoru 2 se dále mění ve stejném smyslu až do okamžiku t_2 , kdy dosáhne referenční napěťové úrovně $+U_R$ /nebo $-U_R$ /, jež je v příkladném provedení rovna 8 V. Tím je ukončena jedna půlperioda činnosti měřiče a současně začíná následující půlperioda, takže okamžik t_2 může být z hlediska následující půlperiody časovým okamžikem t_0 . V tomto okamžiku t_0 se mění napětí na výstupu 17 prvního komparátoru 3, což způsobí změnu polaroty referenční napěťové úrovně na referenčním výstupu 24 zdroje 6 a současně na jeho proudovém výstupu 25 začne rovnoměrná komutace proudu na opačnou ustálenou hodnotu, které se v příkladném provedení dosáhne po uplynutí doby komutace $T_K = 0,2$ ms. Také změna napětí na výstupu 14 integrátoru 2 má opačné znaménko a popsáný děj se tedy

stále opakuje. Vyhodnocovací jednotka 5 převádí časové intervaly mezi jednotlivými okamžiky t_0 a t_1 na napětí příměrné permeability materiálu. Tento převod je založen na zákonitosti, která je předmětem objevu "Závislost průběhu elektrického pole na permeabilitě". Pro vysvětlení této zákonitosti pomocí obr. 3 uvažujme o dostatečně dlouhém vodiči kruhového průřezu o poloměru r , který je protékán konstantním proudem o velikosti $-I$. V časovém okamžiku $t = 0$ počne rovnoměrná komutace proudu protékajícího vodiče rychlostí $\frac{di}{dt} = \frac{2I}{T_k}$, takže po uplynutí doby komu-

tace T_k vodičem dále protéká konstantní proud o velikosti $+I$. Pak mezi velikostí permeability μ materiálu vodiče a velikostí plochy Q vymezené křivkami časových závislostí skutečné intenzity elektrického pole na povrchu vodiče ve směru jeho osy - křivka a a teoretické intenzity, jaká by na povrchu vodiče byla bez přítomnosti povrchového jevu - křivka b platí vztah :

$$Q = \mu \cdot \frac{I}{4\pi} \quad \left[\text{V.s.m}^{-1}; \text{H.m}^{-1} \right] \quad (1)$$

pro teoretickou intenzitu $E_T(t)$ na povrchu vodiče o poloměru r pro čas $t \geq T_k$ platí :

$$E_T(t) = \rho \cdot \frac{I}{\pi \cdot r^2} \quad (2)$$

kde ρ je měrný elektrický odpor vodiče.

Odpovídající teoretické napětí $u_T(t)$ na výstupu 14 integrátoru 2 lze s ohledem na uvedený průběh komutace proudu vyjádřit :

$$u_T(t) = \frac{1}{\tau} \int_0^t E_T(t) \cdot L \cdot dt = \rho \cdot \frac{I \cdot L}{\pi \cdot r^2} (t - T_k) + C$$

pro $t \geq T_k$, (3)

kde τ je časová konstanta integrátoru 2

L je vzdálenost napěťových svorek 12 na vzorku 1

C je integrační konstanta.

S využitím vztahu (1) pak pro skutečný průběh napětí $u(t)$ na výstupu 14 integrátoru 2 lze dokázat vztah platný pro čas t , kdy už prakticky zaniklo nerovnoměrné rozdělení proudu ve vzorku 1

po komutaci :

238 981

$$u(t) = \rho \cdot \frac{I \cdot L}{\pi \cdot r^2} (t - T_K) + \mu \cdot \frac{I \cdot L}{4 \pi \cdot r} + C, \text{ pro } t \rightarrow \infty \quad (4),$$

což je rovnice asymptoty skutečného průběhu napětí na výstupu 14 integrátoru 2. Pro její směrnici k platí :

$$k = \frac{\rho \cdot I \cdot L}{\pi \cdot r^2 \cdot \tau} \quad (5)$$

Dosadíme-li ve vztahu (4) $t = T_K$, je možnost stanovit velikost úseků A znázorněného na obr. 2:

$$A = \mu \cdot \frac{I \cdot L}{4 \pi \cdot r} \quad (6)$$

a pro směrnici k lze psát další vztah :

$$k = \frac{\mu \cdot \frac{I \cdot L}{4 \pi \cdot r}}{T_2 - T_1 + T_K} \quad (7)$$

Symbolem T_1 je označena doba, která uplyne od okamžiku t_0 do t_1 , a symbolem T_2 je označena doba, která uplyne od okamžiku t_1 do t_2 . Poměry v měřiči jsou nastaveny tak, že doba T_1 je delší než doba potřebná k zániku nerovnoměrného rozdělení proudu ve vzorku 1 vlivem povrchového jevu po komutači. Pak z rovnosti pravých stran vztahů (5) a (7) plyne rovnice pro permeabilitu μ :

$$\mu = (T_2 - T_1 + T_K) \cdot \frac{4 \rho}{r^2} \quad [\Omega \cdot s \cdot m^{-1}; s, s, s, \Omega \cdot m, m] \quad (8)$$

Pro měrný elektrický odpor materiálu vzorku 1 platí :

$$\rho = \frac{U_R \cdot \tau \cdot \pi \cdot r^2}{I \cdot L \cdot T_2} \quad [\Omega \cdot m, V, s, m, A, m, s] \quad (9)$$

kde U_R je hodnota referenčního napětí na referenčním výstupu zdroje 6, což je v příkladném provedení 8 V.

Platnost vztahu (9) pro měrný odpor lze jednoduše odvodit z rovnice obecně platné pro napětí na výstupu integrátoru 2 při integraci konstantního výstupního napětí o velikosti $\frac{\rho \cdot I \cdot L}{\pi \cdot r^2}$.

Z uvedených rovnic je zřejmé, jaká musí být funkce vyhodnocovací jednotky 5, aby ze známých dob T_1 a T_2 , které se ve vyhodnocovací jednotce 5 na základě signálů přivedených na její první vstup 21 a druhý vstup 22 snadno stanoví, poskytla informaci o permeabilitě. Výpočty lze řešit jednoúčelovým analogovým, číslicovým nebo nejjednodušeji hybridním systémem, přičemž se za dobu T_1 i T_2 bere průměr příslušných dob z celé periody měřiče, čímž se vyloučí vliv všech stejnoměrných rušivých napětí v obvodu napěťových svorek 12 vzorku 1 a vstupu 13 integrátoru 2 včetně jeho driftů. Vyhodnocovací jednotka 5 v příkladném zapojení je řešena hybridním způsobem. Nejprve se pomocí čítače a vratného čítače s příslušnými paměťmi a ovládacími obvody získají číslicové ekvivalenty dob T_2 a $(T_2 - T_1 + T_k)$. Z číslicového ekvivalentu doby T_2 se pomocí modifikovaného číslicově analogového převodníku, jehož analogové výstupní napětí je nepřímým úměrné vstupní číslicové informaci, získá analogové napětí úměrné měrnému elektrickému odporu. Toto napětí se přivádí do násobícího číslicově analogového převodníku, na jehož číslicový vstup se přivádí číslicový ekvivalent doby $(T_2 - T_1 + T_k)$ z vratného čítače, a na jeho výstupu, který je výstupem 26 vyhodnocovací jednotky 5 je tedy napětí úměrné permeabilitě vzorku 1.

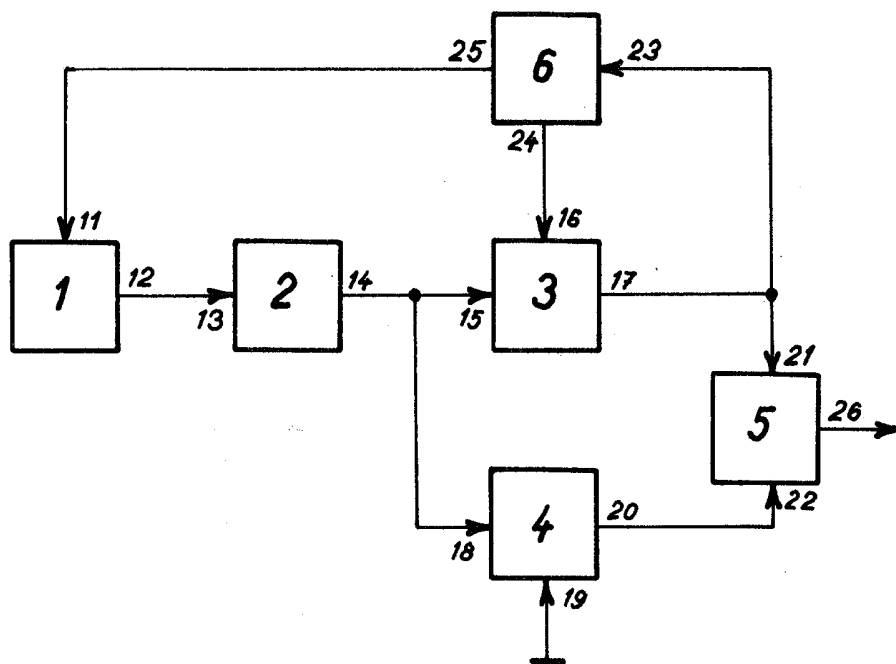
Měřič permeability podle vynálezu je určen pro účely metalurgického výzkumu pro měření fyzikálních vlastností ocelí v širokém rozsahu teplot a je použitelný všude, kde je třeba měřit permeabilitu kovového válcového materiálu. V případě individuálního stanovení převodní charakteristiky je tento měřič použitelný i pro měření permeability elektricky vodivých materiálů takových tvarů, ve kterých dochází k elektrickému povrchovému jevu.

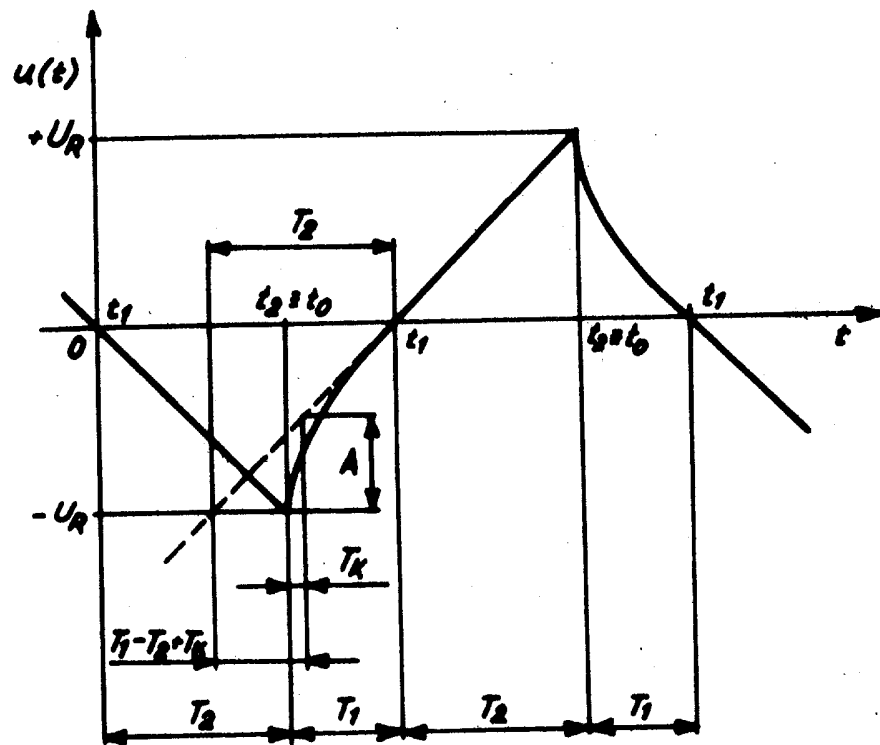
P ř e d m ě t v y n á l e z u

238 981

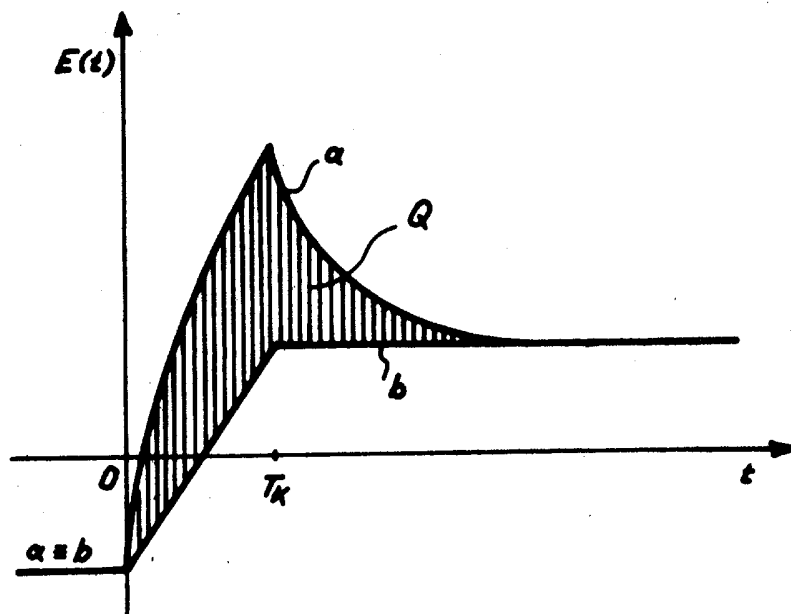
Zapojení měřiče permeability, vyznačující se tím, že napěťové svorky (12) vzorku (1) jsou spojeny se vstupem (13) integrátoru (2), jehož výstup (14) je spojen se vstupem (15) prvního komparátoru (3), jehož výstup (17) je spojen jednak s prvním vstupem (21) vyhodnocovací jednotky (5), a dále se vstupem (23) zdroje (6), jehož proudový výstup (25) je spojen s proudovými svorkami (11) vzorku (1), a referenční výstup (24) zdroje (6) je spojen s referenčním vstupem (16) prvního komparátoru (3), dále výstup (14) integrátoru (2) je spojen se vstupem (18) druhého komparátoru (4), jehož referenční vstup (19) je uzemněn a jehož výstup (20) je spojen s druhým vstupem (22) vyhodnocovací jednotky (5), jejíž výstup (26) je výstupem měřiče.

2 výkresy

*Obr. 1*



Obr. 2



Obr. 3