

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2014-600

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01N 27/90 (2006.01)
G01N 27/72 (2006.01)
G01B 7/24 (2006.01)
G01R 33/12 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

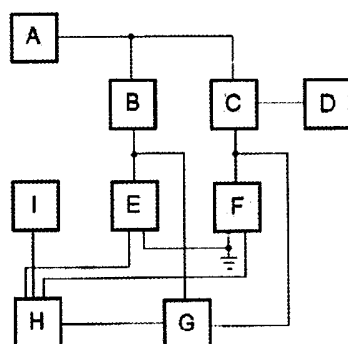
(22) Přihlášeno: **03.09.2014**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **16.03.2016**
(Věstník č. 11/2016)

- (71) Přihlašovatel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ
- (72) Původce:
Ing. Robert Macků, Ph.D., Brno- Líšeň, CZ
prof. Ing. Lubomír Grmela, CSc., Brno- Židenice, CZ
Ing. Jiří Majzner, Ph.D., Brno- Štýřice, CZ
Ing. Jiří Šicner, Otrokovice, CZ
Ing. Pavel Škarvada, Ph.D., Brno- Bystřice, CZ
- (74) Zástupce:
Kania, Sedlák, Smola, Ing. Tomáš Benda,
Mendlovo nám. 1a, 603 00 Brno

- (54) Název přihlášky vynálezu:
**Nedestruktivní indikátor lokálních
podpovrchových nehomogenit**

- (57) Anotace:
Nedestruktivní indikátor lokálních podpovrchových nehomogenit obsahující spektrálně čistý zdroj (A), budící sondu (D), řízení (C) buzení sondy (D), laděný přístrojový zesilovač (G) a vyhodnocovací jednotku (I) s interface, který dále obsahuje obvody (E) pro kompenzaci přiblížení sondy (D) a vlivu defektu, obvody (F) pro vyvažování můstku a obvody (H) automatického vyvážení.



Nedestruktivní indikátor lokálních podpovrchových nehomogenit

Oblast techniky

Vynález se týká nedestruktivního indikátoru lokálních podpovrchových nehomogenit v paramagnetických materiálech s vysokou elektrickou vodivostí.

Dosavadní stav techniky

Při výrobě i provozu mechanických těles je často nutné podrobně zkoumat, zda není použitý materiál tělesa poškozen. Často zde dochází k mikroskopickým, lidskému oku nepatrným prasklinkám, které mohou snížit jeho životnost, zhoršit účinnost nebo zničit celé zařízení. Zkoumanými předměty jsou často lopatky turbín a rotační části točivých strojů. Pro inspekci povrchů kovových i polovodičových materiálů jsou často používány snímací zařízení se sondami pro buzení vířivých proudů. Indukované proudy mají obecně poměrně malou energii, a proto se v současnosti technika omezuje na zásadní ovlivnění způsobené trhlinami, úbytkem materiálu a dutinami. Technika je okrajově využívána i pro identifikaci materiálu pro stanovení makroskopické vodivosti. Jinou oblastí je sledování nátěrů a izolačních povlaků případně koroze mezi jednotlivými vrstvami a jejich tloušťky. V každém případě měření je silně závislé na vzájemné vazbě mezi sondou a zkoumaným povrchem. Ve většině případů je detekována právě změna související s vazbou ve smyslu změny tloušťky izolačního nátěru, absenci materiálu při opotřebení anebo při existenci praskliny nebo dutiny. Aby bylo dosaženo dostatečné citlivosti a byla co nejvíce minimalizována nejistota měření, jsou používány relativně rozměrné sondy často v kombinaci s budící a snímací sekcí. Jejich plocha a způsob detekce vede k necitlivosti na homogenitu s podstatně menšími rozměry, jaké jsou subtilní oxidové nečistoty, kontaminace vměstky a krystalické clustery nebo změny v mikrostruktuře související se smršťováním kovů při krystalizaci. Další aspekt, který je zapotřebí řešit je fázová odchylka odezvy od nehomogenit nacházejících se hlouběji v materiálu a vytvářející falešný obraz o rozloze defektu případně zavádějící signálové pozadí snižující citlivost.

Vzhledem k aspektům jak byly uvedeny dříve, existuje potřeba takového zařízení, které umožní velmi citlivé měření lokálních podpovrchových nehomogenit založené na vyvažování impedančního můstku s několika nelineárními prvky a fázovacími články, které současná zařízení neobsahují. Neumožňují tedy přímo

potlačit vliv vazebních nedokonalostí, rozměrných defektů a hloubkových odchylek nehomogenit.

Tento problém se ač nedokonale snaží řešit níže uvedená zařízení, které však nedokáže citlivě měřit mikroskopické nehomogenity jako jsou oxidové nečistoty, kontaminace vměstky, krystalické clustery nebo změny v mikrostruktuře související se smršťováním kovů při krystalizaci, a jejich použití pro takové účely je tedy nevhodné.

Spis US 4,864,236 A představuje drátový detektor nehomogenity, tvořený permanentním magnetem ve tvaru písmene „C“ s dvěma navinutými vinutími, mezi které je vložen zkoumaný elektricky vodivý vodič. Systém pracuje na zaznamenávání změny vířivých proudů, které vyvolávají nehomogenity ve vodiči, a zjišťuje tak nerovnoměrné rozložení mědi ve vodiči. Předkládané řešení tedy tento spis nepopisuje.

Spis NL 85 002 37 A představuje nehomogenní detektor pro testování magnetických materiálů, zejména ocelových plátů. Jde o kombinaci zdroje toku a detektoru pohybujícího se podél povrchu zkoumaného materiálu. Zařízení je tvořeno dvěma magnety oddělenými ocelovým dílcem. Vnější konce magnetů jsou opatřeny pólovými patkami, které vedou magnetický tok do jejich spodních rovných částí. Mezi ocelovými dílci a spojovacím prvkem je umístěn detektor, kterým může být i cívka. Tok je veden mezi pólovými dílci přes dopravník, který drží zařízení pohromadě, a dále přes testovaný materiál. Vzhledem k tomu, že je text přihlášky napsaný holandsky, nejsme schopni jeho bližší analýzy. Zdá se však, že je zaměřen na provedení detekčního zařízení a nikoli na princip jeho funkce.

Spis US 6,781,370 B1 představuje testovací zařízení určené k detekci a zjišťování nehomogenit materiálů. Představené řešení sestává z nosiče zkoumaného vzorku, zařízení pro regulaci teploty ve vzorku, pohonu propojeného s nosičem pro účely změny pozice vzorku a alespoň z jednoho měřicí senzoru pro bezkontaktní měření magnetického pole nad vzorkem. Po podrobnějším seznámením se se spisem je možno říci, že jde o provádění měření na základě termoelektrického efektu, na kterém však předkládané řešení nepracuje. Řešení je tedy odlišné.

Spis DE 3530525 A1 představuje nedestruktivní metodu testování nehomogenit materiálů, spočívající v osazení snímače dalším přijímacím cívkovým zařízením. Toto zařízení může být tvořeno dvěma cívkami nebo přijímací cívkou.

Hlavní nevýhodou představených řešení je nutné zohlednění přenosu dvojice cívek včetně kompenzace teploty a především snížená citlivost v důsledku oddalování cívek od materiálu. Vliv odchýlení je sice kompenzován jednou z cívek, ale zařízení není schopno reagovat na drobné odchylky vodivosti. Další nevýhodou pak může být větší pracovní rozměr a nemožnost skenování plochy s vysokým prostorovým rozlišením.

Cílem vynálezu je představit takový indikátor lokálních podpovrchových nehomogenit, který by umožnil měření i velmi malých materiálových nehomogenit.

Podstata vynálezu

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry nedestruktivní indikátor lokálních podpovrchových nehomogenit obsahující spektrálně čistý zdroj, budící sondu, řízení buzení sondy, laděný přístrojový zesilovač a vyhodnocovací jednotku s interface, jehož podstata spočívá v tom, že dále obsahuje obvody pro kompenzaci přiblížení sondy a vlivu defektu, obvody pro vyvažování můstku a obvody automatického vyvážení.

Ve výhodném provedení spektrálně čistý zdroj obsahuje oscilátor pro generování harmonického signálu a soustavu pásmových propustí.

V jiném výhodném provedení je soustavou pásmových propustí pasivní a/nebo aktivní filtr.

V jiném výhodném provedení řízení buzení sondy obsahuje říditelný zdroj konstantního proudu nebo říditelný regulátor proudu nebo říditelný omezovač proudu, a dále řízení buzení sondy obsahuje napěťový měřicí člen umístěný v detekčním rameni impedančního můstku a logaritmický zesilovač nebo proporcionální zesilovač nebo kompresor dynamického rozsahu.

V jiném výhodném provedení obvod pro kompenzaci přiblížení sondy a vlivu defektu obsahuje kompenzační laditelný obvod sondy a nelineární člen řídící fázovou odezvu závislou na velikosti a poloze nehomogenity nebo říditelný náklonový článek nebo zesilovač s nelineární převodní charakteristikou nebo aproximační zesilovač.

V jiném výhodném provedení obvod pro vyvažování můstku obsahuje kompenzační laditelný obvod fázového posuvu nebo laditelný všepropustný fázovací článek druhého řádu, transformátorový fázovací člen nebo aktivní fázovací článek s operačním zesilovačem, a dále obvod pro vyvažování můstku obsahuje nelineární

člen pro úpravu vyvažování můstku nebo říditelný náklonový článek nebo zesilovač s nelineární převodní charakteristikou nebo aproximační zesilovač.

V jiném výhodném provedení laděný přístrojový zesilovač obsahuje přístrojový zesilovač nebo diferenciální zesilovač, a dále obsahuje pásmovou propust'.

V jiném výhodném provedení obvod automatického vyvážení obsahuje špičkový detektor nebo detektor efektivní hodnoty nebo detektor střední hodnoty nebo detektor maximální hodnoty, a dále obsahuje chybový zesilovač s nastavitelnou referencí.

V jiném výhodném provedení vyhodnocovací jednotka s interface obsahuje převodník analogového signálu na digitální a řídicí jednotku.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále přiblížen pomocí obrázků, kde obr. 1 představuje blokové schéma vnitřního zapojení nedestruktivního indikátoru nehomogenit podle vynálezu a obr. 2 představuje podrobné schéma zapojení nedestruktivního indikátoru nehomogenit podle vynálezu s detailním zobrazením jednotlivých bloků zobrazených na obr. 1.

Příklad provedení vynálezu

Obr. 1 představuje blokové schéma vnitřního zapojení nedestruktivního indikátoru nehomogenit podle vynálezu, obsahující spektrálně čistý zdroj A, referenční indukčnost B, sondu D pro buzení vířivých proudů a sledování odezvy zkoumaného materiálu, řízení C buzení sondy D, kompenzační obvod E pro kompenzaci přiblížení sondy D a vlivu defektu, vyvažovací obvod F pro vyvažování můstku, laděný přístrojový zesilovač G, automatický vyvažovací obvod H pro automatické vyvážení a vyhodnocovací jednotka I s interface.

Vlastní zapojení obvodu je následující:

Zdroj A je přes řízení C buzení sondy D propojen s vyvažovacím obvodem F, a přes referenční indukčnost B s kompenzačním obvodem E. Vstupy obou obvodů E a F jsou přivedeny na laděný přístrojový zesilovač G a jejich výstupy jsou vzájemně propojeny a uzemněny. Laděný přístrojový zesilovač G je propojen s automatickým vyvažovacím obvodem H, odkud je vysílán signál do vyhodnocovací jednotky I a řídicí ovládací signály do kompenzačního obvodu E a vyvažovacího obvodu F.

Obr. 2 představuje podrobné schéma zapojení nedestruktivního indikátoru nehomogenit podle vynálezu s detailním zobrazením jednotlivých bloků zobrazených na obr. 1. Těmito bloky jsou:

- a) Spektrálně čistý zdroj A obsahující:
 - oscilátor 1 generující harmonický signál, kterým může být generátor produkující harmonický signál případně kmitočtová syntéza s dobrou spektrální čistotou a střednědobou kmitočtovou stabilitou,
 - soustavu pásmových propustí 2, kterou můžou být pasivní i aktivní filtry např. typu „Sallen Key“. Podmínkou je precizní nízkošumové provedení s nízkým zkreslením.
- b) Řízení C buzení sondy D obsahující:
 - říditelný zdroj 5 konstantního proudu, jež lze nahradit říditelným regulátorem proudu, případně říditelným omezovačem proudu.
 - napěťový měřicí člen 6 umístěný v detekčním rameni impedančního můstku. Lze použít také špičkový detektor „true RMS“ detektor, měřící střední hodnoty střídavého napětí.
 - logaritmický zesilovač 9. Může být použit proporcionální zesilovač s velkým dynamickým rozsahem nebo kompresor dynamického rozsahu.
- c) Obvody E pro kompenzaci přiblížení sondy D a vlivu defektu obsahující:
 - kompenzační laditelný obvod 4 sondy, kterým je v představeném provedení složený „serio/paralelní“ impedanční obvod převážně kapacitního charakteru. Ladění je prováděno proporcionálně několika varikapy. Alternativní možností je použití gyrátorů nebo syntetických kapacitorů.
 - nelineární člen 15 řídící fázovou odezvu závislou na velikosti a poloze nehomogenity, nebo říditelný náklonový článek, zesilovač s nelineární převodní charakteristikou, či aproximační zesilovač.
- d) Obvody E pro vyvažování můstku obsahující:
 - kompenzační laditelný obvod 7 fázového posuvu. Lze použít i laditelný všepropustný fázovací článek druhého řádu, transformátorový fázovací člen nebo aktivní fázovací článek s operačním zesilovačem.

- nelineární člen 14 upravující vyvažování můstku 14, nebo říditelný náklonový článek, zesilovač s nelineární převodní charakteristikou, či aproximační zesilovač.
- e) Laděný přístrojový zesilovač G obsahující:
 - přístrojový zesilovač 10. Může být použit i diferenciální zesilovač.
 - pásmovou propust' 11. Můžou být použity pasivní i aktivní filtry např. typu Sallen Key. Podmínkou je precizní nízkošumové provedení s nízkým zkreslením.
- f) Obvody H automatického vyvážení obsahující:
 - špičkový detektor 12. Může být použit také detektor efektivní hodnoty, detektor střední hodnoty, detektor maximální hodnoty.
 - chybový zesilovač 13 s nastavitelnou referencí.
- g) Vyhodnocovací jednotka I s interface obsahující:
 - převodník 16 analogového signálu na digitální,
 - řídicí jednotka 17 tj. soustava mikroprocesor – displej - tlačítka nebo dotykový displej, tablet, klávesnice apod, např. standardizované sériové rozhraní „RS232“ používané u osobních počítačů a řady digitálních sond.

Sonda D je konstruována pro absolutní měření a její cívka navinutá na feritovém materiálu zajišťující prostorové směřování magnetického pole. Buzená oblast na ploše vzorku má vzhledem k magnetickému stínění sondy cca 30 mm². Sonda je buzena střídavým regulátorem 5 proudu, který udržuje jeho efektivní hodnotu konstantní s cílem zajištění neměnných pracovních podmínek v obecně nelineárním magnetickém obvodu.

Aby jemné změny tlumení magnetického obvodu nebyly maskovány silnějšími změnami tlumení a ztrátový výkon sondy D teplotně nesnižoval citlivost, je napěťovým měřicím členem 6 umístěným na svorkách sondy D logaritmickým zesilovačem 9 regulován nárůst proudu do sondy D. Funkce je aktivní pouze v okamžiku, kdy vyvážení vyžaduje přítomnost velkého napětí na sondě tedy v případě, když je sonda u diagnosticky nevhodného velmi vodivého materiálu.

Sonda D je společně s proudovým zdrojem 5 zapojena do referenčního ramene impedančního můstku. V protilehlém rameni impedančního můstku je používána referenční indukčnost 3 příbuzná vlastnostem sondy D nacházející se v dostatečné vzdálenosti od zkoumaného materiálu. Impedanční můstek je následně

vyvažován dvojicí elektronicky laditelných obvodů 4 a 7 představujících kompenzační kapacitu a fázovací člunek. Oba laditelné obvody 4 a 7 jsou laděny napětím a vykazují různé vlastnosti při stejném budícím napětí. Úkolem fázování je odstranění vlivu hloubky nehomogenity pod povrchem a zvýšení citlivosti.

Výstupní veličinou sondy 8 je diferenciální napětí ve středu impedančního můstku zpracovávané přístrojovým zesilovačem 10. Tato informace v podobě signálu přecházející následně ve směru šipky Y do pásmové propusti 11 čtvrtého řádu odstraňující zkreslení vznikající v nelineárních obvodech. Filtrované a zesílené napětí vztažené vůči signálové zemi je dále zpracováno špičkovým detektorem 12 a dále zesíleno v chybovém zesilovači 13, kde je porovnáváno s referenčním stejnosměrným napětím. Chybová detekce probíhá na úrovni stejnosměrných napětí s relativně dlouhou časovou konstantou. Chybová reference je přitom nastavitelná a umožňuje použít zařízení k binárnímu třídění vzorků vzhledem k měřené kvalitě. Chybový zesilovač 13 je opatřen dvěma výstupy s různou úrovní chybového signálu, které jsou vedeny do dvou nelineárních členů 14 a 15 s nelineární převodní charakteristikou. Ta je částečně nastavitelná a definuje způsob řízení laditelných obvodů 4 a 7. Můstkový obvod je vyvážen pouze v případě přiblížení sondy 8 k povrchu zkoumaného materiálu, přičemž dále citlivě sleduje odchylky v rámci zkoumaného povrchu vzorku. Stav vyvážení je přitom dosažen při malém, ale nenulovém napětí na výstupu špičkového detektoru 12. Výstupní napětí úměrné míře lokálních nehomogenit je odebíráno z dalšího výstupu chybového zesilovače 13 a následně je konvertováno pomocí převodníku 16 analogového signálu na digitální s rozlišením dvanácti bitů a data přenesena do řídicí jednotky 17. Ten zajišťuje zobrazení digitalizovaného napětí, komunikaci s uživatelem prostřednictvím sady tlačítek a komunikaci s okolím pomocí sběrnice např. typu „RS-232“.

Jako sonda D může bůž použita induktivní sonda na feritovém materiálu, na kovovém materiálu, případně vzduchová cívka, tzv. solenoid.

Vzhledem ke statistické analýze, servisním a ladícím účelům a různým způsobům použití v praxi může být způsob sběru dat i odlišný. Lze využít například sběrnice USB, RS-485, Modbus, LAN, GPIB apod.

Referenční indukčnost B simulující reálné vlastnosti sondy D, jež tvoří referenční rameno impedančního můstku. Referenční indukčnost B lze realizovat i pomocí sondy totožné se snímací sondou umístěnou ve stíněném prostředí tak, aby

nebyla parazitně ovlivňována. Zde je použit složený impedanční obvod s převážně induktivním charakterem, ohmickými ztrátami a parazitní kapacitou.

Celé zařízení je napájeno z lineárního symetrického izolovaného zdroje 18 napětí. Zdroj 18 je koncipován konvenčně. Důraz byl kladen pouze na izolační bariéru 5 kV tak, aby nebyl ohrožen uživatel nebezpečným síťovým napětím a nevznikla zemní smyčka při připojení komunikačního rozhraní typu „RS-232“ do nadřazeného systému. Zdroj 18 může být nahrazen i spínaným zdrojem s jakostním symetrickým výstupem s nízkou úrovní vlastního šumu.

Podstata nedestruktivního indikátoru podle vynálezu spočívá ve vybuzení vířivých proudů ve zkoumaném materiálu induktivní sondou s harmonicky se měnícím magnetickým indukčním tokem. Vzájemná vazba vzorku a sondy je induktivní a bezkontaktní. Vzorek představuje částečně ztrátové médium a v závislosti na sub-povrchových vlastnostech, ovlivňuje vzájemnou vazbu a energetické ztráty v obvodu se sondou.

Zařízení slouží k přehledovému zmapování lokálních podpovrchových nehomogenit dobře vodivých paramagnetických materiálů. Tloušťka sledované vrstvy je závislá na elektrické vodivosti a u kovů se pohybuje okolo 100 μm . Předpokládané využití je ve strojírenství a metalurgii pro roztřídění vzorků dle jejich kvality bez nutnosti použití nákladných RTG technologií a při výrobní mezioperační kontrole. Vzorky nemusejí být cíleně připravovány a lze je diagnostikovat bezprostředně po odlévání a zchlazení. Primárně jsou sledovány nehomogenity s charakterem subtilních oxidových nečistot, kontaminace vměstky a krystalické clustery nebo změny v mikrostruktuře související se smršťováním kovů při krystalizaci jako jsou mezidendritické dutiny. Naopak zařízení má omezenou citlivost na o poznání větší dutiny, plynové bubliny strusku apod.

Vynález je zejména vhodný pro inspekci vlastností odlitků kovových materiálů při mezioperační kontrole případně kontrole před opracováním. Vzhledem k charakteru sondy je možné skenování povrchů a vytváření prostorových map sledující lokální a pseudolokální nehomogenity. Po vhodném nastavení pracovního bodu je zařízení použitelné i pro polovodičové materiály.

Oproti zavedeným principům detekce je vířivý proud buzen lokálně a způsob detekce se vyznačuje zvýšenou citlivostí na malé nehomogenity, jako jsou oxidové nečistoty, kontaminace vměstky, krystalické clustery nebo změny v mikrostruktuře související se smršťováním kovů při krystalizaci – tj. mezidendritické dutiny. Navržený způsob detekce cíleně potlačuje rozměrné defekty, jako jsou praskliny a dutiny, ale také vliv umístění nehomogenity pod povrchem. V zapojení se využívá několika laditelných nelineárních a fázovacích členů v systému s impedančním můstkem a automatickým vyvažováním chybovým zesilovačem.

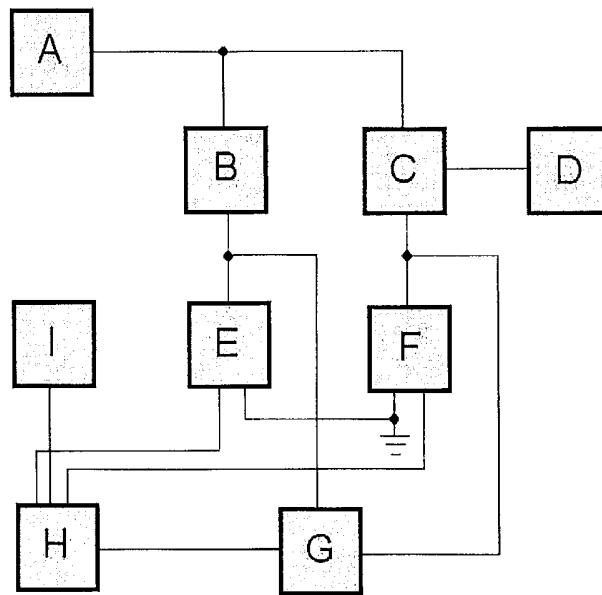
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Nedestruktivní indikátor lokálních podpovrchových nehomogenit obsahující spektrálně čistý zdroj (A), budící sondu (D), řízení (C) buzení sondy (D), laděný přístrojový zesilovač (G) a vyhodnocovací jednotku (I) s interface **vyznačující se tím, že** dále obsahuje obvody (E) pro kompenzaci přiblížení sondy (D) a vlivu defektu, obvody (F) pro vyvažování můstku a obvody (H) automatického vyvážení.
2. Nedestruktivní indikátor podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** spektrálně čistý zdroj (A) obsahuje oscilátor (1) pro generování harmonického signálu a soustavu pásmových propustí (2).
3. Nedestruktivní indikátor podle nároku 2 **vyznačující se tím, že** soustavou pásmových propustí (2) je pasivní a/nebo aktivní filtr.
4. Nedestruktivní indikátor podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** řízení (C) buzení sondy (D) obsahuje řiditelný zdroj (5) konstantního proudu nebo řiditelný regulátor proudu nebo řiditelný omezovač proudu, a dále řízení (C) buzení sondy (D) obsahuje napěťový měřicí člen (6) umístěný v detekčním rameni impedančního můstku a logaritmický zesilovač (9) nebo proporcionální zesilovač nebo kompresor dynamického rozsahu.
5. Nedestruktivní indikátor podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** obvod (E) pro kompenzaci přiblížení sondy (D) a vlivu defektu obsahuje kompenzační laditelný obvod (4) sondy (D) a nelineární člen (15) řídící fázovou odezvu závislou na velikosti a poloze nehomogenity nebo řiditelný náklonový článek nebo zesilovač s nelineární převodní charakteristikou nebo aproximační zesilovač.
6. Nedestruktivní indikátor podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** obvod (F) pro vyvažování můstku obsahuje kompenzační laditelný obvod (7) fázového posuvu nebo laditelný všepropustný fázovací článek druhého řádu, transformátorový fázovací člen nebo aktivní fázovací článek s operačním

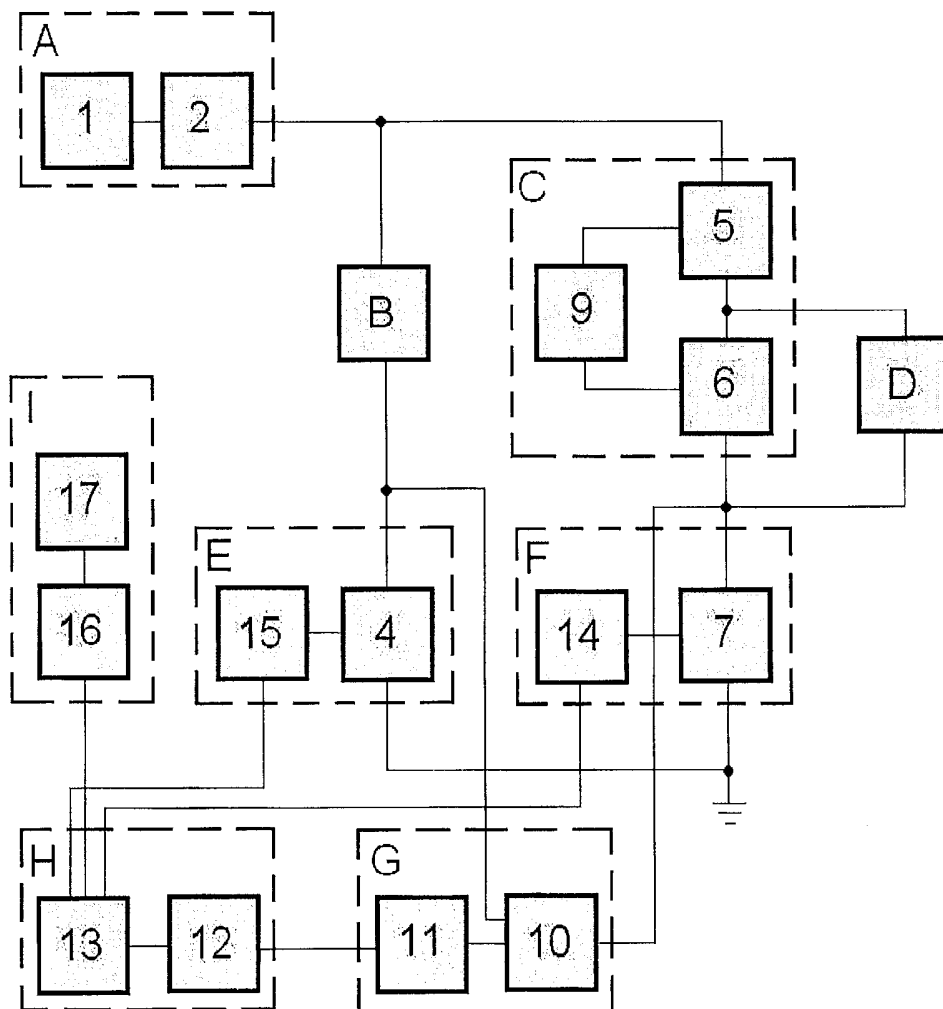
zesilovačem, a dále obvod (F) pro vyvažování můstku obsahuje nelineární člen (14) pro úpravu vyvažování můstku (14) nebo říditelný náklonový článek nebo zesilovač s nelineární převodní charakteristikou nebo aproximační zesilovač.

7. Nedestruktivní indikátor podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** laděný přístrojový zesilovač (G) obsahuje přístrojový zesilovač (10) nebo diferenciální zesilovač, a dále obsahuje pásmovou propust' (11).
8. Nedestruktivní indikátor podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** obvod (H) automatického vyvážení obsahuje špičkový detektor (12) nebo detektor efektivní hodnoty nebo detektor střední hodnoty nebo detektor maximální hodnoty, a dále obsahuje chybový zesilovač (13) s nastavitelnou referencí.
9. Nedestruktivní indikátor podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** vyhodnocovací jednotka (I) s interface obsahuje převodník (16) analogového signálu na digitální a řídicí jednotku (17).

14



Obr. 1



Obr. 2