

## Soros feszültségstabilizátorok dinamikus paramétereinek meghatározása

ETO 621.316.722.1.062.2.001.2

A soros típusú stabilizátorokat az elérhető nagy stabilitás miatt — rossz hatásfokuk ellenére is — széles körben alkalmazzák. Cikkünkben egyszerű és gyors méretezést közlünk, amely a visszahatási paramétert, valamint a káros és hasznos vezérléseket is figyelembe veszi.

Ábra alapján határozhatjuk meg. Az 1b ábrán a hiba-jel-erősítő kimenetét három soros generátor és az  $R_b$  ellenállás reprezentálja. A soros áteresztő elemet a szokásos földelt emitteres  $h$  paraméteres helyettesítő képpel vettük figyelembe úgy, hogy a kollektor-emitter között Norton-Thévenin átalakítást végeztünk. Az 1b ábra alapján írhatjuk:

A soros típusú stabilizátor stabilitási tényezője

Az áteresztő stabilizátor stabilitási tényezőjét az 1.

$$\Delta u_b = \frac{i}{h_{22}} + i_b \frac{h_{21}}{h_{22}} + \Delta u_t \quad (2.1)$$

$$i_b = \frac{\Delta u_t + A_0 \alpha_b \Delta u_t + A_0 \alpha_b \Delta u_b + h_{12} (\Delta u_b - \Delta u_t) - A_0 \alpha_b' k \Delta u_b^*}{h_{11} + R_b} \quad (2.2)$$

$$i = i_b + i_t = i_b + \frac{\Delta u_t}{R_t} \quad (2.3)$$

$$k = \frac{\Delta u_b^*}{\Delta u_b} \quad (2.4)$$

Az előző három egyenletből a stabilitási tényező értéke

$$S_b = \frac{\Delta U_t}{\Delta U_b} = \frac{i + (A_0 \alpha_b' k - h_{12} + A_0 \alpha_b) \frac{h_{21} + 1}{(h_m + R_b) h_{22}}}{1 + \frac{1}{h_{22} R_t} + (1 + A_0 \alpha_t - h_{12}) \frac{h_{21} + 1}{(h_{11} + R_b) h_{22}}} \quad (2.5)$$

Tételezzük fel, hogy  $h_{12} \ll (1 + A_0 \alpha_t)$  és  $h_{21} \gg 1$ , kapjuk, hogy:

$$S_b \cong \frac{1 + (A_0 \alpha_b' k - h_{12} - A_0 \alpha_b) \mu}{1 + \frac{1}{h_{22} R_t} + (1 + A_0 \alpha_t) \mu} \quad (2.6)$$

ahol

$$\mu = \frac{h_{21}}{(h_{11} + R_b) h_{22}} \quad (2.7)$$

Vezessük be a hurokerősítést az alábbi módon:

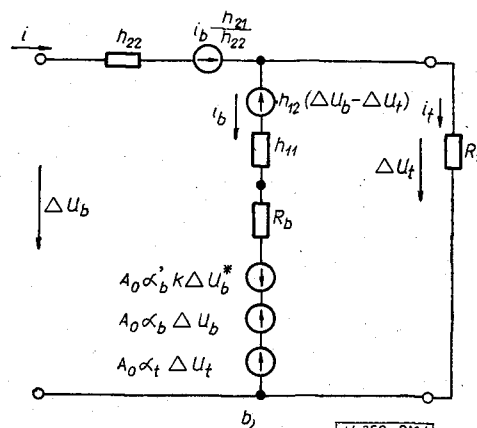
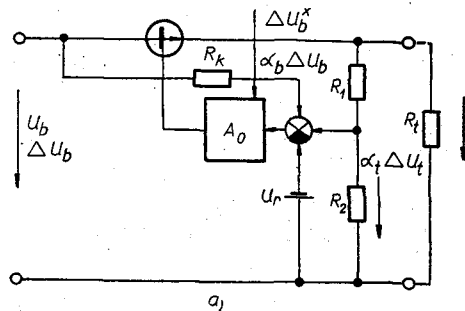
$$A_h = \frac{1}{h_{22} R_t} + (1 + A_0 \alpha_t) \mu \quad (2.8)$$

A kimeneti impedancia

$$R_{k1} = \frac{1/h_{22}}{1 + A_h} \cong \frac{1}{h_{22} A_h} \quad (2.9)$$

A képletekben alkalmazott jelölések:

- $A_0$  az erősítő terheletlen erősítése,
- $R_b$  az erősítő kimeneti impedanciája,
- $\alpha_t$  a kimeneti osztó osztási aránya (ha az erősítő bemenete terheli az osztót, ezt figyelembe kell venni),
- $\alpha_b'$  a bemenetre redukált káros vezérlés, tulajdonképpen az erősítő tápfeszültség-függése az erősítő bemenetére redukálva,



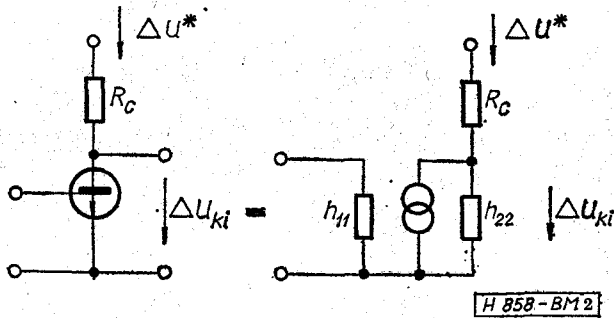
1. ábra

$\alpha_b$  a hasznos vezérlés az erősítő bemenetén. Az  $\alpha_b \Delta u_b$  szorzat megadja, hogy a  $\Delta u_b$  bemenőjel változásából mekkora feszültség jut az erősítő bemenetére. Értéke  $R_k$ -val állítható a kívánt értékre (1. ábra).

$h$  paraméterek: a soros áteresztő elem földelt emitteres  $h$  paraméterei.

**Hibajel-erősítő**

Soros stabilizátorokban hibajel-erősítőnek vagy IC erősítőt, vagy tranzisztorokból felépített erősítőt alkalmazhatunk. Integrált áramkör alkalmazása esetén a tápfeszültség-változásából eredő káros kimeneti jel keletkezik. E jel nagysága az erősítő elem tápfeszültség-függéséből határozható meg.



2. ábra

Tranzisztorokból felépített erősítő esetén is megjelenik egy káros kimenő jel, ha a tápfeszültség megváltozik. A 2. ábra alapján látható, hogy a tápfeszültség megváltozása az  $R_c$  kollektorellenállásból és a tranzisztor  $h_{22}$  vezetéseiből létrejövő osztón leosztódik:

$$\Delta u_{ki} = \frac{1/h_{22}}{R_c + 1/h_{22}} \Delta u_b^* \approx \Delta u_b^* \quad (3.1)$$

Az erősítő erősítése  $A_0$ , így a bemenetre redukált érték:

$$\alpha_b \Delta u_b^* \approx \frac{\Delta u_b}{A_0}, \quad \text{azaz} \quad \alpha_b \approx \frac{1}{A_0} \quad (3.2)$$

**A hibajel-erősítő táplálásának hatása**

Az erősítőt stabilizált feszültségről tápláljuk. Ekkor  $\Delta u_b^* = 0$ , így  $k = \Delta u_b^* / \Delta u_b = 0$ . Tételezzük fel továbbá, hogy hasznos vezérlést nem alkalmazunk, vagyis  $\alpha_b = 0$ . A (2.6) képletben hanyagoljuk el a  $h_{12}$  és az  $1/h_{22} R_2$  tagokat. Ekkor a stabilitási tényező:

$$S_b = \frac{1}{1 + \mu(1 + A_0 \alpha_t)} \approx \frac{1}{\mu A_0 \alpha_t} \quad (4.1.1)$$

Bizonyítható, hogy ez az érték az elméletileg elérhető maximális stabilitás.

Az erősítőt a bemenő feszültségről tápláljuk. Ez az elrendezési forma kis igényű, egyszerű stabilizátorok-

nál gyakran előfordul. Ekkor  $\Delta u_b^* = \Delta u_b$ , így  $k = \Delta u_b^* / \Delta u_b = 1$ . Az előző elhanyagolásokkal a (2.6) képlet most az alábbi lesz:

$$S_b = \frac{1 + \mu A_0 \alpha_b'}{1 + \mu(1 + A_0 \alpha_t)} = \frac{1 + \mu A_0 \alpha_b'}{\mu A_0 \alpha_t} \quad (4.2.1)$$

A számláló növekedése a stabilitás romlását jelenti. A gyakorlatban sokszor igaz, hogy  $\mu A_0 \alpha_b' \gg 1$ , ekkor

$$S_b = \frac{\alpha_b'}{\alpha_t} \quad (4.2.2)$$

A káros vezérlés tehát nagymértékben csökkenti a stabilitást és határesetben a stabilitási tényező független lesz a hurokerősítéstől.

**A hasznos vezérlés (kompenzálás) hatása**

Hasznos vezérlés alkalmazásának csak akkor van értelme, ha létezik káros vezérlés is, azaz  $k \neq 0$ . A hasznos vezérlésre jellemző  $\alpha_b$  tényező megfelelő megválasztásával elérhető az  $S_b = 0$  eset, amikor a rendszer elvileg tökéletesen stabil. Ennek feltétele:

$$\alpha_b = k \alpha_b' + \frac{1}{A_0 \mu} \frac{h_{12}}{A_0} = k \alpha_b' \quad (5.1)$$

Mivel a rendszer hurokerősítése független a vezérlésektől, a kimeneti impedancia:

$$R_{ki} = \frac{1/h_{22}}{1 + A_h} = \frac{1/h_{22}}{1 + \frac{1}{h_{22} R_t} + \mu(1 + A_0 \alpha_t)} = \frac{1/h_{22}}{\mu A_0 \alpha_t} \quad (5.2)$$

**Méretezés**

A méretezés biztonságának növelése és az eredmények egyszerűsítése érdekében hanyagoljuk el a hurokerősítésben az  $1/h_{22} R_t$  tagot. Tételezzük fel továbbá, hogy hasznos vezérlést nem alkalmazunk. Vezérléssel ugyanis a hurokerősítéstől függetlenül zérussá tehető a stabilitási tényező. A fenti feltételeknek megfelelően a (2.6) képlet az alábbi módon egyszerűsödik:

$$S_b = \frac{1 + \mu(A_0 \alpha_b k - h_{12})}{1 + \mu(1 + A_0 \alpha_t)} \quad (6.1)$$

és a hurokerősítés:

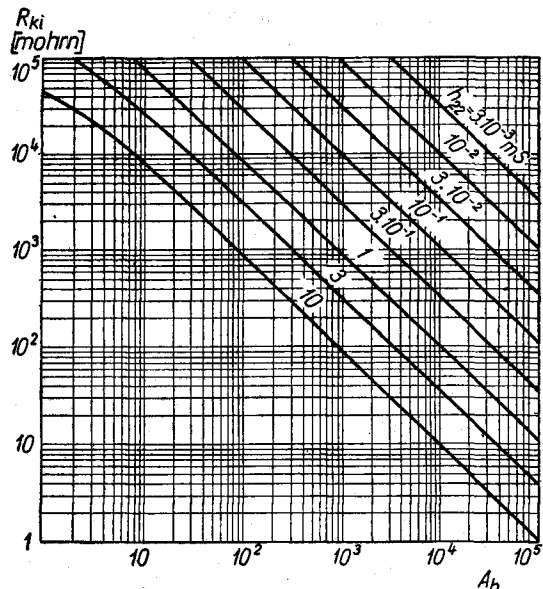
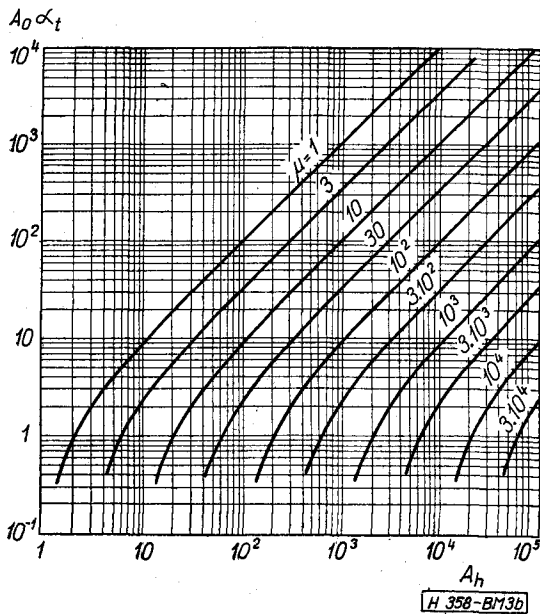
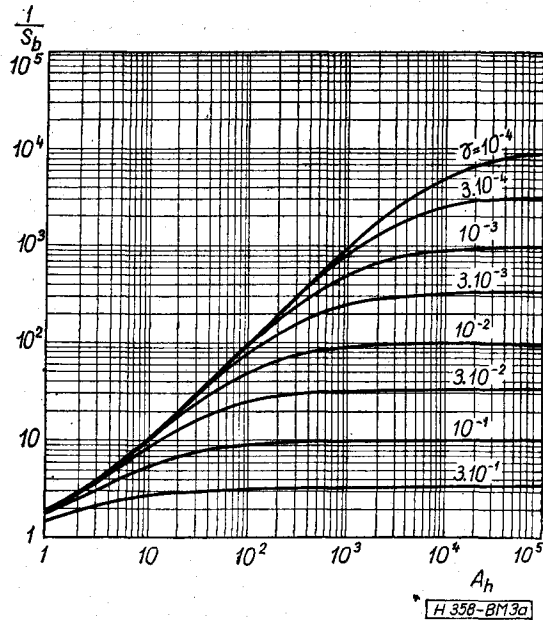
$$A_b = \mu(1 + A_0 \alpha_t) \quad (6.2)$$

Vezessük be a vezérlésre vonatkozó  $\gamma$  tényezőt az alábbi módon:

$$\gamma = \frac{A_0 \alpha_b' k - h_{12}}{1 + A_0 \alpha_t} \quad (6.3)$$

A (6.3)-at a (6.1)-be helyettesítve:

$$S_b = \frac{1 + \gamma A_b}{1 + A_b} \quad (6.4)$$



3. ábra

A méretezés egyszerűsítése érdekében az (5.2), (6.2) és (6.4) kifejezéseket görbéken ábráztuk (3. ábra). Méretezéskor a soros elem adatait a disszipáció alapján határozzuk meg. További kiinduló adat még a szükséges stabilitási tényező vagy kimeneti impedancia. A kimenő és a Zener-feszültségből  $\alpha_t$  tényező meghatározható. A szükséges stabilitásból a (6.1) képlet felhasználásával az  $A_0$  erősítés számítható.  $A_0$  ismeretében az (5.2) alapján számolható a kimeneti impedancia. Kiindulhatunk a kimenő impedanciából is. Ekkor (5.2)-ből a szükséges hurokerősítést határozhatjuk meg. A soros elem erősítési tényezőjének,  $\mu$ -nek ismeretében,  $h_{12}$  elhanyagolásával a (6.2) és (6.3)-ból a  $\gamma$  tényezőt határozhatjuk meg:

$$\gamma = \frac{\mu}{A_h} \quad (6.5)$$

A stabilitási tényező értéke (6.4)-ből, míg a szükséges erősítés (6.2) alapján számolható.

A fent leírt méretezési eljárás a 3. ábra görbéinek felhasználásával gyorsan és egyszerűen elvégezhető.

**Mérések**

Az előző pontban leírtak alapján méretezett stabilizátorokon (differenciál-erősítés és IC erősítővel felépített stabilizátoron) stabilitást és kimeneti impedanciát mértünk. A zavaró körülmények (drift stb.) kiküszöbölésére a méréseket dinamikusan, 70 Hz-en végeztük. Indikálásra szelektív voltmérőt használtunk.

Egyedileg bemértük a soros elem  $h$  paramétereit,

1. táblázat

**Differenciál-erősítés stabilizátor**

$A_0 = 20$   
 $R_b = 8 \text{ kohm}$

	$A_0 \alpha_t k$	mért	számolt	$h$
$\frac{1}{S_b}$	0,0	8330,0	8240,0	1,2%
$\frac{1}{S_b}$	0,9	12,5	12,2	2,3%
$R_{ki}$	0,0	203,0 mohm	185,0 mohm	9,7%
$R_{ki}$	0,9			

**Visszaesatolt integrált erősítés stabilizátor**

$A_0 = 68^*$   
 $R_b = 68 \text{ ohm}$

	$\alpha_t k$	mért	számolt	$h$
$\frac{1}{S_b}$	0,0	130 000	142 000	8,3%
$\frac{1}{S_b}$	$5,75 \times 10$	7 690	8 420	8,7%
$R_{ki}$		26,8 mohm	25,0 mohm	7,2%

\* Az integrált erősítő erősítését negatív esatolással csökkenteni kellett, hogy még mérhető stabilitási tényezőt kapjunk.

(Darlington-kapcsolás), majd az eredő paramétereiket számoltuk és mértük is.

Minden mérést számítással ellenőriztünk a (2.5) és (5.2) összefüggéseinkkel. Az eredmények összefoglalása az 1. táblázatban látható.

I R O D A L O M

[1] Gaupner, H. A. Jr., — Harnden I. D. Jr., — Quarriet A. M.: Power supply aspects of semiconductor equipment. IEEE Spectrum, Vol. 8, No. 10, p. 32—43.

[2] Krinke H. E.: Ein Verfahren zur Dimensionierung stabilisierter transistorisierter Netzgeräte unter Berücksichtigung von Regelbereich und Nichtlinearitäten. Radio-Fernsehen-Elektronik, Vol. 18. No. 21—22, p. 726, 761.

[3] Kühne, W.: Konstantspannungsquelle. Felngerätetechnik, Vol. 19, No. 2, p. 83—87.

[4] Williams, P.: A DC regulator for low voltages. Electronic Engineering, Vol. 42, March, 1970. p. 41—43.

[5] Williams, W. H.: An IC medium power voltage regulator. IEEE Spectrum, Vol. 6, No. 2, p. 72.