

Zisić Jovan
 Institut "Mihailo Pupin"
 Beograd, Volgina 15

SAOPŠTENJE

AUTOMATSKA REGULACIJA NIVOA
 PRIMENOM ANALOGNIH MNOŽAČA

*AUTOMATIC LEVEL CONTROL WITH
 THE APPLIED ANALOG MULTIPLIERS*

SADRŽAJ - U saopštenju je opisana praktična realizacija sklopa za automatsku regulaciju nivoa. Sklop je namenjen regulaciji nivoa govornog signala u uredjaju sa frekvencijskim multipleksom. Primenjen je tip "regulacije unapred" korišćenjem analognog množačkog integrisanog kola. Razmatrani su problemi vezani za specifičnost realizacije. Rezultati vršenih ispitivanja ukazuju na moguće polje primene ovih kola u slučajevima gde se ne zahteva opseg regulacije veći od 30dB.

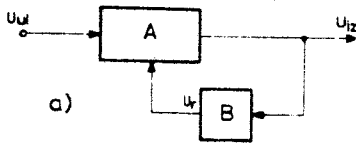
ABSTRACT - *The paper describes a practical realization of an automatic level control (ALC) unit. It has been intended for ALC voice signal in FDM equipment. An ALC unit is of a "forward - control" type, based on analog multiplier integrated circuit. The problems introduced with a particular realization have been considered. It has been indicated by experimental results that presented solution is applicable in cases where required level range does not exceed 30dB.*

1. UVOD

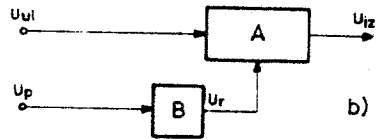
U sklopu projekta multipleksnog uredjaja TGT 1+6/S namenjenog prenosu govornog i šest telegrafskih signala preko standardnog telefonskog kanala, predviđena je automatska regulacija nivoa u govornom traktu. Postavljen je zahtev za opsegom regulacije od 3Npuz dozvoljenu varijaciju nivoa regulisanog signala ne veću od ± 1 dB. Imajući u vidu zahteve serijske proizvodnje, u toku razvoja sklopa posebna pažnja je posvećena iznalaženju relativno jednostavne šeme, smanjenju uticaja tolerancija elemenata na zahtevane karakteristike kao i mogućnosti jednostavnog podešavanja sklopa.

2. OPREDELJENJE

U sklopovima sa "regulacijom unazad" (sl. 1a), može se relativno jednostavnim šemama postići opseg regulacije od 60dB uz vrlo stabilan nivo regulisanog signala $\pm 1\%$. Neki od problema vezani za realizaciju ovog tipa regulacije jesu: kompresija dinamike, veliko kružno pojačanje sa opasnošću od oscilovanja, blokada regulacije pri preterano visokom nivou ulaznog signala, brzina regulacije, pojačanje šuma u odsustvu korisnog signala itd. Poslednji navedeni nedostatak



Sl. 1a



Sl. 1b

izaziva subjektivni osećaj prekida veze. Ublažavanje ili otklanjanje nedostataka vezano je često za razrešavanje oprečnih zahteva što doprinosi složenosti rešenja.

U sklopovima sa "regulacijom unapred" (sl. 1b) pomenuti problemi nisu izraženi. Iz složenog signala se ekstrahuje pilotski signal čiji nivo predstavlja kriterijum regulacije. Razlika nivoa pilotskog i govornog signala može varirati u vremenu što dovodi do grešaka u regulaciji. Pošto je u konkretnom slučaju, na frekventnom planu uređaja, frekvencija pilotskog signala locirana neposredno iznad opsega frekvencija govornog signala, to moguća varijacija frekvencijskih karakteristika kanala ima zanemarljiv efekat na regulaciju.

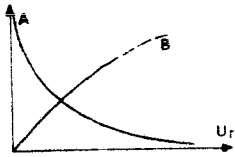
Pristup rešenju "regulacijom unapred" uvodi dva potencijalna problema:

- održavanje stalne razlike nivoa dva različita signala (n_{Uul} i n_{Up} , sl.1b)
- komplementarnost karakteristika podsklopova A i B.

Rešavanje prvog od pomenutih problema nalaže strožije zahteve u pogledu pouzdanosti i dugovremenske stabilnosti karakteristika govornih i pilotskih sekcija u uređaju.

Drugi problem vezan je za tehničku realizaciju sklopa. Pri definisanoj funkcionalnoj zavisnosti pojačanja od veličine regulacionog signala u_r podsklopa A, prenosna funkcija podsklopa B je jednoznačno određena (sl. 2)

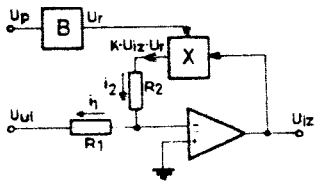
U slučaju jednostavne funkcionalne zavisnosti pojačanja, kakva je linearna, lako se pokazuje da je potrebno realizovati hiperboličnu funkciju u podsklopu B. Zatev za većim opsegom regulacije implicira zahtev za aproksimacijom funkcije u većem broju tačaka. Kako veći raspon dinamike uključuje režime niskih radnih nivoa, javlja se ideja o iznalaženju rešenja upotrebom kvalitetnih analognih integrisanih kola.



Sl. 2

3. JEDNO REŠENJE

Primenom analognog množača u konfiguraciji delitelja prikazanoj na sl. 3 moguće je relativno jednostavnom realizacijom podsklopa B ostvariti konstantan



Sl. 3

izlazni nivo u_{Uiz} . Filtriranjem složenog signala (govorni, telegrafski i pilot) se dobija signal govora u_{u1} i pilotski signal u_p . Ako signal govora ima oblik:

$$u_{u1} = u_{u1}(t) = U_{u1} \cos \omega_g t$$

a pilotski signal:

$$u_p = u_p(t) = U_p \cos \omega_p t$$

odnos ovih signala na ulazu u sklop za regulaciju dat je relacijom:

$$U_p = K_1 U_{u1} \tag{1}$$

Na izlazu podsklopa B ima se jednosmerni napon dat relacijom:

$$U_r = K_2 U_p \tag{2}$$

gde je K_2 koeficijent transformacije amplitude pilotskog signala u jednosmerni regulacioni signal.

Ako se na jedan ulaz množača dovede regulacioni signal U_r a na ulazni priključak pojačavača signal u_{u1} , tada je

$$\frac{K u_{iz} U_r}{R_2} = - \frac{U_{u1}}{R_1} \tag{3}$$

odnosno

$$u_{iz} = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{K} \frac{U_{u1}}{U_r} \tag{4}$$

Neka je

$$\frac{R_2}{R_1} = K_3 \quad (5)$$

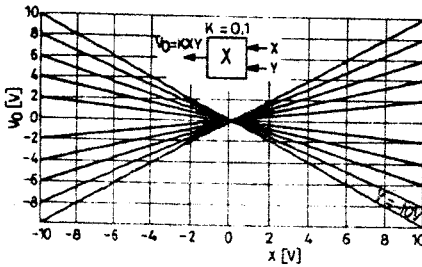
relacija (4) dobija oblik:

$$u_{iz} = -\frac{K_3}{K} \frac{1}{K_1 K_2} \quad (6)$$

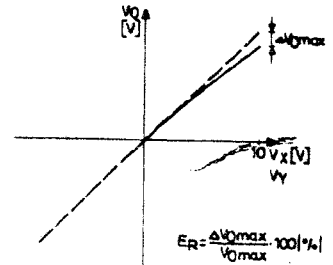
Pogodnim izborom konstanti, ostvaruje se željeni nivo regulisanog signala u_{iz} .

4. ANALOGNI MNOŽAČ

Kao analogni množač upotrebljeno je integrirano kolo tipa 1595 /2/, /3/.
 Prenosna funkcija kola prikazana je na sl. 4. Odstupanje linearnosti (sl. 5) u



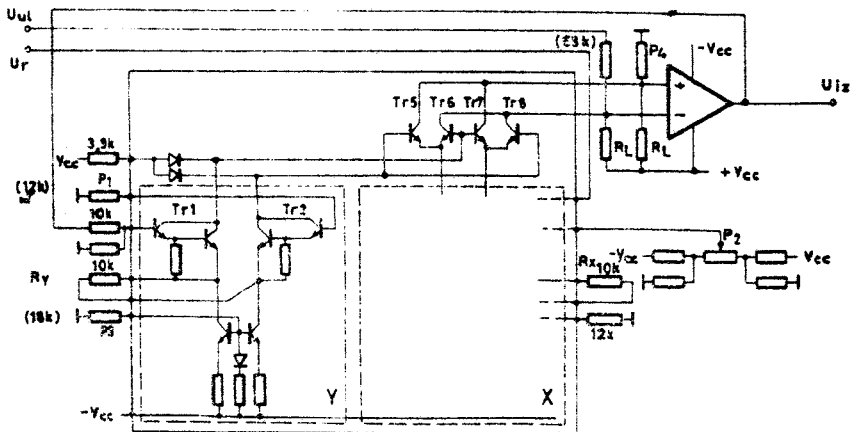
Sl. 4



Sl. 5

raspunu -10V do +10V u temperaturnom opsegu 0-50°C ne prelazi 1,5%.

Električna šema kola delitelja prikazana je na sl. 6. Uokvireno je predstavljena principna šema kola množača.



Sl. 6

kolo množača se sastoji od simetričnih ulaznih diferencijalnih pojačavača (na sl. 6 prikazan je samo ulazni stepen Y). Funkcija množenja ostvarena je u izlaznom diferencijalnom pojačavaču ($T_{r5} - T_{r8}$) u kome je strujni izvor emitorskih struja kontrolisan X ulaznim pojačavačem. Priključenim elementima se postiže podešavanje radnog režima aktivnih elemenata u integrisanom kolu kroz doziranje struje strujnih izvora, kolektorsko opterećenje pojedinih stepena, kompenzaciju ulazne nesimetrije (offset) itd, što pruža mogućnost prilagodjavanja karakteristika specifičnostima primene /5/.

Medjusobna zavisnost karakteristika pojedinih stepena uslovljava postupak proračuna okolnih elemenata. Primenjeni postupak se odvijao prema sledećem redosledu:

- selekcija faktora množenja
- izbor vrednosti R_x i R_y (sl. 6) pri definisanoj maksimalnoj vrednosti ulaznih signala
- odredjivanje vrednosti kolektorskih otpornika izlaznog stepena
- provera karakteristika za usvojene napone napajanja
- izbor elemenata za kompenzaciju ulazne nesimetrije

Po iznalaženju vrednosti okolnih elemenata pristupilo se podešavanju kola pomoću četiri priključena potenciometra. Obzirom da se podešavanje vrši u zatvorenoj petlji, potrebno je sprovesti više puta proceduru podešavanja. Primenjena procedura se odvijala prema sledećem redosledu:

- kompenzacija ulazne nesimetrije operacionog pojačavača
potencijometrom P_4 (sl. 6) se pri $u_{u1}=0$ iznalazi onaj položaj pri kome je $u_{iz}(u_r) = \text{const.}$
- kompenzacija ulazne nesimetrije Y ulaza
potencijometrom P_1 se pri $u_{u1} = 10V$ i $u_{u1}=0$ iznalazi položaj pri kome je $u_{iz}=0$.
- kompenzacija ulazne nesimetrije X ulaza
potencijometrom P_2 se iznalazi položaj pri kome je za svaku vrednost $u_{u1}=u_r$ u opsegu 0.01 - 10V, $u_{iz}(u_{u1}, u_r) = \text{const.}$
- podešavanje faktora množenja
potencijometrom P_3 se iznalazi položaj pri kome je $u_{iz}=10V$.

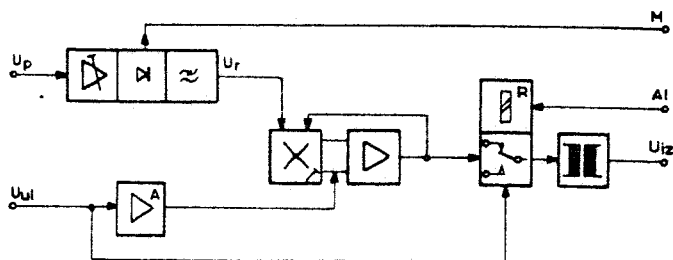
Obzirom na dodatna kola za prilagodjavanje nivoa i obrazovanje regulacionog signala u sklopu regulatora, ovakav postupak podešavanja bi u postupku umeravanja bio nepogodan. U cilju eliminacije potenciometara, pristupilo se utvrdjivanju uticaja pojedinih elemenata na sveukupne karakteristike delitelja. Iznadjene su optimalne vrednosti otpornosti i svi potenciometri, izuzev P_2 zamenjeni su otpornicima čije su vrednosti na sl. 6 date u zagradama. Pokazalo se da dekompenzacijom simetrije X ulaza se može naći optimum u pogledu varijacije regulisanog signala i izobličenja unutar opsega regulacije. Time su zahtevi za:

- odredjenim opsegom regulacije
- minimiziranjem greške nelinearnosti.
- minimiziranjem izobličenja signala.

uz dopunske za što jednostavnijom procedurom podešavanja i što manjom osetljivošću na tolerancije elemenata svedeni na kompromis između varijacije regulisanog signala i izobličenja. Ovo se manifestuje uticajem nelinearnog režima aktivnih elemenata u području velikih signala, odnosno uticajem ulazne nesimetrije u području malih signala. Vrednosti elemenata naznačene na sl.6 predstavljaju lokalni optimum u odnosu na postavljene zahteve i mogućnosti kola.

5. BLOK ŠEMA

U cilju postizanja sprege delitelja sa okolinom upotrebljena su prilagodna kola za pojačanje signala i konverziju impedanse. Na slici 7 prikazana je blok šema realizovanog sklopa za regulaciju.



SI.7

Pilotski signal (U_p) se uvodi u dvostepeni pojačavač čije se pojačanje može regulisati. Posle ispravljanja u vršnom detektoru, signal se propušta kroz filter-propusnik niskih učestanosti u kome se potiskuje parazitna naizmenična komponenta signala. Dobijeni jednosmerni regulacioni signal uvodi se na jedan od ulaza kola za deljenje. Govorni signal u_{ul} se preko pojačavača A fiksnog pojačanja i ulazne impedanse 600 ohma uvodi na drugi ulaz kola za deljenje. Signal iz delitelja se preko kontakta relea i transformatora dalje prosledjuje kroz govorni trakt. Pri nominalnom prijemnom nivou govornog i pilotskog signala ukupno pojačanje sklopa jednako je jedinici.

Kada nivo pilotskog signala dostigne prag uključivanja alarma, aktivira se rele R čime se signal u_{ul} direktno prosledjuje na izlazni transformator. Prag delovanja regulatora postavljen je niže od praga uključivanja alarma tako da je u regularnom režimu rada uređaja očuvan kvalitet govornog signala.

Sklop sadrži dva elementa za podešavanje:

- jednim potencijetrom reguliše se karakteristika delitelja tako da

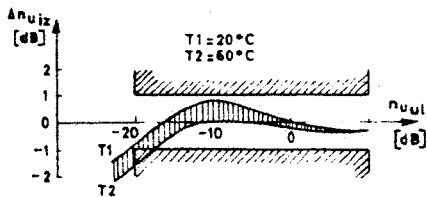
varijacija regulisanog signala ostane u datom gabaritu. Podešavanje se izvodi u toku postupka umeravanja uređjaja.

- Drugim potencijetrom reguliše se pojačanje pilotskog signala. U tu svrhu se koristi merna tačka M iz koje se signal uvodi u merno kontrolni sklop uređjaja. Podešavanje nivoa pilotskog signala vrši se u toku postupka podešavanja veze.

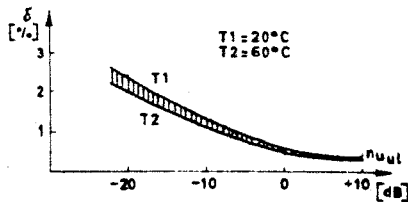
Sklop za regulaciju izveden je na štampanoj utičnoj pločici dimenzija 178 x 155 mm.

6. REZULTATI MERENJA

Na sl. 8 prikazana je varijacija nivoa regulisanog signala u zavisnosti od nivoa ulaznog sinusoidalnog test signala u temperaturnom opsegu od 20 - 60°C.



Sl. 8



Sl. 9

Premašenje koje postoji u obliku krive (sl. 8) prouzrokovano je dekompenzacijom ulazne nesimetrije X ulaza u cilju održanja varijacije regulisanog signala unutar gabarita.

Na slici 9 je prikazano izobličenje test signala u celom opsegu dinamike pri temperaturama od 20 - 60°C. Očigledno, pri porastu temperature, izazvana dekompenzacija se smanjuje što prouzrokuje izlazak krive van postavljenih gabarita i smanjenje izobličenja na niskim nivoima.

U strogim aplikacionim zahtevima, temperaturno kompenzovanim kolima i složenijom procedurom podešavanja delitelja, disperzija karakteristika na nižim nivoima može se smanjiti.

ZAKLJUČAK

Usvojeni tip "regulacije unapred" izrazio je svojstva kroz realizaciju sklopa za regulaciju primenom analognih množačkih integrisanih kola.

Opisanim rešenjem ostvaren je opseg regulacije od -20dBm do $+10\text{dBm}$ sa varijacijom regulisanih signala unutar $\pm 1\text{dB}$ u temperaturnom opsegu $20-60^\circ\text{C}$. Izobličenje test signala u datim rasponima nije prelazilo 2,5%.

Temperaturnom kompenzacijom i primenom složenije procedure podešavanja moguće je postići bolje performanse u datom temperaturnom opsegu.

Brzina regulacije nije kritičan parametar. Određena je vremenskom konstantom vršnog detektora i filtra i nezavisna je od funkcije deljenja.

U opisanoj aplikaciji, sa ne suviše strogim zahtevima u pogledu opsega regulacije, svojstva množača su došla do izražaja kroz relativno jednostavnu konfiguraciju sklopa. U procesu proizvodnje se ne postavljaju stroga ograničenja u pogledu izbora i tolerancije elemenata a umeravanje sklopa je pojednostavljeno.

U toku probnog rada uređaja u trajanju od 2 meseca, stabilnost karakteristika je bila u potpunosti očuvana.

LITERATURA

- 1/1/ Neil Heckt, "Automatic gain control has 60-dB range", Electronics, p.107, March 31, 1977 .
- 1/2/ Silicon General, Application Notes - Wideband Amplifier/Multiplier, 1977 .
- 1/3/ Motorola Linear integrated circuits: Specification and application information MC1595L, Semiconductor data library, vol 6/B, 1976.
- 1/4/ M.Spasić, B.Stojaković "Kontrolisani linearni pojačavač realizovan primenom optičke sprege fotootpornik - LED dioda", ETAN, Banja Luka, 1977.
- 1/5/ J.A.Connelly "Analog integrated circuits", New York : John Wiley & Sons 1975.