



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

223943

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³

G 01 B 9/02
H 01 S 3/00

(22) Přihlášeno 07 05 82
(21) (PV 3311-82)

(40) Zveřejněno 28 01 83

(45) Vydáno 15 11 85

(75)

Autor vynálezu

POPELA BOHUMÍR ing. CSc., BRNO, HŘEBEC LIBOR ing., TIŠNOV

(54) Zapojení detekční jednotky laserového interferenčního měřicího systému

1

Vynález se týká zapojení detekční jednotky laserového interferenčního měřicího systému, který umožňuje kontinuální kontrolu úrovně a kontrastu interferenčního signálu i ovládní a optimalizaci funkce detekční jednotky za různých podmínek s názornou indikací a jednoduchou kontrolou.

Laserový interferenční měřicí systém pracující s jednofrekvenčním laserem dává informaci o měřené veličině, například délce, úhlu formou dvou signálů při fázovém posuvu základní harmonické složky o $\pi/2$. Frekvenční obor zahrnuje prakticky frekvence od 0,001 Hz do řádu MHz. Oba signály A a B jako nositelé informace o optických signálech z fotodetektorů se zesilují širokopásmovými stejnosměrnými zesilovači a na výstupu poskytují limitované signály s definovanými úrovněmi. Na vstupu na fotodetektorech je však k dispozici signál s různým poměrem stejnosměrné a střídavé složky závislý na justáži, fluktuacích prostředí, nebo je z principu závislý na funkci interferometru. Tyto proměnné vstupní optické signály musí detekční jednotka převést na definované úrovně nutné k zabezpečení správného vyhodnocení logikou. Stejnosměrnou složku a zabezpečení správné střídavy lze provést dynamickou kompenzací stejnosměrné složky, která zavádí zpětnou vazbou kompenzační napětí do vstupního diferenčního zesilovače. Pokud je časový průběh signálu takový, že jeho integrací nemůžeme získat reprezentativní vzorek stejnosměrné složky, můžeme získat nepravdivý údaj. K posouzení těchto zvláštních případů musíme mít možnost při nastavení posoudit a zvolit výhodnou funkci a ovládat způsob vzorkování signálu ke kompenzačním účelům.

Tyto dosevadní nevýhody odstraňuje zapojení detekční jednotky laserového interferenčního měřicího systému sestávající ze dvou identicky zapojených fotodetekčních obvodů pro signály A a B, jehož podstatou vynálezu je to, že detekční obvody spojené s jednou ze dvou fotodiód mají na vstupu obvod fotodiody, který je spojený jednak s výstupem pro spínač a

223943

jednak přes vstupní zesilovač a diferenční zesilovač s výkonovým zesilovačem, jehož výstup interferenčních signálů je spojen vazební smyčkou přes oddělovací zesilovač, spínací obvod, zesilovač kompenzace se vstupním zesilovačem, případně s diferenčním zesilovačem, přičemž zesilovač kompenzace je spojen s obvodem pro nastavení kompenzace a s výstupem kontroly kompenzace, zatímco spínací obvod spojený s analogovou pamětí je přepínacím vstupem spojen s frekvenčním spínačem, jehož výstup je spojený s indikátorem a prvním vstupem se vstupem pro spínač prvního detekčního obvodu, zatímco druhý a třetí vstup je spojen s přívody pro sepnutí a vypnutí frekvenčního spínače.

Předností tohoto zapojení je, že umožňuje kontinuální kontrolu jakosti nelimitovaného interferenčního signálu zvláště při měření bezdotykovými interferometry, volbu správné funkce externím ovládáním frekvenčního spínače tak, že pokud by signály neposkytovaly reprezentativní složku, je zpětnovazební smyčka rozpojena a zapíná se pouze při správném signálu. Při použití detekční jednotky v odměřovacích systémech, které jsou pevně nastaveny, je možné minimalizovat napětí analogové paměti tak, že časová konstanta analogové paměti neomezuje dlouhodobá měření s velmi pomalými frekvencemi signálu, ze kterých nelze dobře získat reprezentativní stejnosměrnou kompenzační složku integrací. Uvedené zapojení je univerzálním řešením, které je vnějším ovládáním lehce přizpůsobitelné a optimalizovatelné pro řadu různých způsobů měření při různých vlastnostech optických soustav, například i s vypínáním indikace poklesu signálu při mezních nárocích na měření s velmi slabým a nekvalitním signálem.

Vynález objasňuje přiložený výkres blokového uspořádání, na kterém je uveden příklad skupinového zapojení detekční jednotky.

Základ jednotky tvoří dva identické detekční obvody I a II, k jejichž vstupu jsou připojeny fotodiody 1a, 1b, například velkoplošné křemíkové diody, na které je optickou soustavou soustředěno laserové světlo dvou signálů A a B při fázovém posuvu základní harmonické složky o $\pi/2$ dávající informaci o interferenčních maximech a minimech v průběhu měření. Třetí fotodiody 1c, na kterou dopadá laserové světlo P měří úroveň energie měřicího svazku paprsků, je připojena na vstup zesilovače 22 úrovně signálu, který je zapojen jako zesilovač s výstupem 23 o údají úrovně signálu a jako převodník proudu na napětí. Při měření velmi malých signálů lze jej pomocí vstupu 24 pro vyřazení funkce vyloučit z provozu.

Obvod 2 fotodiody je spojený přes vstupní zesilovač 3, diferenční zesilovač 4, výkonový zesilovač 5 s výstupem 14a, 14b interferenčního signálu A a B a jeho zpětnovazební smyčkou tvoří oddělovací zesilovač 6, spínací obvod 7 a zesilovač 10 kompenzace, který je spojený buď se vstupním zesilovačem 3 nebo s diferenčním zesilovačem 4. Podstatou obvodu 2 fotodiody je zpravidla emitorový sledovač, zajišťující optimální přenos, omezující vliv rušivých napětí, zabezpečující dobré buzení následujících obvodů svojí impedenční transformací. Vstupní zesilovač 3 je diferenční zesilovač, opatřený na výstupu emitorovým sledovačem, který může pracovat buď jako limitující nebo nelimitující. Nelimitující režim se uplatňuje v případě, kdy zpětnovazební smyčka je uzavřena mimo diferenční zesilovač 3. Diferenční zesilovač 4 je monolitický, širokopásmový, který pracuje v limitujícím režimu a budí výkonový zesilovač 5, který může být realizován například hybridním proudovým boostrem.

Zabezpečuje impedenční přizpůsobení výstupu 14a, 14b interferenčních signálů A, B a přenos signálu na potřebné úrovni z detekční jednotky kabelem do vyhodnocovací elektroniky. Oddělovací zesilovač 6, spínací obvod 7 a zesilovač 10 kompenzace tvoří zpětnovazební smyčku umožňující dynamickou kompenzaci stejnosměrné složky odvozené ze signálu s možností dostavení na úroveň minimálního kompenzačního napětí u analogové paměti 8 pomocí obvodu 9 pro nastavení kompenzace. Oddělovací zesilovač 6 je diferenční monolitický operační zesilovač, kde je využíváno neinvertujícího vstupu ve spojení s RC členem jako dolnofrekvenční propusti a invertujícího vstupu pro nastavení stejné střídky limitovaného signálu a získu ve zpětnovazební smyčce. Spínací obvod 7 tvoří buď relé nebo mosfetový spínač ovládaný frekvenčním spínačem 20.

Frekvenční spínač 20 spojený s indikátorem 21 je realizován převodníkem kmitočtu na napětí spojeným s klopným obvodem s hysterezí, opatřený na výstupu tranzistorem, který zabezpečuje napájení vinutí relé a indikátoru 21. Indikátor 21 může být například luminiscenční dioda. Indikátor 21 podává informaci o uzavřené nebo přerušené zpětnovazební smyčce. Analogová paměť 8 je tvořena kondenzátorem s velmi kvalitním dielektrikem. Zesilovač 10 kompenzace odděluje a minimálně vybíjí analogovou paměť 8. Je to například zesilovač s vysokým vstupním odporem opatřený výstupem 15a, 15b kontroly kompenzace pro měření kompenzačního napětí a s možností ovládání úrovně kompenzačního napětí obvodem pro nastavení kompenzace například napětím na jednom z diferenčních vstupů.

Kontinuální kontrolu interferenčního optického signálu z fotodiod 1a, 1b, jeho kontrastu a úrovně v obou aktivních kanálech zabezpečuje zesilovač 11 kontroly signálu s definovaným ziskem, který se v případě požadavku připojuje na výstup obvodu 2 fotodiody. Slouží také ke kontrole správného nastavení u optických interferenčních soustav, které pracují v mezních podmínkách a při optické justáži, odděluje detekční jednotku od osciloskopu a od rušivých napětí. Příklady 17 a 18 pro sepnutí a vypnutí frekvenčního spínače 20 umožňují řídit vzorkování signálu a tím stanovení optimální kompenzace například ve spolupráci s řídicím počítačem u přístrojů, kde laserový interferenční systém je součástí automatizovaných celků nebo při extrémně malých rychlostech posuvu při dlouhodobých měřeních délek, kdy je možné získat vhodným intervalem sepnutí správnou hodnotu kompenzačního napětí i při frekvencích značně nižších, než je mez určená pro plně automatickou funkci.

Základní funkce detekční jednotky zajišťují plně automatický provoz s možností jednoduchého zásahu do řídicích funkcí a optimalizaci pro daný případ. Řešení je orientováno na splnění několika základních způsobů provozu. První je plně automatický provoz u mobilních souprav pro strojírenství, kde v širokých mezích se mění úroveň signálu i jeho kontrast. V tomto případě rozlišujeme dva stavy. Při prvním interferenční signály poskytují frekvence $f > f_1$. Signál B uvede v činnost frekvenční spínač 20 a uzavře přes obvody zpětnovazební smyčky. Analogová paměť 8 vytváří střední hodnotu, která je totožná se stejnosměrnou složkou každého z optických signálů A i B a zavádí se do vstupního zesilovače 1. Paměť pracuje tedy v režimu sledování a sleduje s určitou časovou konstantou změny stejnosměrné složky interferenčních signálů A i B.

Klesne-li frekvence interferenčního signálu f pod hodnotu f_2 ($f < f_2$) signál uvede v činnost frekvenční spínač 20, který zpětnovazební smyčku rozpojí a analogová paměť 8 dává hodnotu kompenzačního napětí. S ohledem na univerzálnost, tj. měření velkých délek a zrychlení při maximálních rychlostech posuvu koutových odražečů je zapotřebí splnit podmínku pro volbu frekvencí

$$\begin{aligned} 15f_L &\leq f_1 \leq 20f_L \\ 0,5f_1 &\leq f_2 \leq 0,7f_1 \end{aligned} ,$$

kde f je modulační frekvence použitého jednofrekvenčního laseru. Rozdíl $f_1 - f_2 = \Delta f$ je potřebná hystereze frekvenčního spínače 20. Při tomto plně automatizovaném provozu je doba měření omezena vybíjením analogové paměti 8, pokud pracujeme při rozpojené zpětnovazební smyčce, tj. při interferenčních signálech s nízkou frekvencí základní harmonické složky. Je vhodné nastavit obvodem 2 pro nastavení kompenzace základní hodnotu kompenzačního napětí tak, aby napětí na analogové paměti 8 pro optimální interferenční signál bylo minimální. Analogová paměť 8 pak dostavuje pouze menší změny.

Tato funkce je zvláště dobře využitelná ve druhém případě, kdy laserový interferenční měřicí systém je vestavěn ve speciálních přístrojích a opticky se nepřestavuje, například v technologických zařízeních pro mikroelektroniku. Vzhledem k tomu, že časové konstanty zpětnovazebních smyček v obou detekčních obvodech I, II jsou optimalizovány pro mezní případy plně automatického provozu se značným zrychlením na měření velkých délek, jsou frekvence f_1 ; f_2 v okolí 10 kHz. Reprezentativní stejnosměrnou kompenzační složku můžeme však

získat i při nižších frekvencích při dostatečném intervalu sepnutí a monotonní změně frekvence interferenčního signálu.

Pro případ pomalých posuvů, které představují třetí způsob provozu při měření délek na metrologických pracovištích je možné sepnout spínač vnějším ovládacím přívodem 17 pro sepnutí spínače při řádově nižších rychlostech posuvu. Tak lze při začátku měření nastavit správnou kompenzaci a v průběhu měření bude pracovat jednotka v režimu paměti.

Čtvrtý způsob provozu se může vyskytovat u zařízení, které rychle krokuje v krátkých časových intervalech, například u technologických zařízení pro mikroelektroniku. Je zbytečné obnovovat každý zlomek sekundy kompenzaci stejnosměrné složky. Je proto možné v průběhu jednoho celého technologického cyklu zablokovat frekvenční spínač 20 přívodem 18 pro vypnutí z řídicího počítače. Uvedené zapojení umožní řadu dalších kombinací způsobu provozu, které vyplývají z obvodového řešení. Při dostatečné úrovni signálu a malých driftech fotodiody 1a, 1b, vstupního obvodu 2 fotodiody a vstupního zesilovače 3 lze zavedením kompenzačního napětí až do vstupu diferenčního zesilovače 4 snížit požadavky na technologické provedení obvodu a zvětšit tolerance součástí.

Navržené zapojení je vhodné pro univerzální laserové interferenční měřicí systémy, které pracují buď jako mobilní soupravy, které se montují na stroje při jejich kontrole a mohou měřit více geometrických veličin současně, například tři souřadnice, anebo jako vestavné systémy ve speciálních přístrojích. Požadavky lze pro různé druhy provozu pokrýt jediným typem detekční jednotky s vhodnou jednoduchou optimalizací a tím unifikovat jeden z elementů laserové měřicí techniky ve výrobě.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení detekční jednotky laserového interferenčního měřicího systému, sestávající ze dvou identicky zapojených fotodetekčních obvodů pro dva signály, vyznačené tím, že detekční obvody (I, II) spojené s jednou ze dvou fotodiod (1a, 1b) mají na vstupu obvod (2) fotodiody, který je spojený jednak s výstupem (12a, 12b) pro spínač a jednak přes vstupní zesilovač (3) a diferenční zesilovač (4) s výkonovým zesilovačem (5), jehož výstup (14a, 14b) interferenčních signálů je spojen vazební smyčkou přes oddělovací zesilovač (6), spínací obvod (7), zesilovač (10) kompenzace se vstupním zesilovačem (3), případně s diferenčním zesilovačem (4), přičemž zesilovač (10) kompenzace je spojen s obvodem (9) pro nastavení kompenzace a s výstupem (15a, 15b) kontroly kompenzace, zatímco spínací obvod (7) spojený s analogovou pamětí (8) je přepínacím vstupem (16a, 16b) spojen s frekvenčním spínačem (20), jehož výstup je spojený s indikátorem (21) a prvním vstupem se vstupem (12a) pro spínač prvního detekčního obvodu (I), zatímco druhý a třetí vstup je spojen s přívody (17 a 18) pro sepnutí a vypnutí frekvenčního spínače (20).

2. Zapojení podle bodu 1, vyznačené tím, že výstup obvodu (2) fotodiody je spojen se zesilovačem (11) kontroly signálu, který je opatřen výstupem (13a, 13b) kontroly.

3. Zapojení podle bodů 1 a 2, vyznačené tím, že detekční jednotka je opatřena třetí fotodiodou (1c) pro zjištění poklesu signálu, která je spojena se zesilovačem (22) úrovně signálu opatřeným výstupem (23) o údají úrovně signálu a vstupem (24) pro vyřazení funkce.

