



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

203564  
(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 05 F 1/10

(22) Přihlášeno 21 11 78  
(21) (PV 7590-78)

(40) Zveřejněno 30 06 80

(45) Vydáno 15 06 83

(75)  
Autor vynálezu MELOUN MILAN ing., PRAHA

## (54) Zapojení regulačního obvodu paralelně zapojených zdrojů

1

Vynález se týká zapojení regulačního obvodu, zajišťujícího rovnoměrné rozdělení zátěže paralelně zapojených stabilizovaných napájecích zdrojů.

V praxi se často vyskytuje potřeba spojení napájecích zdrojů do sestavy s vyšším výstupním napětím nebo větším výstupním proudem. Sériové spojení napájecích zdrojů nebývá obtížné, avšak paralelní spojení se provádí nesnadno. Příčinou je rozdílná hodnota výstupního napětí jednotlivých zdrojů. Přestože je tento rozdíl malý, způsobuje nerovnoměrné rozdělení výstupního proudu. Proud do zátěže dodává nejprve zdroj s vyšším výstupním napětím. Teprve když dojde k jeho přetížení a výstupní napětí poklesne na úroveň druhého zdroje, začne tento zdroj také dodávat výstupní proud. To znamená, že zatímco jeden zdroj je přetížen, druhý může být zatížen jen nepatrně. Tento nežádoucí jev lze odstranit pouze přesným nastavením stejné hodnoty výstupního napětí paralelně zapojených zdrojů. Dlouhodobou stabilitu vyrovnaní v celém rozsahu pracovních podmínek však nelze zajistit prostým seřazením. Tuto nevýhodu odstraňuje zapojení podle vynálezu. Jeho podstata spočívá v tom, že mezi vstupními svorkami je zapojen snímací odpor, první vstupní svorka je přes první odpor připoje-

2

na k neinvertujícímu vstupu prvního zesilovače, druhá vstupní svorka je přes druhý odpor připojena k invertujícímu vstupu prvního zesilovače, jehož výstup je připojen jednak zpět přes třetí odpor k invertujícímu vstupu prvního zesilovače, jednak přes čtvrtý odpor k invertujícímu vstupu druhého zesilovače, k jehož neinvertujícímu vstupu je přes pátý odpor připojena výstupní svorka a jehož výstup je připojen jednak zpět k jeho invertujícímu vstupu přes šestý odpor, jednak přes sedmý odpor ke svorce korigovaného frekvenčního napětí, jednak přes osmý odpor k invertujícímu vstupu třetího zesilovače, k jehož neinvertujícímu vstupu je připojena přes devátý odpor svorka referenčního napětí, která je spojena přes desátý odpor se svorkou korigovaného referenčního napětí, výstup třetího zesilovače je připojen jednak zpět k jeho invertujícímu vstupu přes jedenáctý odpor, jednak přes diodu k výstupní svorce, propojené dvanáctým odporem se zemní svorkou, která je spojena přes třináctý odpor s neinvertujícím vstupem prvního zesilovače.

Každý stabilizovaný zdroj má regulační obvod a tyto obvody jsou propojeny. Regulační obvod podle vynálezu umožňuje paralelně zapojit několik zdrojů bez nebezpečí, že některý z nich bude přetížen a zbývající

zdroje nezatíženy. V každém okamžiku jsou výstupní proudy paralelně spojených zdrojů stejné.

Příklad zapojení podle vynálezu je dále popsán pomocí výkresů. Na obr. 1 je zapojení regulačního obvodu, na obr. 2 je připojení regulačního obvodu ke stabilizovanému zdroji, na obr. 3 je blokové schéma zapojení n stabilizovaných zdrojů s regulačními obvody.

Regulační obvod na obr. 1 je tvořen třemi zesilovači A, B, C. Mezi vstupními svorkami 1 a 2 regulačního obvodu je zapojen snímací odpor  $R_0$ , kterým protéká výstupní proud napájecího zdroje. Vzniklé napětí se přivádí přes odpory  $R_1$  a  $R_2$  na vstupy prvního zesilovače A, jehož výstupní napětí  $U_a$  na svorce 3 je úměrné velikosti výstupního proudu zdroje. Zesílení zesilovače A určuje odpor  $R_4$  zapojený mezi výstup a invertující vstup, neinvertující vstup je spojen se svorkou 7 přes odpor  $R_3$ .

Napětí  $U_a$  se srovnává pomocí druhého zesilovače B s napětím  $U_s$  společné sběrnice S, již jsou propojeny všechny svorky 8 paralelně zapojených zdrojů. K invertujícímu vstupu zesilovače B se přivádí napětí  $U_a$  přes odpor  $R_6$  a k neinvertujícímu vstupu napětí  $U_s$  přes odpor  $R_5$ . Zesílení zesilovače B určuje odpor  $R_7$  spojující výstup s invertujícím vstupem.

Referenční napětí napájecího zdroje  $U_n$  je přivedeno ke svorce 5 regulačního obvodu a přes odpor  $R_9$  se přivádí na svorku 4 spojenou se vstupem komparačního zesilovače zdroje. Ke svorce 4 je také připojen výstup zesilovače B přes odpor  $R_8$ .

Neinvertující vstup třetího zesilovače C je spojen odporem  $R_{11}$  se svorkou 5, invertující vstup je propojen odporem  $R_{10}$  s výstupem zesilovače B. Zesílení zesilovače C určuje odpor  $R_{12}$  zapojený mezi výstupem a invertujícím vstupem. Výstupní napětí  $U_c$  zesilovače C se zavádí přes diodu D na výstupní svorku 6, která je spojena odporem  $R_{13}$  se zemní svorkou 7.

Na obr. 2 je znázorněno zapojení regulačního obvodu RO do sestavy napájecího zdroje. Původní spojení zdroje referenčního napětí RN s komparačním zesilovačem KZ [značeno čárkovaně] se přeruší, zdroj referenčního napětí RN se spojí se svorkou 5 regulačního obvodu RO a vstup komparačního zesilovače KZ se spojí se svorkou 4 regulačního obvodu RO. Dále se přeruší zemní vodič napájecího zdroje a oba konce se připojí ke svorkám 1 a 2 regulačního obvodu RO.

Funkce samostatně pracujícího napájecího zdroje se připojením regulačního obvodu nezmění. Na svorce 3 bude napětí  $U_a$  odpovídající hodnotě výstupního proudu zdroje. Vzájemné propojení zesilovačů B a C vytváří vlivem uzavřené smyčky zpětné vazby obvod s jednotkovým ziskem, takže na výstupní svorce 6 bude napětí  $U_s = U_a$ .

Současně se bude udržovat výstupní napětí  $U_b$  zesilovače B na stejné hodnotě, jakou má zdroj referenčního napětí  $U_n$  na svorce 5, takže bude  $U_b = U_n$ . Proto přes odpory  $R_8$  a  $R_9$  nepoteče žádný proud a napětí  $U_k$  na svorce 4 bude stejné jako na svorce 5, tedy  $U_k = U_n$ . Výstupní napětí samostatného napájecího zdroje se tedy nezmění.

Na obr. 3 je znázorněno spojení napájecích zdrojů  $Z_1, Z_2$  až  $Z_n$  obsahujících regulační obvod do sestavy s paralelním provozem. Vstupní svorky 8, 9 všech zdrojů  $Z_1, Z_2$  až  $Z_n$  jsou paralelně propojeny, stejně tak výstupní svorky. Dále jsou propojeny svorky 5 regulačních obvodů sběrnici S.

Funkce regulačního obvodu bude vysvětlena na dvou paralelně spojených zdrojích  $Z_1$  a  $Z_2$ . Předpokládejme, že výstupní napětí samostatného zdroje  $Z_2$  je vyšší než výstupní napětí zdroje  $Z_1$ . Proto po paralelním spojení bude výstupní proud zdroje  $Z_2$  rovněž větší než proud zdroje  $Z_1$ . Protože výstupy třetích zesilovačů C regulačních obvodů obou zdrojů  $Z_1$  a  $Z_2$  jsou propojeny na společnou sběrnici S přes diody D, bude napětí  $U_s$  sběrnice S odpovídat proudu tohoto zdroje, jehož hodnota bude větší. V tomto případě proudu zdroje  $Z_2$ , tedy  $U_s = U_a$ .

Napětí  $U_s$  se zavádí přes odpor  $R_5$  na neinvertující vstup druhého zesilovače B zdroje  $Z_1$ , k jehož invertujícímu vstupu je přivedeno napětí  $U_a < U_s$  přes odpor  $R_6$ . Proto se na výstupu tohoto zesilovače B objeví napětí  $U_b$ , úměrné rozdílu vstupních úrovní a přes odpory  $R_8$  a  $R_9$  začne protékat proud, který na odporu  $R_9$  vytvoří úbytek napětí

$$U_d = (U_b - U_n) \cdot \frac{R_9}{R_8 + R_9}$$

Napětí  $U_d$  se přičítá k hodnotě referenčního napětí zdroje  $Z_1$ . Vyšší hodnota korigovaného referenčního napětí  $U_k = U_n - U_d$  způsobí zvýšení výstupního napětí zdroje  $Z_1$  a tedy i jeho výstupního proudu. Tím však současně poklesne výstupní proud zdroje  $Z_2$ , sníží se napětí  $U_s$  sběrnice S a obvod se ustálí při stejné velikosti výstupních proudů.

Podobný děj bude probíhat i při větším počtu paralelně spojených zdrojů. Všechny zdroje s nižším výstupním proudem než jaký dodává zdroj s nejvyšším výstupním napětím budou regulovány tak, aby jejich výstupní napětí se zvýšilo na hodnotu, která odpovídá stejným výstupním proudům.

Rozsah regulace však musí být omezen pouze na rozmezí povolené odchylky od jmenovité hodnoty výstupního napětí, aby při případné poruše některého zdroje nedošlo ke stržení výstupního napětí ostatních zdrojů mimo povolenou toleranci. Omezení rozsahu regulace se dosahuje volbou velikosti odporu  $R_8$ , který spolu s maximálně

možnou hodnotou výstupního napětí druhého zesilovače B určuje nejvyšší odchylku

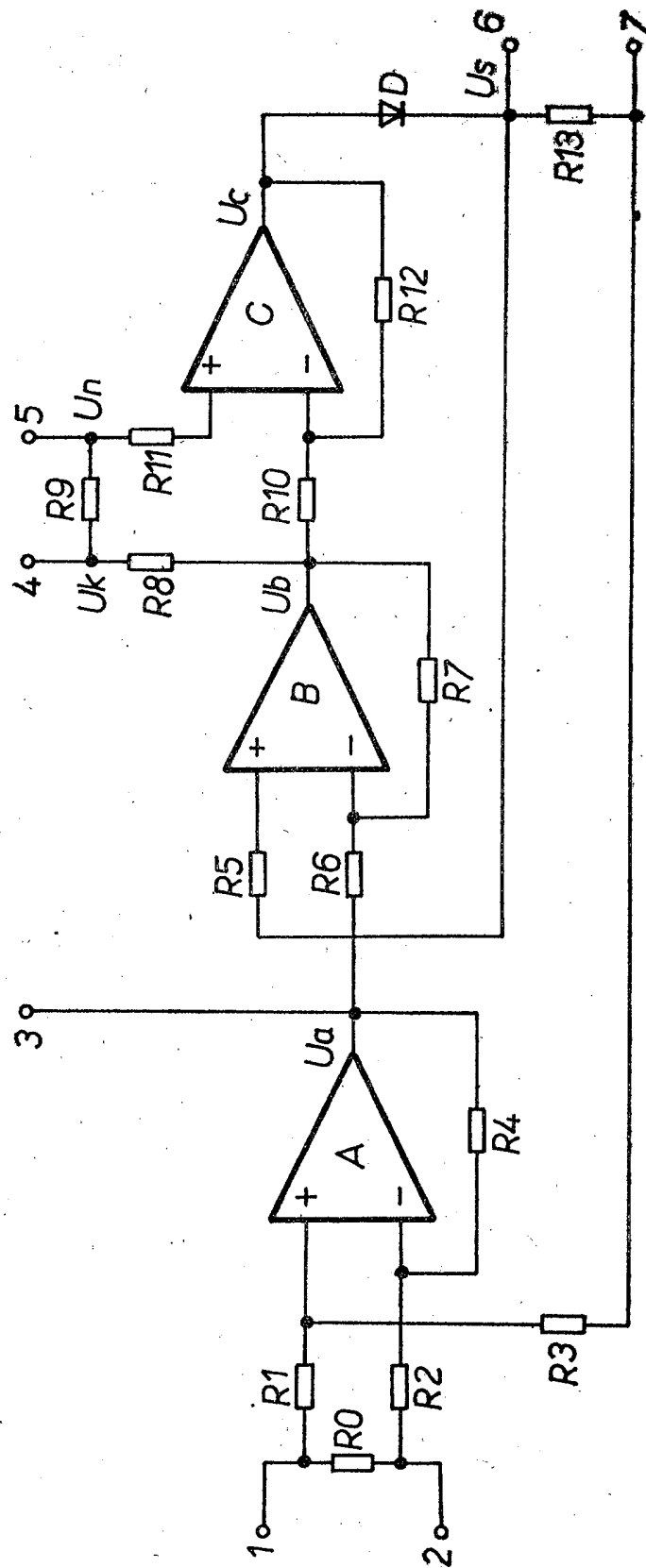
napětí  $U_d$ . Po dosažení této hranice se výstupní napětí zdroje již dále nemění.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

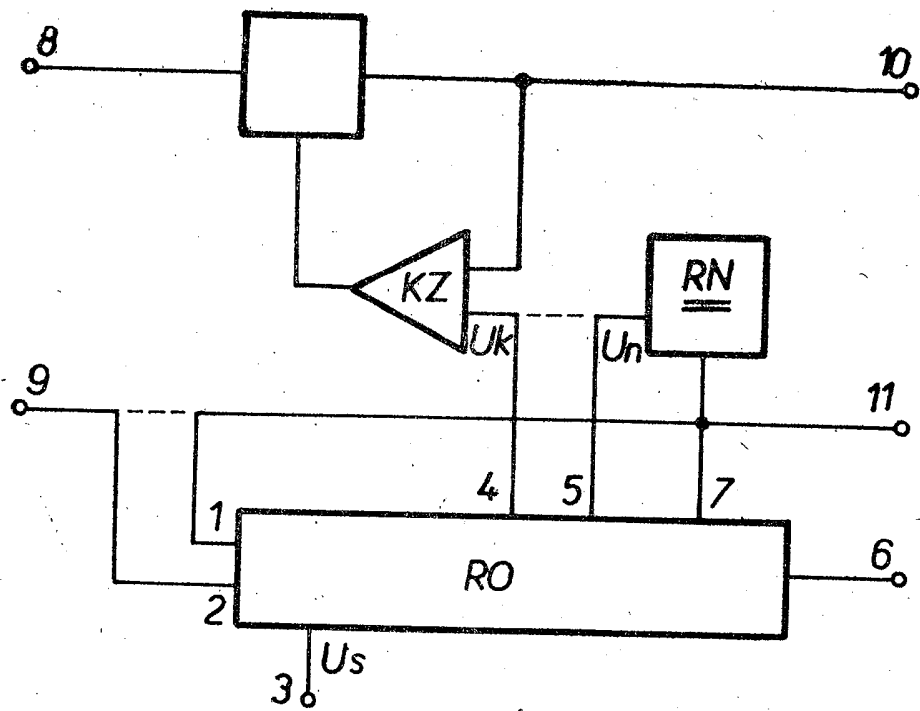
Zapojení regulačního obvodu paralelně zapojených stabilizovaných napájecích zdrojů, pro rovnoměrné rozdělení jejich výstupních proudů, vyznačené tím, že mezi vstupními svorkami (1, 2) je zapojen snímací odpor (R<sub>0</sub>), první vstupní svorka (1) je přes první odpor (R<sub>1</sub>) připojena k neinvertujícímu vstupu prvního zesilovače (A), druhá vstupní svorka (2) je přes druhý odpor (R<sub>2</sub>) připojena k invertujícímu vstupu prvního zesilovače (A), jehož výstup (3) je připojen jednak zpět přes třetí odpor (R<sub>4</sub>) k invertujícímu vstupu prvního zesilovače (A), jednak přes čtvrtý odpor (R<sub>6</sub>) k invertujícímu vstupu druhého zesilovače (B), k jehož neinvertujícímu vstupu je přes pátý odpor (R<sub>5</sub>) připojena výstupní svorka (6) a jehož

výstup je připojen jednak zpět k jeho invertujícímu vstupu přes šestý odpor (R<sub>7</sub>), jednak přes sedmý odpor (R<sub>8</sub>) ke svorce (4) korigovaného referenčního napětí, jednak přes osmý odpor (R<sub>10</sub>) k invertujícímu vstupu třetího zesilovače (C), k jehož neinvertujícímu vstupu je připojena přes devátý odpor (R<sub>11</sub>) svorka (5) referenčního napětí, která je spojena přes desátý odpor (R<sub>9</sub>) se svorkou (4) korigovaného referenčního napětí, výstup třetího zesilovače (C) je připojen jednak zpět k jeho invertujícímu vstupu přes jedenáctý odpor (R<sub>12</sub>), jednak přes diodu (D) k výstupní svorce (6), propojené dvanáctým odporem (R<sub>13</sub>) se zemní svorkou (7), která je spojena přes třináctý odpor (R<sub>3</sub>) s neinvertujícím vstupem prvního zesilovače (A).

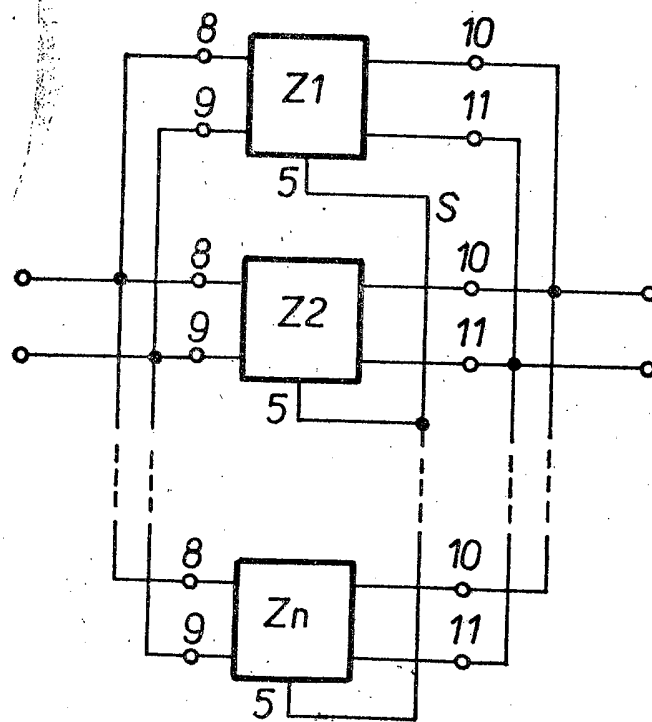
2 listy výkresů



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3