

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

219383
(11) (B1)

[51] Int. Cl.³
H 03 F 1/18



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

[22] Přihlášeno 06 09 79
[21] [PV 6043-79]

[40] Zveřejněno 27 08 82

[45] Vydáno 15 08 85

[75]

Autor vynálezu

ŠŤASTNÝ ALOIS ing. CSc., NEJEDLÝ VLADIMÍR ing., PATROVSKÝ JIŘÍ
ing., PRAHA

(54) Zapojení měřicího zesilovače

1

2

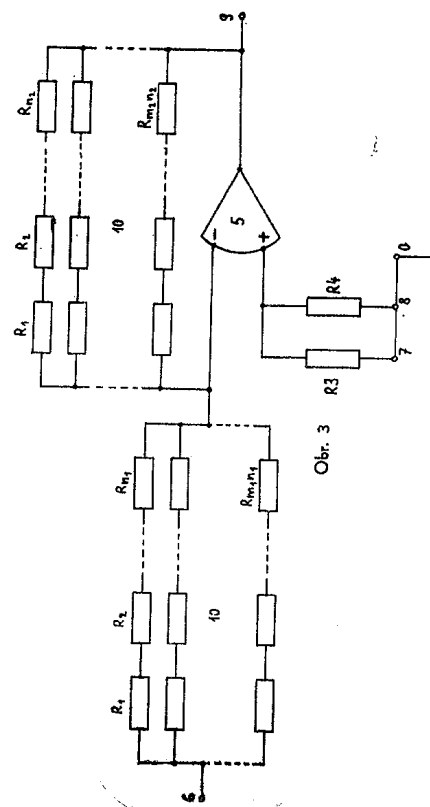
Vynález se týká zapojení měřicího zesilovače, sestávajícího z operačního zesilovače, opatřeného odporovou operační sítí.

Vynález řeší problém, co nejvíce zmenšit závislost zisku měřicího zesilovače na změnách hodnot odporů operační sítě, způsobených vnějšími vlivy.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že alespoň dva odpory operační odporové sítě jsou vytvořeny odporovými operačními sítěmi (10, 10'), sestávajícími nejméně ze dvou shodných odporů. Tyto odpory mohou být zapojeny sériově, paralelně nebo sérioparalelně. Při sérioparalelním zapojení sestává odporová operační síť (10) z „m“ paralelně zapojených větví (21), obsahující vždy shodný počet „n“ sériově zapojených odporů {R}.

Zapojení vynálezu lze využít při přesném zpracování měřicích signálů, kde je zapotřebí měřicí zesilovač s velmi stálým ziskem a při sériové výrobě přesných měřicích zesilovačů.

Příklad invertujícího zapojení měřicího zesilovače podle vynálezu, kde jsou nahrazeny dva odpory odporové operační sítě odporovými operačními sítěmi (10, 10') v sérioparalelním zapojení, je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3

Vynález se týká zapojení měřicího zesilovače, sestávajícího z operačního zesilovače, opatřeného odporovou operační sítí.

Dosud známá zapojení měřicích zesilovačů, která jsou tvořena operačními zesilovači opatřenými odporovou operační sítí, mají tuto operační síť tvořenou jednotlivými odpory, které jsou zapojeny v sérii se vstupem operačního zesilovače a dále ve zpětnovazební větvi, připojené k invertujícímu vstupu operačního zesilovače. Odpory zapojené v sérii se vstupem operačního zesilovače jsou připojeny buď ke zdroji signálu nebo k zemnicí sběrnici. Podle tohoto vzájemného propojení rozeznáváme několik základních typů zapojení — zapojení invertující, neinvertující a diferenční.

U všech uvedených typů zapojení lze za předpokladu použití ideálního operačního zesilovače, to je operačního zesilovače s nekonečným vstupním odporem a nekonečným ziskem otevřené smyčky, vyjádřit na-

pětový zisk poměrem hodnot dvou odporů. Pro integrované operační zesilovače je v praxi tento předpoklad oprávněný, pokud žádný z odporů operační sítě nemá větší hodnotu než řádově stovky kiloohmů. Stálost zisku zesilovače závisí tedy výlučně na chování jednotlivých odporů v operační síti. Například v invertujícím zapojení operačního zesilovače je zisk A dán poměrem hodnoty odporu R_2 , zapojeného v zpětnovazební větvi a odporu R_1 , zapojeného v sérii s invertujícím vstupem, ke kterému je připojen odpor R_2 , a na který se přivádí vstupní napětí. Zisk měřicího zesilovače je tedy dán vztahem

$$A' = -\frac{R_2}{R_1}$$

a jeho relativní změna $\Delta A/A$ je dána následujícím vztahem

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta R_2}{R_2} - \frac{\Delta R_1}{R_1}$$

kde $\Delta R_2/R_2$, $\Delta R_1/R_1$ jsou relativní změny hodnot odporů R_2 , R_1 , vyvolané změnami teploty, stárnutím a podobně.

Je zřejmé, že změny odporu R_2 se mohou teoreticky kompenzovat změnami odporu R_1 .

K tomu však dochází zřídka, zejména, jsou-li hodnoty obou odporů R_1 , R_2 různé. Je proto třeba počítat s absolutní hodnotou relativní změny zisku, pro kterou platí vztah

$$\left| \frac{\Delta A}{A} \right| \leq \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| + \left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right|$$

Relativní změna zisku je tedy v nejnepríznivějším případě rovna součtu relativních změn hodnot obou odporů R_1 , R_2 .

Problém, co nejvíce zmenšit závislost zisku měřicího zesilovače na změnách hodnot odporů řeší zapojení měřicího zesilovače, tvořeného operačním zesilovačem podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že dvě odporové operační sítě zapojené jednak ve vstupní větvi operačního zesilovače a jednak ve zpětnovazební větvi operačního zesilovače jsou tvořeny sériovými nebo paralelními nebo sérioparalelními kombinacemi nejméně dvou shodných odporů. Odporové operační sítě mohou sestávat z nejméně dvou paralelně zapojených větví obsahujících vždy shodný počet nejméně dvou sériově zapojených odporů.

Nový vyšší účinek zapojení podle vynálezu spočívá ve srovnání se známými zapojeními v tom, že relativní změna zisku je dána rozdílem průměrných hodnot relativních změn odporů stejné hodnoty a podobných

vlastností, zapojených v odporových operačních sítích namísto jednotlivých odporů, které se podílejí na zisku zesilovače, pro invertující zapojení namísto jednotlivých odporů. S pomocí zákona velkých čísel z teorie pravděpodobnosti lze ukázat, že pro dostatečně velký počet odporů zapojených právě popsaným způsobem v odporových operačních sítích, dosáhne relativní změna zisku libovolně malé hodnoty.

Příklad zapojení měřicího zesilovače je znázorněn na výkresech, kde představuje obr. 1 základní obecné zapojení měřicího zesilovače, obr. 2 odporovou operační síť v sérioparalelním zapojení a obr. 3 invertující zapojení měřicího zesilovače podle vynálezu.

U invertujícího zapojení podle obr. 3 jsou druhá a třetí vstupní svorka 7 a 8 spojeny se zemnicí svorkou 0 a jsou napojeny na neinvertující vstup operačního zesilovače 5 tak, že mezi druhou vstupní svorkou 7 a ne-

invertující vstup operačního zesilovače **5** je zapojen odpor **R 3** a mezi třetí vstupní svorku **8** a neinvertující vstup operačního zesilovače **5** je zapojen odpor **R 4**. První vstupní svorka **6** je napojena na invertující vstup operačního zesilovače **5** přes odporovou operační síť **10** shodných odporů **R** m_{1n1} v sérioparalelním zapojení, která nahrazuje odpor **R 1** v původním zapojení podle obr. 1. Mezi invertující vstup operačního zesilovače **5** a výstupní svorku **9** je zapojena další odporová operační síť **10'** shodných odporů **R** m_{2n2} v sérioparalelním zapojení, nahrazující v původním zapojení podle obr. 1 odpor **R 2**. Odporová operační síť **10**, **10'** shodných odporů sestává z počtu „ m “ paralelně zapojených větví **21**, obsahující vždy shodný počet „ n “ sériově zapojených odporů **R** podle obr. 2.

Vstupní napětí se přivádí mezi první vstupní svorku **6** a zemnicí svorkou **0** a výstupní napětí se odebírá mezi výstupní svorkou **9** a zemnicí svorkou **0**. Mezi první vstupní svorku **6** a invertující vstup operačního zesilovače **5** je zapojena odporová operační síť **10** shodných odporů s celkovým počtem m_{1n1} odporů **R**. Mezi invertující vstup operačního zesilovače **5** a výstupní svorku **9** je zapojena druhá odporová operační síť **10'** s celkovým počtem m_{2n2} shodných odporů **R**. Mezi neinvertujícím vstupem operačního zesilovače **5** a druhou vstupní svorkou **7** je zapojen odpor **R 3** a mezi neinvertujícím vstupem operačního zesilovače **5** a třetí vstupní svorkou **8** je zapojen odpor **R 4**. Zisk **A** měřicího zesilovače, definovaný jako poměr výstupního napětí $U_{9,0}$ mezi výstupní svorkou **9** a zemnicí svorkou **0** a vstupního napětí $U_{6,0}$ mezi první vstupní svorkou **6** a zemnicí svorkou **0** je za předpokladu použití ideálního operačního zesilovače dán výrazem

$$A = \frac{U_{9,0}}{U_{6,0}} = \frac{m_{1n2}}{m_{2n1}}.$$

Při neinvertujícím zapojení měřicího zesilovače podle vynálezu, což na výkrese není názorně, jsou propojeny svorky **6** a

0, **7** a **8** a vstupní napětí se přivádí mezi svorky **7** a **0**. Odporovou operační síť **10** s celkovým počtem m_{1n1} shodných odporů je nahrazen odpor **R 1** základního zapojení na obr. 1 a odporovou operační síť **10'** s celkovým počtem m_{2n2} shodných odporů je nahrazen odpor **R 2** základního zapojení. Výstupní napětí se odebírá mezi svorkou **9** a **0**. Zisk **A**, definovaný jako poměr výstupního napětí $U_{9,0}$ mezi výstupní svorkou **9** a zemnicí svorkou **0** a vstupního napětí $U_{7,0}$ mezi druhou vstupní svorkou **7** a zemnicí svorkou **0** je dán výrazem

$$A = \frac{U_{9,0}}{U_{7,0}} = 1 + \frac{m_{1n2}}{m_{2n1}}.$$

Při diferenčním zapojení měřicího zesilovače podle vynálezu jsou propojeny svorky **8** a **0** a vstupní napětí se přivádí mezi svorky **6** a **7**. Odporovými operačními sítěmi **10** shodných odporů **R** jsou nahrazeny odpory **R 1**, **R 2**, **R 3** a **R 4**, základního zapojení podle obr. 1, přičemž každá z odporových operačních sítí **10**, nahrazující odpory **R 1** a **R 3** má stejný počet m_{1n1} shodných odporů **R**, zatímco každá z odporových operačních sítí **10**, nahrazující odpory **R 2** a **R 4** má stejný počet m_{2n2} shodných odporů **R**. Výstupní napětí se odebírá mezi svorkou **9** a **0**. Zisk **A**, definovaný jako poměr výstupního napětí $U_{9,0}$ mezi výstupní svorkou **9** a zemnicí svorkou **0** a vstupního napětí $U_{6,7}$ mezi první vstupní svorkou **6** a druhou svorkou **7**, je dán výrazem

$$A = \frac{U_{9,0}}{U_{6,7}} = - \frac{m_{1n2}}{m_{2n1}}.$$

Označí-li se změny hodnot shodných odporů **R**, zapojených v odporových operačních sítích **10'** s jejich celkovým počtem m_{2n2} jako ΔR_j , a změny hodnot shodných odporů **R**, zapojených v odporových operačních sítích **10** s jejich celkovým počtem m_{1n1} jako ΔR_i , je relativní změna zisku $\Delta A/A$ měřicího zesilovače pro invertující a neinvertující zapojení dána vztahem

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{1}{m_{2n2}} \sum_{j=1}^{m_{2n2}} \frac{\Delta R_j}{R} - \frac{1}{m_{1n1}} \sum_{i=1}^{m_{1n1}} \frac{\Delta R_i}{R}$$

a pro diferenční zapojení vztahem

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{1}{2m_{2n2}} \sum_{j=1}^{2m_{2n2}} \frac{\Delta R_j}{R} - \frac{1}{2m_{1n1}} \sum_{i=1}^{2m_{1n1}} \frac{\Delta R_i}{R}$$

Je vhodné, aby všechny odporové operační sítě 10, jejichž výsledný odpor se podílí na zisku A měřicího zesilovače, obsahovaly

$$\frac{m_1}{m_2} = \sqrt{A} ; \quad \frac{m_2}{m_1} = \sqrt{A}$$

Největšího zisku pro daný počet N odporů se dosáhne pro $n_1 = n_2 = 1$.

Zapojení podle vynálezu lze využít při přesném zpracování měřicích signálů, kde je zapotřebí měřicí zesilovač s velmi stálým

stejný počet N odporů, to je, aby platilo, že $m_2 n_2 = m_1 n_1 = N$.

Pak platí

ziskem. Výhoda použití shodných odporů v odporové operační síti je výrazná hlavně při sériové výrobě přesných měřicích zesilovačů.

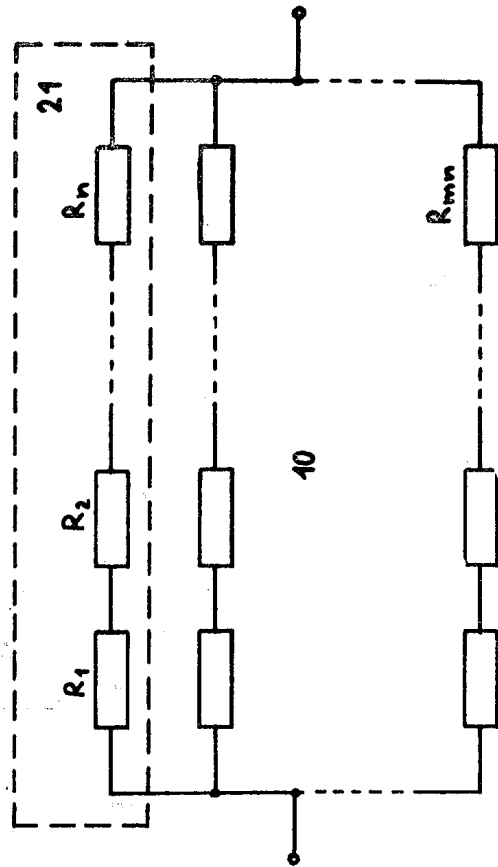
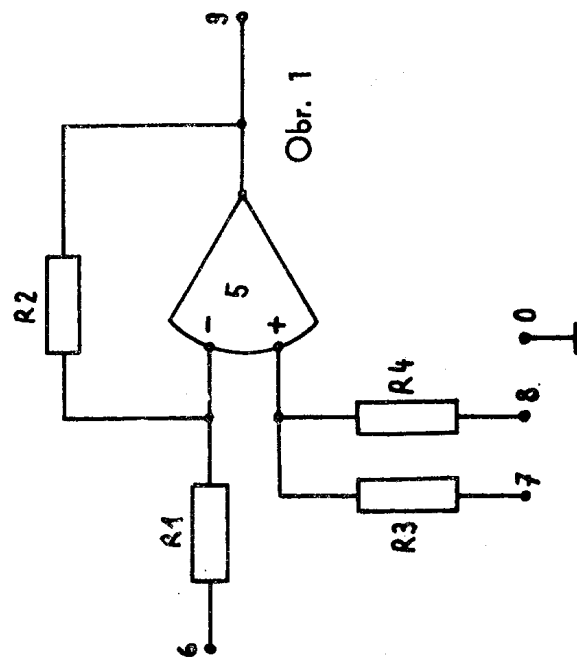
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení měřicího zesilovače, tvořeného operačním zesilovačem, vyznačené tím, že dvě odporové operační sítě (10, 10') zapojené jednak ve vstupní větvi operačního zesilovače (5) a jednak ve zpětnovazební větvi operačního zesilovače (5) jsou tvořeny sériovými nebo paralelními nebo sério-

paralelními kombinacemi nejméně dvou shodných odporů.

2. Zapojení podle bodu 1 vyznačené tím, že odporové operační sítě (10, 10') sestávají z nejméně dvou paralelně zapojených větví (21), obsahujících vždy shodný počet nejméně dvou sériově zapojených odporů.

2 listy výkresů



Obr. 2

