



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

198 648

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 21 02 78
(21) PV 1086 - 78

(51) Int. Cl.³ G 01 T 1/26

(40) Zveřejněno 17 09 79
(45) Vydáno 01 12 82

(75)

Autor vynálezu KYSLÍK VÁCLAV ing., PRAHA

(54) Zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření

1

Vynález se týká zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření v zařízeních pro indikaci a měření radiační energie v různých průmyslových oborech, jakož i v oblasti zdravotnictví.

Zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření jsou dosud řešena tak, že detektor bývá napojen na vstupní část tranzistorového zesilovače zapojeného se společnou bází nebo se společným emitorem.

Zapojení se společnou bází jsou obvykle řešena kapacitní nebo induktivní vazbou mezi detektorem a emitorem. Jsou známa i taková zapojení, kde detektor vytváří emitorovou zátěž vstupního tranzistoru.

Uvedená zapojení se společnou bází řeší do značné míry přizpůsobení impedance vstupního tranzistoru zesilovače signálu detektoru záření impedancí detektoru záření, pokud tato je nízkohmová. Nevýhodou tohoto druhu zapojení je však ztráta asi 50 % signálu způsobená právě tímto přizpůsobením.

Zapojení se společným emitorem se vyznačuje prakticky maximálním ziskem signálu, přičemž však nelze dosáhnout optimálních šumových parametrů.

U obou známých typů zapojení není respektována korekce citlivosti detektorů v důsledku teplotní závislosti odporových detektorů.

Zapojení se společným emitorem nemívají dostatečnou imunitu proti nežádoucímu uplatnění vnějších elektromagnetických polí. Účelem vynálezu je odstranění nedostatků plynoucích z dosud známých zapojení signálu detektoru záření, které se projevují buď ztrátou signálu při optimálním impedančním přizpůsobení, nebo zvýšením šumové úrovně při maximálním využití citlivosti detektoru, změnou citlivosti detektoru při změně pracovní teploty detektoru, a možností uplatnění vnějších rušivých elektromagnetických polí.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje podle tohoto vynálezu zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření, sestávající ze dvou částí a zpětnovazebního členu, kde první část je vytvořena jedním nebo více paralelně zapojenými tranzistory, s jejichž emitery je propojen jeden vývod odporového detektoru a kolektory těchto tranzistorů jsou propojeny se vstupem druhé části zesilovače, tvořené zesilovací větví, obsahující nejméně jeden aktivní prvek. Podstata vynálezu spočívá v tom, že druhá část zesilovače, jejíž hodnota proudového přenosu je pro pracovní oblast kmitočtů kladná, má výstupní svorku propojenou se vstupní svorkou zpětnovazebního členu, přičemž výstupní svorka zpětnovazebního členu je propojena se společným bodem emitoru tranzistoru z první části zesilovače a odporového detektoru. Mezi vstupní svorku a výstupní svorkou zpětnovazebního členu je připojen odporový řetězec tvořený nejméně jedním odporem. Do společného bodu odporového řetězce složeného ze dvou odporů, je připojen jeden vývod sériové kombinace zpětnovazebního odporu a blokovacího kondenzátoru, přičemž druhý vývod této kombinace je připojen ke druhému vývodu odporového detektoru. Výstup sériové kombinace zpětnovazebního odporu a blokovacího kondenzátoru je propojen jedním, nebo několika odpory s bází, respektive bázemi paralelně propojených tranzistorů první části zesilovače.

Výhodou zapojení zesilovače odporového detektoru záření je dosažení jednak optimálního poměru signálového napětí vzhledem k šumovým napětím, kompenzace teplotní závislosti odporového detektoru záření a zmenšení citlivosti odporového detektoru k rušivým vnějším elektromagnetickým polím.

Zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření bude následovně blíže popsáno v příkladovém provedení s pomocí výkresů, kde znázorňuje

obr. 1 blokové uspořádání předmětného zapojení,

obr. 2 příklad konkrétního uspořádání předmětného zapojení, a

obr. 3 průběhy proudových přenosů v závislosti na frekvenci.

Podle obr. 1 je odporový detektor záření 2 prvním vývodem 21 připojen k emitoru tranzistoru 3, patřícímu do první části zesilovače. Druhý vývod 22 odporového detektoru záření 2 je propojen s jedním pólem zdroje 5 napájecího napětí. Druhý pól zdroje 5 napájecího napětí je propojen jednak přes vstupní odporový dělič, složený z prvního odporu 51 vstupního děliče a druhého odporu 52 vstupního děliče, přes bázevý odpor 31 s bází tranzistoru 3 a dále je propojen přes satěžovací impedanci 32 s kolektorem tranzistoru 3. Druhý vývod zdroje 5 je také ještě propojen s napájecí svorkou 41 druhé části zesilovače 4. Kolektor tranzistoru 3 je spojen se vstupem druhé části zesilovače 4. Výstup 40 druhé části zesilovače 4 je propojen jednak s výstupní svorkou 49 zesilovače signálu detektoru záření a jednak se vstupem

11 zpětnovazebního členu 1. Výstup 12 zpětnovazebního členu 1 je propojen se společným bodem emitoru tranzistoru 3 a prvního vývodu 21 odporového detektoru záření 2. Další výstup 120 zpětnovazebního členu 1 je propojen do společného bodu báze odporu 31, prvního odporu 51 vstupního děliče a druhého odporu 52 vstupního děliče. Přijímaný signál záření způsobuje změnu vodivosti detektoru záření 2. Tím se mění vodivost mezi emitorem tranzistoru 3 a napájecím zdrojem 5. Protože tranzistor 3 je zapojen s uzemněnouází, mění se proud emitoru tohoto tranzistoru a tím i proud 141 kolektoru tranzistoru 3. Tato změna proudu 141 představuje vstupní signál druhé části zesilovače 4. Zesilovač 4 má v decibelech definovaný proudový přenos A podle vztahu

$$A = 20 \cdot \log \frac{142}{141} \quad (1),$$

kde 142 představuje změnu proudu ve výstupní svorce 40 druhé části zesilovače 4, vyvolanou změnou vstupního proudu 141. Proud 142 vstupuje do zpětnovazebního členu 1. Výstup 12 zpětnovazebního členu 1 uzavírá zpětnovazební smyčku, tvořenou těmito obvody: emitor - kolektor tranzistoru 3, druhá část zesilovače 4, zpětnovazební obvod 1. Zpětná vazba je určena proudovým přenosem B zpětnovazebního členu 1. Obdobně definovaný přenos v decibelech zpětnovazebního obvodu 1, jako u druhé části zesilovače 4, je dán následujícím vztahem

$$B = 20 \cdot \log \frac{112}{111} \quad (2),$$

kde 112 představuje změnu proudu ve výstupní svorce 12 zpětnovazebního členu 1, vyvolanou změnou vstupního proudu 111 ve vstupní svorce 11 zpětnovazebního členu 1.

Je-li splněna podmínka, že absolutní hodnota proudového přenosu B je menší, než je hodnota proudového přenosu A druhé části zesilovače 4, rozhoduje zpětná vazba o chování zesilovače signálu detektoru, jako celku. Tato zpětná vazba, pokud je volena jako záporná, snižuje vstupní impedanci zesilovače a určuje výsledný zisk zesilovače.

Výstup 120 zpětnovazebního členu 1 je určen pro řízení teplotní kompenzace citlivosti detektoru záření. V tomto výstupu je obsažena informace o pracovním proudu odporového detektoru záření 2. Z velikosti pracovního proudu detektoru záření 2 je odvozeno ovládání stejnosměrného předpětí báze tranzistoru 3. Velikost tohoto předpětí zpětně rozhoduje o pracovním proudu detektoru záření 2.

Na obr. 2 je znázorněno zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření 2. První část zesilovače vytváří tranzistor 3 v zapojení se společnouází, druhá část zesilovače je tvořena prvním aktivním prvkem 41, tj. tranzistorem v zapojení se společnouází a druhým aktivním prvkem 42, tj. tranzistorem opačného typu vodivosti, v zapojení se společným emitorem. Zpětnovazební člen je tvořen prvním zpětnovazebním odporem 13, který je spojen s druhým zpětnovazebním odporem 14 a s třetím zpětnovazebním odporem 15, na který je připojen blokovací kondenzátor 16. Výstup 120 zpětnovazebního členu pro řízení teplotní kompenzace citlivosti detektoru je určen společným bodem třetího zpětnovazebního odporu 15 blokovacího kondenzátoru 16. Mezi vstupem signálu o teplotní kompenzaci do báze tranzistoru 3 a výstupem 120 zpětnovazebního členu, jsou připojeny do série první odpor 17 pro teplotní

198 848

kompenzací a druhý odpor 18 pro teplotní kompenzací. Mezi společný bod kompenzačních odporů 17 a 18 a druhý vývod 22 odporového detektoru záření 2 je připojen třetí odpor 19 pro teplotní kompenzací. V bázi tranzistoru 3 je připojena filtrační kombinace přes bázevý odpor 31, která je složena z prvního odporu 51 vstupního děliče, z druhého odporu 52 vstupního děliče a vstupního filtračního kondenzátoru 53. Pracovní bod vstupního tranzistoru 3 je určen zatěžovací impedancí 32. Pracovní bod tranzistoru 41 je zajištěn bázevým odporem 411 a děličem 412, 413, napojených na zdroj 5 napájecího napětí.

Ve srovnání s funkcí zapojení podle obr. 1 je proudový přenos B zpětnovazebního členu 1 určen pro dostatečně vysoké kmitočty f poměrem

$$B_1 = 20 \cdot \log \frac{R_{15}}{R_{14}} \quad (3),$$

kde R_{15} je ohmická hodnota třetího zpětnovazebního odporu 15 a R_{14} je ohmická hodnota druhého zpětnovazebního odporu 14 odporového řetězce.

Proudový přenos druhé části zesilovače je určen podle obr. 2 proudovým zesilovacím činitelem h_{21T42} tranzistoru 42, zapojeného se společným emitorem: $A = h_{21T42}$. Podle velikosti teplotní závislosti citlivosti odporového detektoru záření 2, lze nastavit kompenzací této citlivosti volbou hodnot odporů 17, 18 a 19. V příkladovém zapojení podle obr. 2 se jedná o kladnou zpětnou vazbu, to znamená, že se předpokládá pokles citlivosti odporového detektoru záření 2 s rostoucí teplotou při současném poklesu odporu tohoto detektoru. Podrobnější popis funkce zapojení podle obr. 2 je proveden za pomoci obr. 3.

Obr. 3 znázorňuje proudové přenosy zesilovače signálu detektoru záření podle zapojení uvedeném na obr. 2. Osa A znázorňuje frekvenční závislost $A(f)$ hodnoty proudového přenosu A druhé části zesilovače 4, definované vztahem (1), osa B znázorňuje frekvenční závislost hodnoty $B(f)$ proudového přenosu B zpětnovazebního členu 1, definovanou vztahem (2). Osa $\log f$ znázorňuje logaritmus nárůstu harmonické frekvence f . Průběh A4 představuje průběh proudového přenosu druhé části zesilovače 4 za předpokladu, že zpětnovazební obvod 1 není zapojen a je nahrazen impedancí odpovídající vstupní impedanci. Protože druhá část zesilovače 4 je přímo vázána, má frekvenčně nezávislý proudový přenos až do kmitočtu f3. Tento kmitočet, který je možno definovat poklesem průběhu proudového přenosu druhé části zesilovače 4 o 3 dB od jeho hodnoty A0 pro nízké kmitočty, představuje horní mezní kmitočet druhé části zesilovače 4.

Zpětnovazební člen 1, zapojený podle obr. 2, vykazuje závislost $B(f)$ uvedenou na obr. 3. Pro nízké kmitočty se neuplatňuje vodivost blokovacího kondenzátoru 16, a tudíž vstupní proud i11 zpětnovazebního členu 1 je roven proudu výstupnímu i12. Ve smyslu definice (2) je tedy $B = 0$. Od frekvence f1 se začíná uplatňovat vodivost kondenzátoru 16 a proudový přenos vykazuje pokles s roztoucím kmitočtem. Pro vysoké kmitočty dosahuje hodnota proudového přenosu B1 zpětnovazebního členu 1, hodnoty B1 určené vztahem (3). Kmitočet f2 je definován odchylkou 3 dB od hodnoty přenosu B1 určené vztahem (3). Při zapojení zpětnovazebního obvodu 1 s právě popsaným proudovým přenosem B1 se změní přenos celého zesilovače

signálu odporového detektoru záření, což znázorňuje závislost $A(f)$ proudového přenosu A druhé části zesilovače v oblasti kmitočtů nižších než f_1 . V oblasti kmitočtů f_1 až f_2 dochází ke vzrůstu proudového přenosu A . Je-li pro kmitočty vyšší než f_2 splněna podmínka

$$A + B > 0, \text{ respektive } A > |B|,$$

potom pokles proudového přenosu A s rostoucím kmitočtem f nastává prakticky při zapojeném zpětnovazebním členu 1 u vyšších kmitočtů f_2 , než je kmitočet f_3 . Pracovní oblast F je potom definována intervelam kmitočtů $F = f_3 - f_2$, přičemž hodnota proudového přenosu $A = A_1$.

Z teorie šumů bipolárních tranzistorů vyplývá, že pro kmitočty až do frekvencí řádu 10^3 Hz převažuje šumová složka, která má šumové spektrum nepřímo úměrné frekvenci, tzv. šum $1/f$. Optimální přizpůsobení z hlediska šumu v tomto případě nastává pro takový zdroj signálu, jehož výstupní impedance je rovna poloviční hodnotě vnitřního odporu báze tranzistoru, který je připojen na výstupní svorky zdroje signálu. Zapojení podle vynálezu v důsledku popsané vazby podstatně snižuje velikost efektivní impedance emitorové zátěže tranzistoru 3 , tj. z hlediska šumu je efektivní impedance na svorkách $21, 22$ zanedbatelná. Optimální šumové přizpůsobení lze zajistit bázevým odporem 31 , a to bez ztráty proudové odezvy signálu detektoru. Vzhledem k velmi malé efektivní impedanci na svorkách 21 a 22 detektoru 2 je podstatně snížena možnost uplatnění vnějších rušivých polí. Další výhoda popsaného zapojení podle vynálezu spočívá v tom, že velikostí druhého zpětnovazebního odporu 14 lze v širokém rozmezí kompenzovat teplotní závislost citlivosti odporového detektoru záření 2 . K jemnějšímu dostavení kompenzace potom stačí optimalizovat první odpor 17 , druhý odpor 18 a třetí odpor 19 pro teplotní kompenzaci.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření sestávající ze dvou částí a zpětnovazebního členu, kde první část je vytvořena jedním nebo více paralelně zapojenými tranzistory, s jejichž emitory je propojen jeden vývod odporového detektoru a kolektory těchto tranzistorů jsou propojeny se vstupem druhé části zesilovače, tvořené zesilovací větví, obsahující nejméně jeden aktivní prvek, vyznačené tím, že druhá část zesilovače (4), jejíž hodnota proudového přenosu (A) je pro pracovní oblast kmitočtů (F) kladná, má výstupní svorku (40) propojenou se vstupní svorkou (11) zpětnovazebního členu (1), přičemž výstupní svorka (12) zpětnovazebního členu (1) je propojena se společným bodem (21) emitoru tranzistoru (3) z první části zesilovače a odporového detektoru (2).
2. Zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření podle bodu 1, vyznačené tím, že mezi vstupní svorkou (11) a výstupní svorkou (12) zpětnovazebního členu (1) je připojen odporový řetězec (13, 14) tvořený nejméně jedním odporem.

188 848

3. Zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření podle bodu 2, vyznačené tím, že do společného bodu odporového řetězce (13, 14) složeného ze dvou odporů, je připojen jeden vývod sériové kombinace zpětnovazebního odporu (15) a blokovacího kondenzátoru (16), přičemž druhý vývod této kombinace je připojen ke druhému vývodu (22) odporového detektoru (2).
4. Zapojení zesilovače signálu odporového detektoru záření podle bodu 3, vyznačené tím, že výstup (120) sériové kombinace zpětnovazebního odporu (15) a blokovacího kondenzátoru (16), je propojen jedním, nebo několika odpory (17, 18, 31) s bází, respektive bázemi paralelně propojených tranzistorů (3) první části zesilovače.

3 výkresy

