

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **02.07.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.09.2011**
(Věstník č. 37/2011)

(21) Číslo dokumentu:

2010-530

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01B 7/14 (2006.01)

G01B 7/34 (2006.01)

G01N 22/00 (2006.01)

G01S 13/00 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

České vysoké učení technické v Praze Fakulta
elektrotechnická, Praha 6, CZ.

(72) Původce:

Hoffmann Karel Prof. Ing. CSc., Praha 6, CZ
Škvor Zbyněk Prof. Ing. CSc., Praha 2, CZ.

(74) Zástupce:

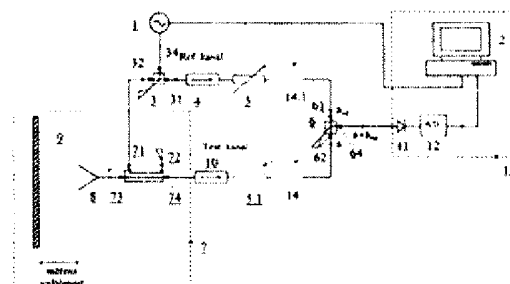
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, Chotutice, 28103

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Bezkontaktní mikrovlnný měřič malých
diferencí vzdálenosti od reflexního povrchu**

(57) Anotace:

Bezkontaktní mikrovlnný měřič malých diferencí vzdálenosti od reflexního povrchu obsahuje přeladitelný mikrovlnný generátor (1) jehož mikrovlnný výstup je připojen na vstup (34) rozbočovacího členu (3), jehož první výstup (31) je vstupem referenčního kanálu a je připojen v jednom provedení na první vstup (61) slučovacího členu (6) přes první attenuátor (5) s proměnným útlumem a ve druhém provedení přímo. Druhý výstup (32) rozbočovacího členu (3) je vstupem testovacího kanálu a je připojen na vstup (71) bloku (7) změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu (9) v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu. Izolační výstup (74) bloku (7) změny fázového posuvu signálu je spojen s druhým vstupem (62) slučovacího členu (6) v jednom provedení přímo a ve druhém provedení přes první zesilovač (14) s proměnným zesílením. Výstup (64) slučovacího členu (6) je spojen se vstupem řídicí a vyhodnocovací jednotky (13) s indikátorem mikrovlnného výkonu či napětí nebo proudu, jejíž řídicí výstup je spojen se vstupem přeladitelného mikrovlnného generátoru (1).



Bezkontaktní mikrovlnný měřič malých diferencí vzdálenosti od reflexního povrchu

Oblast techniky

Předkládané řešení se týká zapojení měřicího systému pro bezkontaktní měření vzdálenosti povrchů schopných odrážet elektromagnetické vlny.

Dosavadní stav techniky

K přesnému měření malých vzdáleností se používá mikrovlnná rezonanční metoda, při které je rezonátor vytvořen z jedné poloviny Fabry-Perot rezonátoru, před kterou je umístěn reflexní povrch. Prostor mezi reflexním povrchem a zrcadlem poloviny Fabry-Perot rezonátoru vytváří rezonátor, jehož rezonanční kmitočet je závislý na vzdálenosti mezi reflexním povrchem a zrcadlem. Při rezonanci se tato vzdálenost rovná celočíselnému násobku poloviny vlnové délky. Při znalosti tohoto celočíselného násobku lze ze změřeného rezonančního kmitočtu odvodit vzdálenost mezi reflexním povrchem a zrcadlem rezonátoru, případně změnu vzdálenosti reflexního povrchu vzhledem k jeho zvolené referenční vzdálenosti.

Rezonanční kmitočet je určován z frekvenční závislosti koeficientu odrazu nebo přenosu rezonátoru navázaného na jedno nebo dvě mikrovlnná vedení. Na rezonančním kmitočtu se frekvenční závislost amplitudy koeficientu odrazu nebo přenosu vyznačuje typickou rezonanční křivkou s více či méně ostrým vrcholem. Velikost amplitudy rezonanční křivky a její 3 dB šířka pásma závisí na velikosti nezátíženého činitele jakosti rezonátoru Q_0 a na velikosti vazby mezi rezonátorem a vedením respektive vedeními. Při daném Q_0 je rozdíl amplitudy rezonanční křivky na rezonančním kmitočtu a daleko od rezonančního kmitočtu tím větší, čím je rezonátor těsněji navázan na přívodní vedení. Čím těsněji je však rezonátor navázan, tím větší je 3 dB šířka pásma rezonanční křivky a tím je i vrchol křivky méně ostrý.

Rezonanční kmitočet je v automatickém procesu vypočítán na základě naměřených amplitud rezonanční křivky na několika frekvencích v okolí rezonanční

Podstata vynálezu

Analogické zapojení je, že bezkontaktní mikrovlnný měřič obsahuje přeladitelný mikrovlnný generátor, který má mikrovlnný výstup připojen na vstup rozbočovacího členu. Rozbočovací člen má první výstup, který je vstupem referenčního kanálu, připojen na první vstup slučovacího členu. Druhý výstup rozbočovacího členu je vstupem testovacího kanálu a je připojen na vstup bloku změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu v testovacím kanálu vzhledem k signálu

v referenčním kanálu. Izolační výstup bloku změny fázového posuvu signálu je spojen přes první zesilovač s proměnným zesílením s druhým vstupem slučovacího členu. Výstup slučovacího členu je spojen se vstupem řídicí a vyhodnocovací jednotky opatřené indikátorem mikrovlnného výkonu či napětí nebo proudu. Její řídicí výstup je spojen se vstupem přeladitelného mikrovlnného generátoru. V referenčním kanálu může být zařazen první atenuátor s proměnným útlumem a/nebo druhý zesilovač s proměnným zesílením a/nebo v testovacím kanálu může být v kaskádě s prvním zesilovačem s proměnným zesílením zařazen druhý atenuátor s proměnným útlumem.

V jednom možném provedení je pro obě výše uvedená řešení řídicí a vyhodnocovací jednotka tvořena detektorem, jehož výstup je spojen přes A/D převodník s počítačem, který je propojen s přeladitelným mikrovlnným generátorem.

Další modifikací pro obě základní provedení je, že v referenčním kanálu je zařazen první izolátor a/nebo v testovacím kanálu je zařazen před a/nebo za blokem změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu druhý a/nebo třetí izolátor. Všechny tyto izolátory jsou orientovány propustným směrem k slučovacímu obvodu.

V jednom provedení je blok změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu tvořen vysílací anténou, jejíž vstup je vstupem a přijímací anténou, jejíž výstup je izolačním výstupem. V jiném provedení je tento blok změny fázového posuvu signálu tvořen směrovým trojbranem, jehož vstup je vstupem, výstup je izolačním výstupem. Na jeho vazební výstup je připojena společná anténa pro vysílání i příjem. V tomto případě může být směrový trojbran také realizován směrovým čtyřbranem, jehož čtvrtá brána je bezodrazově zakončena nebo děličem výkonu s izolací mezi výstupy nebo cirkulátorem.

Rozbočovací člen a/nebo slučovací člen mohou být ve všech variantách uspořádání tvořeny děličem výkonu nebo směrovým čtyřbranem, jehož čtvrtá brána je bezodrazově zakončena.

Na obr. 1 je principiální schéma měřicího systému s jednou anténou. Na obr. 2 je alternativní konstrukční řešení se dvěma anténami.

Jeden možný příklad zapojení bezkontaktního mikrovlnného měřiče malých vzdáleností od reflexního povrchu je uveden na obr. 1. Zapojení je zde tvořeno přeladitelným mikrovlnným generátorem 1, který je s výhodou syntežovaný a je zde řízen počítačem 2. Jeho řízení může být i manuální, ale v praxi bude dána přednost řízení počítačem. Přeladitelný mikrovlnný generátor 1 je svým mikrovlnným výstupem připojen na vstup 34 rozbočovacího členu 3, který je v tomto příkladě tvořen prvním děličem výkonu, kterým je zde magické T zakončené na svém třetím výstupu bezodrazově. Na prvním výstupu 31 tohoto rozbočovacího členu 3, tedy prvního děliče výkonu, začíná referenční kanál, který končí na prvním vstupu 61 slučovacího členu 6, kterým je zde druhý dělič výkonu tvořený v tomto příkladě magickým T zakončeným na třetím výstupu bezodrazově. K prvnímu výstupu 31 rozbočovacího členu 3 je zde připojena kaskáda tvořená prvním izolátorem 4 a prvním atenuátorem 5 s proměnným útlumem, který je buď přímo nebo případně přes čárkovaně vyznačený druhý zesilovač 14.1 s proměnným zesílením připojen na první vstup 61 slučovacího členu 6. Část zapojení mezi prvním výstupem 31 rozbočovacího členu 3 a prvním vstupem 61 slučovacího členu 6 se nazývá referenční kanál, jak je i na obr. pro lepší srozumitelnost vyznačeno.

Na druhém výstupu 32 rozbočovacího členu 3 začíná testovací kanál, který se skládá v provedení dle obr.1 z bloku 7 změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu 9 v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním

kanálu, který má vstup 71, izolační výstup 74 a vazební výstup 73, na který je připojena společná anténa 8. Blok 7 změny fázového posuvu signálu může být tvořen směrovým trojbranem, kterým je zde čtyřbran, jehož čtvrtá brána 72 je bezodrazově ukončena. Lze také použít třetí dělič výkonu s izolací mezi výstupy nebo cirkulátor. V testovacím kanále je zde řazen také druhý izolátor 10. Lze také zařadit i třetí izolátor mezi druhý výstup 32 rozbočovacího členu 3 a vstup 71 bloku 7 změny fázového posuvu signálu, což ale není pro přehlednost na výkrese znázorněno. První izolátor 4, druhý izolátor 10 a třetí izolátor jsou orientovány propustným směrem ke slučovacímu obvodu 6. Testovací kanál končí na druhém vstupu 62 slučovacího členu 6, jak je i na obr. 1 pro lepší srozumitelnost vyznačeno. Je také možné uspořádání, kdy je za druhým izolátorem 10 zařazen druhý atenuátor 5.1 s proměnným útlumem a/nebo první zesilovač 14 s proměnným zesílením, jak je na obr.1 vyznačeno čárkovaně.

V provedení podle obr.2 je uvedena druhá varianta bloku 7 změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu 9 v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu, který je zde tvořen vysílací anténou 81, jejíž vstup je vstupem 71 a přijímací anténou 82, jejíž výstup je izolačním výstupem 74.

Základní provedení na obr. 2 se od provedení na obr.1 liší také tím, že v referenčním kanále není zařazen první atenuátor 5 s proměnným útlumem a naproti tomu je v testovacím kanále zařazen první zesilovač 14 s proměnným zesílením. Obě tyto varianty referenčního a testovacího kanálu umožňují změnu amplitudy procházejícího signálu. Obě varianty mohou být použity s kteroukoliv variantou bloku 7 změny fázového posuvu signálu. V referenčním kanálu může být zařazen první izolátor 4, viz obr.2, a/nebo v testovacím kanálu může být zařazen před a/nebo za blokem 7 změny fázového posuvu signálu druhý a/nebo třetí izolátor, které v tomto provedení nejsou vyznačeny. Všechny tyto izolátory jsou orientovány propustným směrem k slučovacímu obvodu 6. Další možností je, že mezi první výstup 31 rozbočovacího členu 3 a první vstup 61 slučovacího členu může být zařazen první atenuátor 5 s proměnným útlumem a/nebo druhý zesilovač 14.1 s proměnným zesílením. Rovněž tak první zesilovač 14 s proměnným zesílením v testovacím kanálu může být doplněn druhým atenuátorem 5.1 s proměnným útlumem. Výstup 64 slučovacího členu 6 je spojen s řídicí a vyhodnocovací

jednotkou 13, která je opatřena indikátorem mikrovlnného výkonu nebo napětí nebo proudu. Její řídicí výstup je spojen se vstupem přeladitelného mikrovlnného generátoru 1. V uváděných příkladech je řídicí a vyhodnocovací jednotka 13 tvořena detektorem 11, na jehož výstup je připojen A/D převodník 12 spojený s počítačem 2.

Mikrovlnný signál v základním zapojení dle obr.1 vstupuje z přeladitelného mikrovlnného generátoru 1 vstupem 34 do rozbočovacího členu 3, který ho rozdělí na dvě přibližně stejné části, které pak vystupují prvním výstupem 31 do referenčního kanálu a druhým výstupem 32 do testovacího kanálu. V referenčním kanálu signál prochází z prvního výstupu 31 přes první izolátor 4 a přes první atenuátor 5 s proměnným útlumem do prvního vstupu 61 slučovacího členu 6 jako napěťová vlna b_{ref} . V testovacím kanálu postupuje signál z druhého výstupu 32 do vstupu 71 bloku 7 změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu 9 v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu, který je zde tvořen směrovým vazebním členem, a postupuje do bezodrazově ukončeného průchozího výstupu, tvořeného čtvrtou bránou 72 čtyřbranu. Část signálu, která vstoupila do vstupu 71, vystupuje z vazebního výstupu 73, je vyzářena společnou anténou 8 pro vysílání a příjem, odráží se od reflexního povrchu 9, znovu vstupuje do společné antény 8 pro vysílání a příjem. Odtud postupuje signál do směrového vazebního členu vazebním výstupem 73 a vystupuje izolačním výstupem 74.

V případě druhé varianty bloku 7 změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu 9 v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu postupuje signál ze vstupu 71 do vysílací antény 81, kterou je vyzářen. Dále se odráží od reflexního povrchu 9, je přijat přijímací anténou 82 a vystupuje izolačním výstupem 74.

V případě zařazení druhého izolátoru 10, obr.1, signál dále pokračuje přes tento druhý izolátor 10 a jako napěťová vlna b vstupuje do druhého vstupu 62 slučovacího členu 6, tvořeného zde druhým děličem výkonu. Oba signály vstupující do prvního vstupu 61 a druhého vstupu 62 slučovacího členu 6 jsou koherentní. Z výstupu 64 slučovacího členu 6, zde tedy ze vstupní brány druhého dělice výkonu, který je tvořen magickým T zakončeným na svém třetím výstupu bezodrazově, postupuje součtový signál $b_{ref}+b$ na detektor 11 a dále do převodníku A/D 12. Prvním

[illegible]

Digitální informace odpovídající usměrněnému součtovému součtovému signálu $b_{ref}+b$ je zpracována počítačem 2. V automatizovaném procesu počítač 2 přeladuje mikrovlnný generátor 1 a určuje frekvenci odpovídající vybranému napěťovému minimu, ze které pak určuje změnu polohy reflexního povrchu 9.

První izolátor 4 v referenčním, druhý izolátor 10 a třetí izolátor v testovacím kanálu nejsou pro činnost mikrovlnného měřiče nezbytné. Jejich použití však potlačuje vliv odrazů jednotlivých komponent v referenčním i testovacím kanálu a zvětšuje tak použitelnou šířku frekvenčního pásma a tím i rozsah měření.

Vlastnosti měřicího systému byly testovány počítačovou simulací. Při rozdílu elektrických délek testovacího a referenčního kanálu 20,5 vlnové délky bylo na frekvenci 10 GHz dosaženo při změně vzdálenosti reflexního povrchu od antény o 1 μm změny frekvence napěťového minima o 61,95 kHz.

Průmyslová využitelnost

Zapojení pro měření malých diferencí vzdálenosti a s ním související nová metoda určení difference malých vzdáleností je průmyslově využitelná všude tam, kde je třeba bezkontaktně měřit s vysokou přesností změny vzdálenosti povrchů, které jsou v mikrovlnné části spektra reflexní. Jedná se např. o válcování tenkých kovových folií.

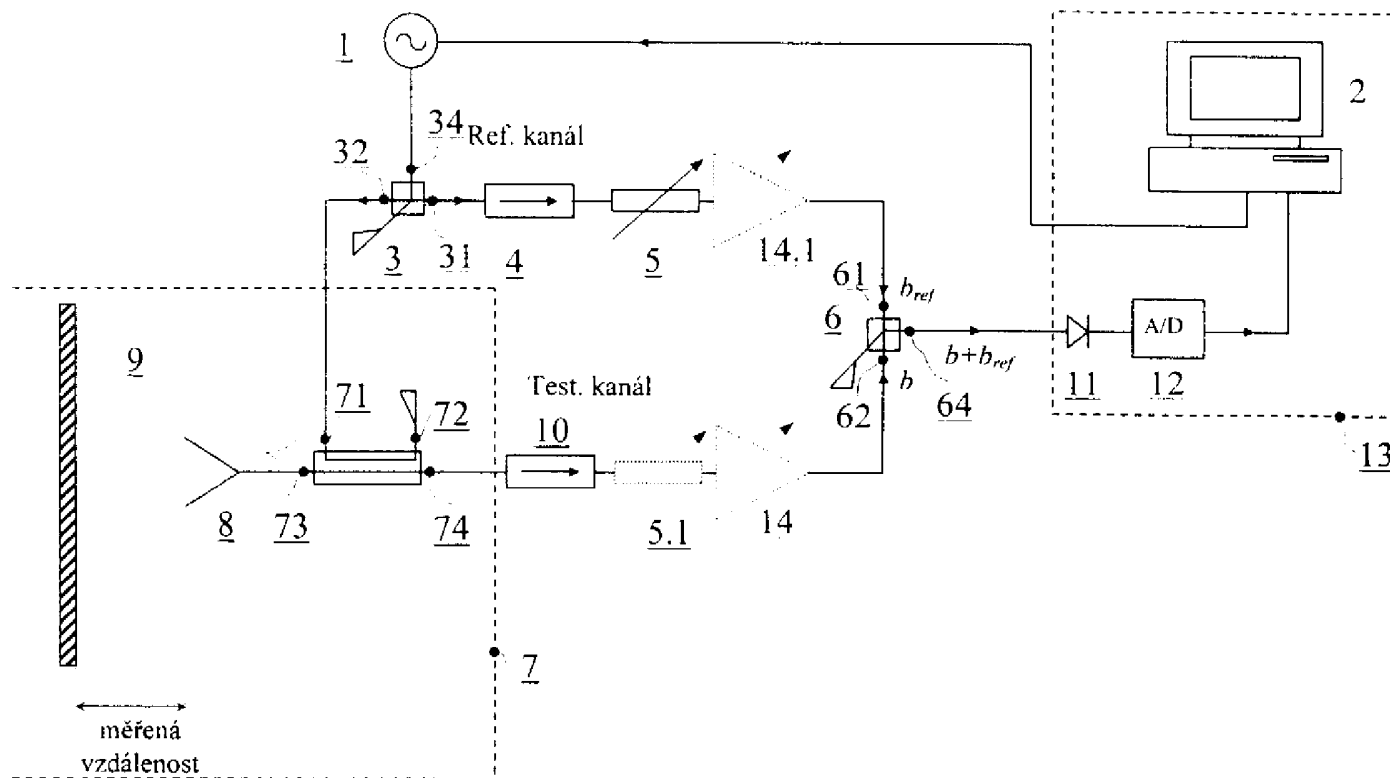
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Bezkontaktní mikrovlnný měřič malých diferencí vzdálenosti od reflexního povrchu obsahující přeladitelný mikrovlnný generátor (1), **vyznačující se tím, že** jeho mikrovlnný výstup je připojen na vstup (34) rozbočovacího členu (3), jehož první výstup (31) je vstupem referenčního kanálu a je připojen na vstup prvního atenuátoru (5) s proměnným útlumem, jehož výstup je připojen na první vstup (61) slučovacího členu (6), a druhý výstup (32) rozbočovacího členu (3) je vstupem testovacího kanálu a je připojen na vstup (71) bloku (7) změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu (9) v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu a izolační výstup (74) bloku (7) změny fázového posuvu signálu je spojen s druhým vstupem (62) slučovacího členu (6), jehož výstup (64) je spojen se vstupem řídicí a vyhodnocovací jednotky (13) s indikátorem mikrovlnného výkonu či napětí nebo proudu, jejíž řídicí výstup je spojen se vstupem přeladitelného mikrovlnného generátoru (1).
2. Bezkontaktní mikrovlnný měřič dle nároku 1 **vyznačující se tím, že** v testovacím kanálu je zařazen druhý atenuátor (5.1) s proměnným útlumem a/nebo první zesilovač (14) s proměnným zesílením a/nebo v referenčním kanálu je v kaskádě s prvním atenuátorem (5) s proměnným útlumem zařazen druhý zesilovač (14.1) s proměnným zesílením.
3. Bezkontaktní mikrovlnný měřič malých diferencí vzdálenosti od reflexního povrchu obsahující přeladitelný mikrovlnný generátor (1) **vyznačující se tím, že** jeho mikrovlnný výstup je připojen na vstup (34) rozbočovacího členu (3) jehož první výstup (31) je vstupem referenčního kanálu a je připojen na první vstup (61) slučovacího členu (6) a druhý výstup (32) rozbočovacího členu (3) je vstupem testovacího kanálu a je připojen na vstup (71) bloku (7) změny fázového posuvu signálu odraženého od reflexního povrchu (9) v testovacím kanálu vzhledem k signálu v referenčním kanálu a izolační výstup (74) bloku (7) změny fázového posuvu signálu je spojen přes první zesilovač (14) s proměnným zesílením s druhým vstupem (62) slučovacího členu (6) a kde výstup (64) slučovacího členu (6) je spojen se vstupem řídicí a vyhodnocovací

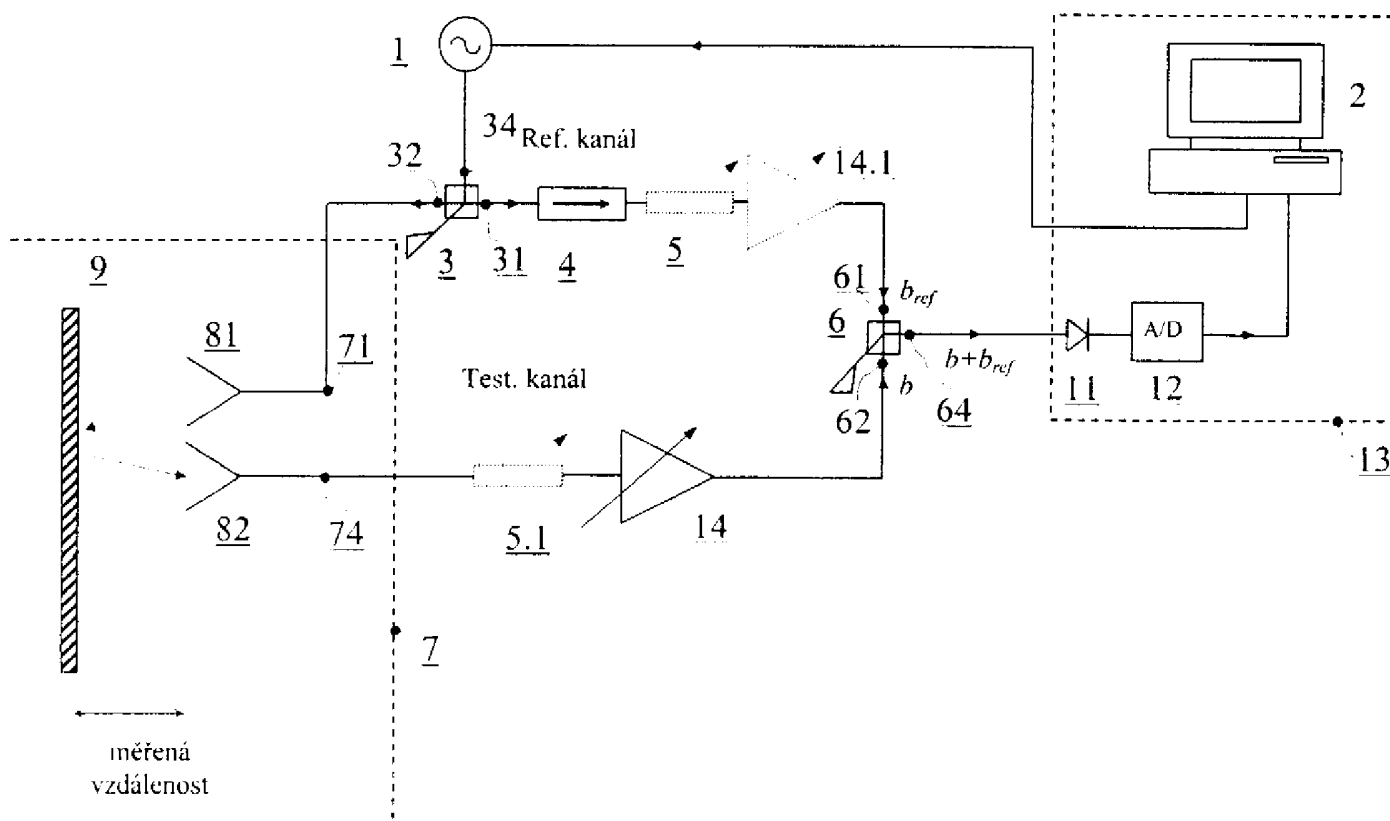
- jednotky (13) s indikátorem mikrovlnného výkonu či napětí nebo proudu, jejíž řídicí výstup je spojen se vstupem přeladitelného mikrovlnného generátoru (1).
4. Bezkontaktní mikrovlnný měřič dle nároku 3 **vyznačující se tím, že** v referenčním kanálu je zařazen první atenuátor (5) s proměnným útlumem a/nebo druhý zesilovač (14.1) s proměnným zesílením a/nebo v testovacím kanálu je v kaskádě s prvním zesilovačem (14) s proměnným zesílením zařazen druhý atenuátor (5.1) s proměnným útlumem.
 5. Bezkontaktní mikrovlnný měřič podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím, že** řídicí a vyhodnocovací jednotka (13) je tvořena detektorem (11) jehož výstup je spojen přes A/D převodník (12) s počítačem (2) propojeným s přeladitelným mikrovlnným generátorem (1).
 6. Bezkontaktní mikrovlnný měřič podle kteréhokoli z nároků 1 až 5 **vyznačující se tím, že** v referenčním kanálu je zařazen první izolátor (4) a/nebo v testovacím kanálu je zařazen před a/nebo za blokem (7) změny fázového posuvu signálu druhý izolátor (10) a/nebo třetí izolátor a tento první izolátor (4), druhý izolátor (10) a třetí izolátor jsou orientovány propustným směrem k slučovacímu obvodu (6)
 7. Bezkontaktní mikrovlnný měřič podle kteréhokoli z nároků 1 až 6 **vyznačující se tím, že** blok (7) změny fázového posuvu signálu je tvořen směrovým trojbranem, jehož vstup je vstupem (71), výstup je izolačním výstupem (74), na jeho vazební výstup (73) je připojena společná anténa (8) pro vysílání i příjem.
 8. Bezkontaktní mikrovlnný měřič podle nároku 7 **vyznačující se tím, že** směrový trojbran je realizován směrovým čtyřbranem, jehož čtvrtá brána (72) je bezodrazově zakončena nebo děličem výkonu s izolací mezi výstupy nebo cirkulátorem.
 9. Bezkontaktní mikrovlnný měřič podle kteréhokoli z nároků 1 až 6 **vyznačující se tím, že** blok (7) změny fázového posuvu signálu je tvořen vysílací anténou (81), jejíž vstup je vstupem (71) a přijímací anténou (82), jejíž výstup je izolačním výstupem (74).
 10. Bezkontaktní mikrovlnný měřič podle kteréhokoli z nároků 1 až 9 **vyznačující se tím, že** rozbočovací člen (3) a/nebo slučovací člen (6) jsou tvořeny děličem výkonu a/nebo směrovým čtyřbranem, jehož čtvrtá brána je bezodrazově zakončena.

1/1

PV 2010 - 530



Obr. 1.



Obr. 2