



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

205828

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 22 03 79

(21) (PV 1869-79)

(40) Zveřejněno 29 08 80

(45) Vydáno 02 05 84

(51) Int. Cl.³

H 02 M 7/21

(75)

Autor vynálezu

VRBA KAMIL ing. CSc., BRNO

(54) Zapojení usměrňovače citlivého na fázi

Vynález se týká zapojení usměrňovače citlivého na fázi.

V některých zařízeních, jako jsou například měřicí ústředny, elektronické měřicí přístroje, některá zařízení automatizační techniky, případně v chemické instrumentaci, je nutno za účelem například usměrnění střídavých elektrických signálů malých úrovní přepínat polaritu zesílení zesilovače. Polaritu zesílení zesilovače je v tomto případě nutno přepínat synchronně s ovládacím signálem.

K těmto účelům se používá usměrňovačů citlivých na fázi, které jsou zejména v poslední době konstruovány prakticky pouze na bázi elektronických prvků. Tyto elektronické usměrňovače citlivé na fázi jsou často uváděny rovněž pod názvem fázový detektor. Uspořádání obvodu je však shodné i s dalšími obvody známými pod názvy vyvážený nebo balanční modulátor či demodulátor nebo střídač. Někdy se také hovoří v této souvislosti o zesilovačích s řízenou polaritou zesílení. Jednotlivé obvody se odlišují jen tím, jaké jsou vlastnosti vstupního a řídicího signálu, a které spektrální složky výstupního signálu využíváme.

Je známa celá řada nejrůznějších zapojení usměrňovačů citlivých na fázi, přičemž ke konstrukci kvalitních usměrňovačů citlivých na fázi se v poslední době používá operačních zesilovačů. Obecným znakem těchto usměrňovačů je přepínání zpětnovazební odporové sítě operačního zesilovače tak, že obvod pracuje buď jako neinvertující zesilovač, nebo po přepojení zpětnovazební sítě jako zesilovač invertující. Přepojování zpětnovazební sítě operačního zesilovače se provádí jedním nebo častěji dvěma polovodičovými spínači. Obvody těchto elektronických usměrňovačů citlivých na fázi jsou uspořádány tak, že odpor spínače v sepnutém stavu je součástí zpětnovazební sítě operačního zesilovače.

Společnou nevýhodou zmíněných elektronických usměrňovačů citlivých na fázi je, že se u nich v plné míře projevují nepříznivé reálné vlastnosti polovodičových spínačů, především odpor spínačů v sepnutém stavu a závislost tohoto odporu na okolní teplotě a na přiloženém napětí, což vede k nepřesnosti a nestabilitě zesílení zesilovače, a tím i celého usměrňovače.

Další nevýhodou většiny těchto usměrňovačů citlivých na fázi je jejich proměnný a pro některé aplikace i příliš nízký vstupní odpor, který se mění v závislosti na tom, zda je obvod přepnut na kladný nebo na záporný přenos. Za účelem eliminace této nevýhody je pak nutno před zmíněný usměrňovač citlivý na fázi

předřadit další obvod, obsahující zpravidla další aktivní prvky, což vede ke komplikaci a zdražení celého zařízení.

Tyto nevýhody do značné míry odstraňuje zapojení usměrňovače citlivého na fázi podle vynálezu, jehož podstatou je, že první vstup rozdílového zesilovače je připojen mezi první zpětnovazební odpor a první spínač a druhý vstup rozdílového zesilovače je připojen mezi druhý zpětnovazební odpor a druhý spínač, přičemž neinvertující vstup operačního zesilovače je připojen ke vstupu zapojení a výstup rozdílového zesilovače k výstupu zapojení.

Výhodou zapojení usměrňovače citlivého na fázi podle vynálezu je, že se v něm neuplatňují reálné vlastnosti polovodičových spínačů, poněvadž vstupy rozdílového zesilovače jsou připojeny až za spínače a velké zesílení operačního zesilovače potlačuje napěťový ofset, časovou a teplotní nestabilitu, jakož i odpor polovodičových spínačů v sepnutém stavu.

Další výhodou zapojení podle vynálezu je, že vstupní odpor usměrňovače je, obdobně jako u neinvertujícího zesilovače s operačním zesilovačem, téměř nekonečný. Podle druhu použitého operačního zesilovače dosahuje vstupní odpor hodnot řádově až $10^9 \Omega$.

Zapojení usměrňovače citlivého na fázi podle vynálezu je znázorněno na výkrese.

Zapojení je opatřeno vstupem 1 a výstupem 2 a obsahuje operační zesilovač 3. Operační zesilovač 3 je opatřen invertujícím vstupem 4 a neinvertujícím vstupem 5 a výstupem 6. Zapojení rovněž obsahuje dva spínače 7, 8, z nichž každý je opatřen řídicím vstupem 9 a řídicí obvod 10 spínačů 7, 8, opatřený výstupy 11, připojenými k jim příslušným řídicím vstupům 9 jednotlivých spínačů 7, 8. Zapojení dále obsahuje odpor 12, dva zpětnovazební odpory 13, 14 a společný vodič 15. K invertujícímu vstupu 4 operačního zesilovače 3 je přes odpor 12 připojen společný vodič 15. Rovněž k invertujícímu vstupu 4 operačního zesilovače 3 je přes první zpětnovazební odpor 13 a první spínač 7 a také přes druhý zpětnovazební odpor 14 a druhý spínač 8 připojen výstup 6 operačního zesilovače 3. Zapojení dále obsahuje rozdílový zesilovač 16, opatřený dvěma vstupy 17 a 17a a výstupem 18. Rozdílový zesilovač 16 může být běžného provedení a může například obsahovat druhý operační zesilovač 19, k jehož invertujícímu vstupu 4 je přes první vstupní odpor 20 připojen první vstup 17 rozdílového zesilovače 16 a přes zpětnovazební odpor 21 výstup 18 rozdílového zesilovače 16, přičemž k neinvertujícímu vstupu 5 druhého operačního zesilovače 19 je připojen jednak přes druhý vstupní odpor 22 druhý vstup 17a rozdílového zesilovače 16, jednak přes zatěžovací odpor 23 společný vodič 15 zapojení. Výstup 6 druhého operačního zesilovače 19 je připojen k výstupu 18 rozdílového zesilovače 16.

První vstup 17 rozdílového zesilovače 16 je připojen mezi první zpětnovazební odpor 13 a první spínač 7, přičemž druhý vstup 17a rozdílového zesilovače 16 je připojen mezi druhý zpětnovazební odpor 14 a druhý spínač 8. Neinvertující vstup 5 prvního operačního zesilovače 3 je připojen ke vstupu 1 zapojení a výstup 18 rozdílového zesilovače 16 k výstupu 2 zapojení.

Pro zapojení je charakteristické, že vždy je buď sepnut první spínač 7, kdežto druhý spínač 8 je rozpojen, nebo první spínač 7 je rozpojen a druhý spínač 8 je sepnut, přičemž oba spínače 7, 8 jsou řízeny známým způsobem signály z řídicího obvodu 10 spínačů 7, 8.

Je-li první spínač 7 rozpojen a druhý spínač 8 sepnut, je na druhém vstupu 17a rozdílového zesilovače 16 napětí u_4 o velikosti

$$u_4 = u_1 \left(1 + \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2 + R_4} \right) \frac{(R_2 + R_4)(R_6 + R_7)}{R_6(R_2 + R_4) + R_7(R_2 + R_3 + R_4)},$$

kde R_1 značí hodnotu odporu 12, R_2 hodnotu prvního zpětnovazební odporu 13, R_3 hodnotu druhého zpětnovazební odporu 14, R_4 hodnotu prvního vstupního odporu 20, R_6 hodnotu druhého vstupního odporu 22, R_7 hodnotu zatěžovacího odporu 23 a u_1 vstupní napětí. První zpětnovazební odpor 13 je v tomto případě součástí odporové sítě rozdílového zesilovače 16 a je k němu přiváděno vstupní napětí u_1 . Činnost rozdílového zesilovače 16 je běžně známa a není proto rozvedena. Lze ceikem snadno odvodit, že při shora uvedeném stavu spínačů 7, 8 je na výstupu 6 druhého operačního zesilovače 19 a tím i na výstupu 2 zapojení výstupní napětí

$$u_2 = u_1 \left[\left(1 + \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2 + R_4} \right) \left(\frac{R_5}{R_2 + R_4} \right) \frac{(R_2 + R_4)(R_6 + R_7)}{R_6(R_2 + R_4) + R_7(R_2 + R_3 + R_4)} \frac{R_7}{R_6 + R_7} - \frac{R_5}{R_2 + R_4} \right],$$

kde u_1 a u_2 značí vstupní a výstupní napětí zapojení, R_1 hodnotu odporu 12, R_2 hodnotu prvního zpětnovazební odporu 13, R_3 hodnotu druhého zpětnovazební odporu 14, R_4 hodnotu prvního vstupního odporu 20, R_5 hodnotu zpětnovazební odporu 21 rozdílového zesilovače 16 a R_6 hodnotu druhého vstupního odporu 22 a R_7 hodnotu zatěžovacího odporu 23.

Jestliže je naopak první spínač 7 sepnut a druhý spínač 8 rozpojen, je na první vstup 17 rozdílového zesilovače 16 přiváděno napětí

$$u_3 = u_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1/(R_3 + R_6 + R_7)} \right).$$

Význam symbolů je totožný s významem symbolů v předcházejícím případě.

V tomto případě je nutno započítat do odporové sítě druhého operačního zesilovače 19 druhý zpětnovazební odpor 14, ke kterému je přiváděno napětí rovné vstupnímu napětí u_1 .

V tomto případě je na výstupu druhého operačního zesilovače 19 a tím i na výstupu 2 zapojení výstupní napětí

$$u_2 = -u_1 \frac{R_5}{R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2 R_5 - R_7(R_4 + R_5)}{R_5(R_3 + R_6 + R_7)} \right).$$

Význam symbolů je totožný s jejich významem v předcházejícím případě. Při vhodné dimenzaci prvků odporové sítě zapojení je možno jeho činnost jednoduše popsat vztahy:

$$u_2 = \begin{cases} ku_1 & (\text{první spínač 7 rozpojen, druhý spínač 8 sepnut}) \\ -ku_1 & (\text{první spínač 7 sepnut, druhý spínač 8 rozpojen}), \end{cases}$$

kde k značí přenos usměrňovače.

Nejjednodušší zapojení usměrňovače citlivého na fázi podle vynálezu s jednotkovým přenosem vznikne, platí-li:

$$R_1 = \infty, \quad R_2 = R_6 = 0, \quad R_3 = R_4 = R_7 = R \quad \text{a} \quad R_5 = 3R.$$

Zapojení má jednotkový přenos také při hodnotách odporů

$$R_1 = \infty, \quad R_2 = R_3 = R_4 = R_7 = R, \quad R_5 = 1,5R \quad \text{a} \quad R_6 = 0.$$

Při $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$, $R_6 = 0$ a $R_7 = R/2$ má usměrňovač citlivý na fázi přenos $k = 2$. Usměrňovač citlivý na fázi má přenos $k \geq 1,5 + \sqrt{2}$ v případě, že platí:

$$R_1 = R_4 = R, \quad R_2 = R_3 = nR, \quad R_5 = mR, \quad R_6 = 0 \quad \text{a} \quad R_7 = \infty.$$

kde R značí zvolenou hodnotu odporu a n a m jsou koeficienty, pro které platí:

$$n = k - 1,5 \pm 0,5 \sqrt{(3 - 2k)^2 - 8} \quad \text{a} \quad m = (k + 1)/n.$$

Pro přenos například $k = 3$ potom platí $n = m = 2$, nebo $n = 1$, $m = 4$.

Zapojení usměrňovače citlivého na fázi je vhodné pro přesné přístrojové aplikace jako synchronní usměrňovač malých elektrických signálů, nebo jako střídač či vyvážený modulátor nebo demodulátor. V chemické instrumentaci má použití jako přesný zesilovač s přepínatelnou polaritou zesílení.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení usměrňovače citlivého na fázi opatřené vstupem a výstupem, obsahující operační zesilovač opatřený invertujícím a neinvertujícím vstupem a výstupem, dva spínače, z nichž každý je opatřen řídicím vstupem, řídicí obvod spínačů opatřený výstupy připojenými k jim příslušným řídicím vstupům jednotlivých spínačů, odpor, dva zpětnovazební odpory a společný vodič, když k invertujícímu vstupu operačního zesilovače je přes odpor připojen společný vodič a přes první zpětnovazební odpor a první spínač, a rovněž přes druhý zpětnovazební odpor a druhý spínač výstup operačního zesilovače a rozdílový zesilovač, opatřený dvěma vstupy a výstupem, vyznačující se tím, že první vstup (17) rozdílového zesilovače (16) je připojen mezi první zpětnovazební odpor (13) a první spínač (7) a druhý vstup (17a) rozdílového zesilovače (16) je připojen mezi druhý zpětnovazební odpor (14) a druhý spínač (8), přičemž neinvertující vstup (5) operačního zesilovače (3) je připojen ke vstupu (1) zapojení a výstup (18) rozdílového zesilovače (16) k výstupu (2) zapojení.

