

VAJA 13. - MERITEV INTERMODULACIJE OJAČEVALNIKA V B RAZREDU

1. Izkoristek in popačenje močnostnih ojačevalnikov

Pri načrtovanju močnostnih ojačevalnikov za izhodne stopnje radijskih oddajnikov je zelo pomemben podatek električni izkoristek, to je razmerje med izhodno visokofrekvenčno močjo in vhodno enosmerno močjo. Električni izkoristek neposredno pogojuje porabo energije, ki je lahko omejena (baterijsko napajanje) oziroma zelo draga (oddajniki velikih moči). Izkoristek tudi določa količino toplote, ki se sprošča v izhodni stopnji oddajnika in s tem pogojuje izbiro in življensko dobo sestavnih delov močnostnega ojačevalnika.

Izkoristek je odvisen od fizikalne osnove delovanja ojačevalnika. V nekaterih ojačevalnikih izkoristka ne moremo spreminjati z različnimi pogoji delovanja, naprimer v elektronkah s hitrostno modulacijo snopa (klistron, TWT) oziroma v laserskih ojačevalnikih za svetlobne frekvence. Vsi ti ojačevalniki se na zunaj obnašajo kot ojačevalniki v "A" razredu, intermodulacijska popačenja pa preprosto opišemo s presečnimi točkami.

V aktivnih sestavnih delih, ki ojačujejo tudi enosmerne signale (vse vrste tranzistorjev, elektronke s krmilnimi mrežicami) imamo možnost izbire med majhnim popačenjem in dobrim električnim izkoristkom z nastavitvijo delovne točke. Izbira delovne točke ojačevalnika z bipolarnim tranzistorjem je prikazana na sliki 1. Podobne diagrame bi lahko narisali tudi za poljske tranzistorje (FET) in za elektronke s krmilnimi mrežicami.

Izkoristek ojačevalnika v "A" razredu običajno doseže največ 30% pri vršni izhodni moči in upada sorazmerno s trenutno izhodno močjo, saj je poraba ojačevalnika v "A" razredu nespremenljiva. Po drugi strani doseže ojačevalnik v "C" razredu izkoristek okoli 70%, vendar je zaradi visokega popačenja uporaben samo za ojačevanje signalov s konstantno ovojnico (naprimer v FM ali PSK oddajniku).

Delovno točko ojačevalnika v "B" razredu poskušamo postaviti v samo koleno odziva. V takšnih razmerah je popačenje signala sicer še vedno veliko, vendar lahko prenosno funkcijo razvijemo na linearni člen in sode člene višjih redov. Lihi členi tretjega in višjih redov, ki so odgovorni za intermodulacijsko popačenje, so v dobro načrtovanem ojačevalniku v "B" razredu razmeroma majhni.

Izkoristek ojačevalnika v "B" razredu dosega 50% pri polni izhodni moči in pri nižjih močeh upada počasneje, saj pri nižjem krmiljenju upada tudi poraba enosmerne moči. Večji izkoristek in manjša poraba energije pomenita daljšo življensko dobo baterij, nižjo ceno porabljene energije in uporabo manjših sestavnih delov v izhodni stopnji oddajnika. Ojačevalnik v "B" razredu lahko torej uspešno nadomesti ojačevalnik v "A" razredu, če le moremo pravilno izbrati delovno točko, da omejimo intermodulacijska popačenja.

Potek moči intermodulacijskega popačenja ojačevalnika v "B" razredu ni enostavna funkcija moči vhodnega signala, kot je to prikazano na sliki 2. Ojačevalnik v "B" razredu se obnaša "linearno" le v omejenem območju krmilne moči. Pri prevelikih krmilnih močeh gre ojačevalnik v zasičenje podobno kot ojačevalnik v "A" razredu. Delovanje ojačevalnika v "B" razredu se poruši tudi pri prenizkih vhodnih močeh, ko deluje ojačevalnik v samem kolenu prenosne funkcije.

V ojačevalniku v "B" razredu doseže razmerje med intermodulacijskim popačenjem in izhodno močjo najugodnejše vrednosti v omejenem pasu vhodnih moči. Dodaten pojav, ki se ga ne da prikazati na sliki 2, je odvisnost jakosti intermodulacijskih popačenj od razlike krmilnih frekvenc. Vzrok za to je v tokovih v napajalnih vodih (+U<sub>b</sub> in +U<sub>c</sub>), ki vsebujejo tudi komponente z razliko obeh frekvenc. Dušilke in nizkoprepustna sita v napajalnih vodih morajo biti zato načrtovani ne samo za enosmerne in visokofrekvenčne tokove, pač pa tudi za razlike frekvenc, ki se lahko tu pojavijo.

Primer ojačevalnika z izhodno stopnjo v "B" razredu je prikazan na sliki 3. Prva, krmilna stopnja ojačevalnika deluje v "A" razredu, saj tu izkoristek še ni tako pomemben. PNP tranzistor BC327 je uporabljen kot dioda z velikim I<sub>s</sub>, da dobimo primerno, temperaturno kompenzirano napetost +U<sub>b</sub> za nastavitve delovne točke izhodnega NPN tranzistorja BFR96S. Izkoristek prikazanega ojačevalnika je kljub "B" razredu razmeroma slab zaradi napajanja izhodne stopnje preko upora 100ohm. V pravem oddajniku bi bila namesto tega upora dušilka, vendar je takšna izhodna stopnja zelo občutljiva na napačno krmiljenje, ki lahko povzroči uničenje izhodnega tranzistorja.

## 2. Seznam potrebnih pripomočkov

-----

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Dva visokofrekvenčna izvora za področje 1-250MHz.
- (2) Tri 50ohmske nastavljive kalibrirane slabilce.
- (3) Merjenec - ojačevalnik 40dB v B razredu.
- (4) Dvojni napajalnik za ojačevalnik.
- (5) Miliampermeter za tok izhodne stopnje ojačevalnika.
- (6) Prilagojeni -6dB uporovni delilnik.
- (7) Visokofrekvenčni spektralni analizator 0-1GHz.
- (8) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 4.

## 3. Obrazložitev in opis poteka vaje

-----

Pri meritvah intermodulacijskega popačenja in presečnih točk se moramo zavedati, da lahko pride do popačenja ne samo v merjencu, pač pa v kateremkoli delu merilne opreme. Visokofrekvenčni izvori in spektralni analizator v svoji notranjosti vsebujejo nelinearne sestavne dele, ki lahko prav na enak način popačijo signale. Edini "zanesljiv" sestavni del so uporovni slabilci in druga pasivna vezja brez polprevodnikov in feromagnetnih jeder.

Izvor nelinearnega popačenja poiščemo tako, da v določeni točki vezja inštrumentov in merjencev vstavimo slabilec. Če ob vstavitvi slabilca ostane razmerje med željenimi signali in intermodulacijskimi produkti nespremenjeno, to pomeni, da se

nahaja izvor popačenja pred slabilcem. Če pa jakost intermodulacijskih produktov upade za večji faktor kot željeni signali, se nahaja izvor popačenja za vstavljenim slabilcem.

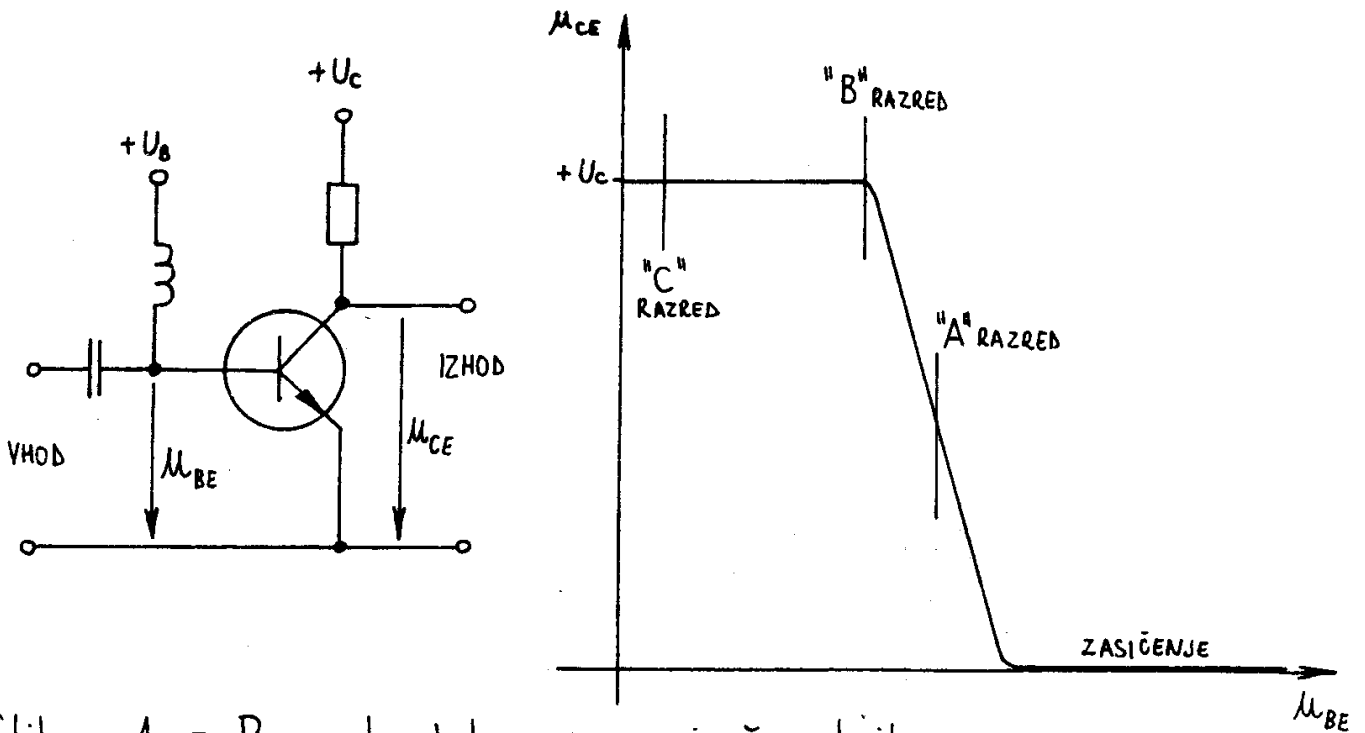
Merjenja, ojačevalnik preizkušamo tako, da ga krmilimo z dvema frekvencama  $f_1$  in  $f_2$ . Dva signala dobimo iz dveh visokofrekvenčnih izvorov, ki jih pa ne smemo naravnost vezati vzporedno. Pri preprosti vzporedni vezavi bi signal enega izvora zašel nazaj v drugi izvor in tam v nelinearnih sestavnih delih povzročil intermodulacijsko popačenje. Na vsak izvor zato najprej priključimo svoj slabilec in nato sestavljamo oslABLJENE signale v prilagojenem uporovnem delilniku.

Pri merjenju ojačevalnikov v "B" razredu nujno preverimo odvisnost jakosti intermodulacijskih produktov od razlike frekvenc  $f_1-f_2$ . To preprosto storimo tako, da pustimo frekvenco enega izvora nespremenjeno ter premikamo drugi izvor. Odvisnost od razlike frekvenc moramo preveriti pri različnih jakostih signalov. Končne meritve opravimo pri dovolj majhni razliki frekvenc, ko odvisnost od razlike frekvenc še ne pride do izraza.

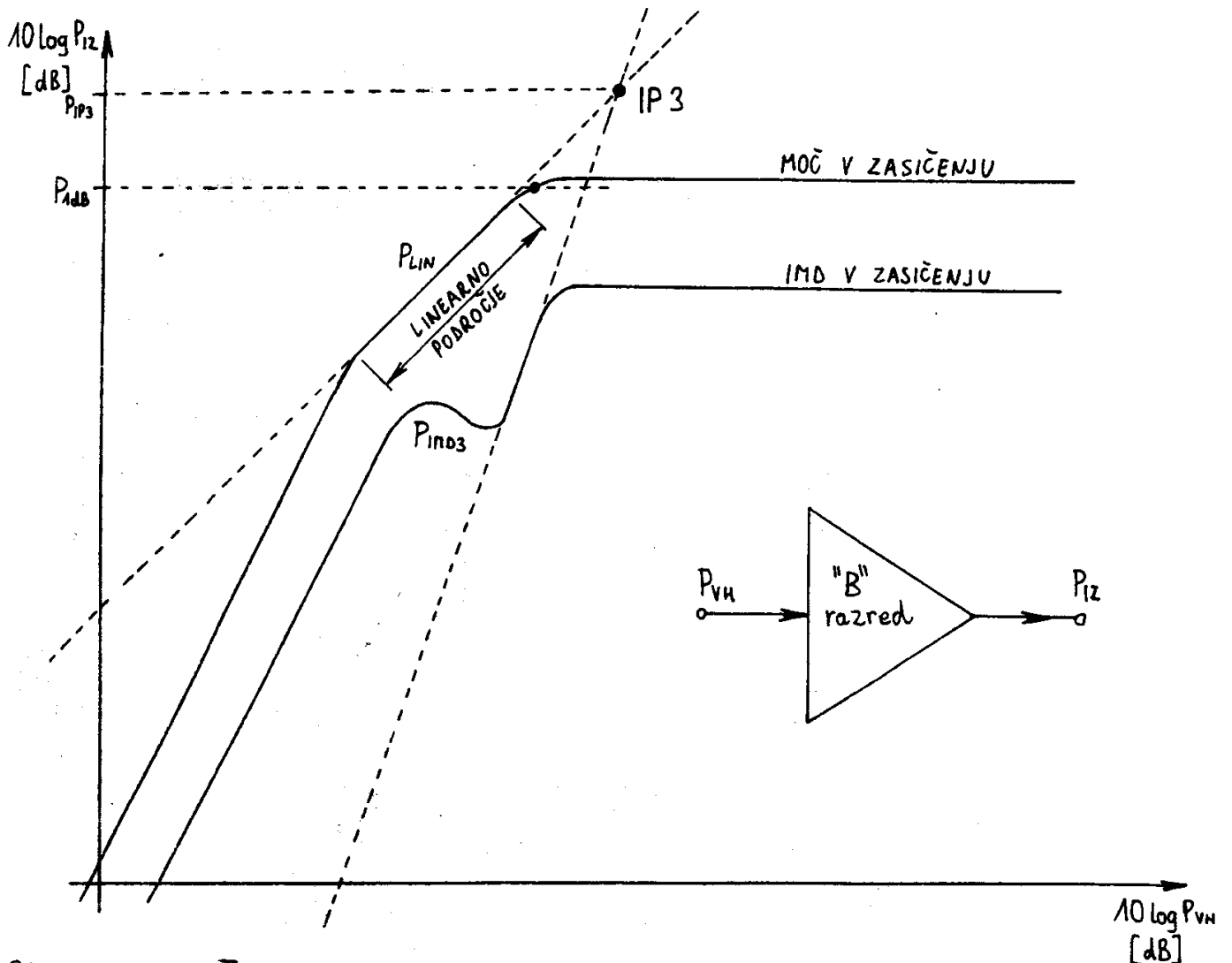
#### 4. Prikaz značilnih rezultatov

-----  
Za izvedbo vaje nastavimo izhodni moči obeh izvorov enaki. Nato obe moči vzporedno povečujemo in hkrati opazujemo tri veličine: linearno izhodno moč in intermodulacijsko popačenje na spektralnem analizatorju in porabo izhodne stopnje z miliampermetrom.

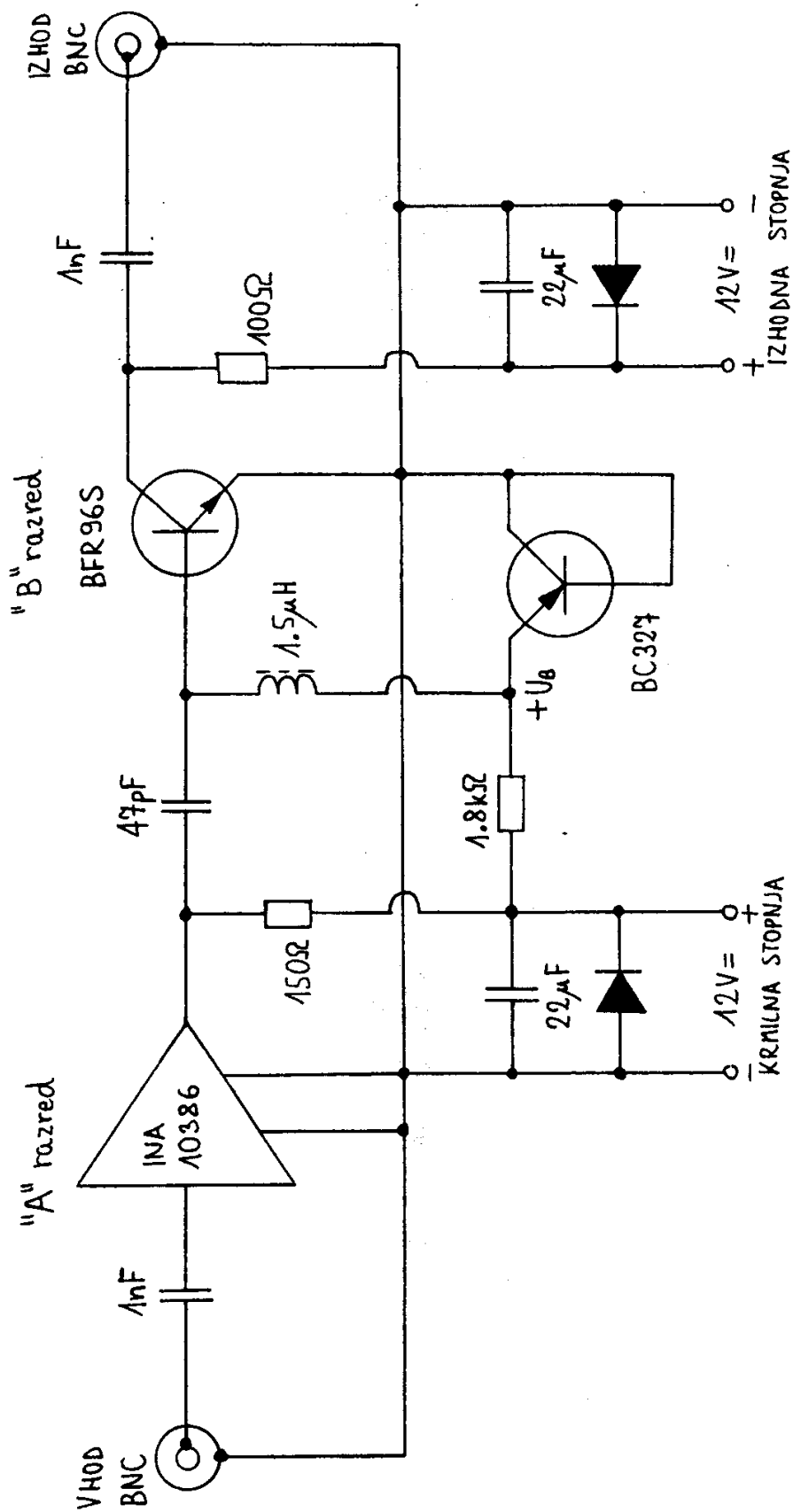
Končni rezultat vaje predstavimo z diagramom, podobnim sliki 2, kjer vrišemo krivulje za linearno izhodno moč, moč intermodulacijskega popačenja in enosmerno porabo izhodne stopnje.



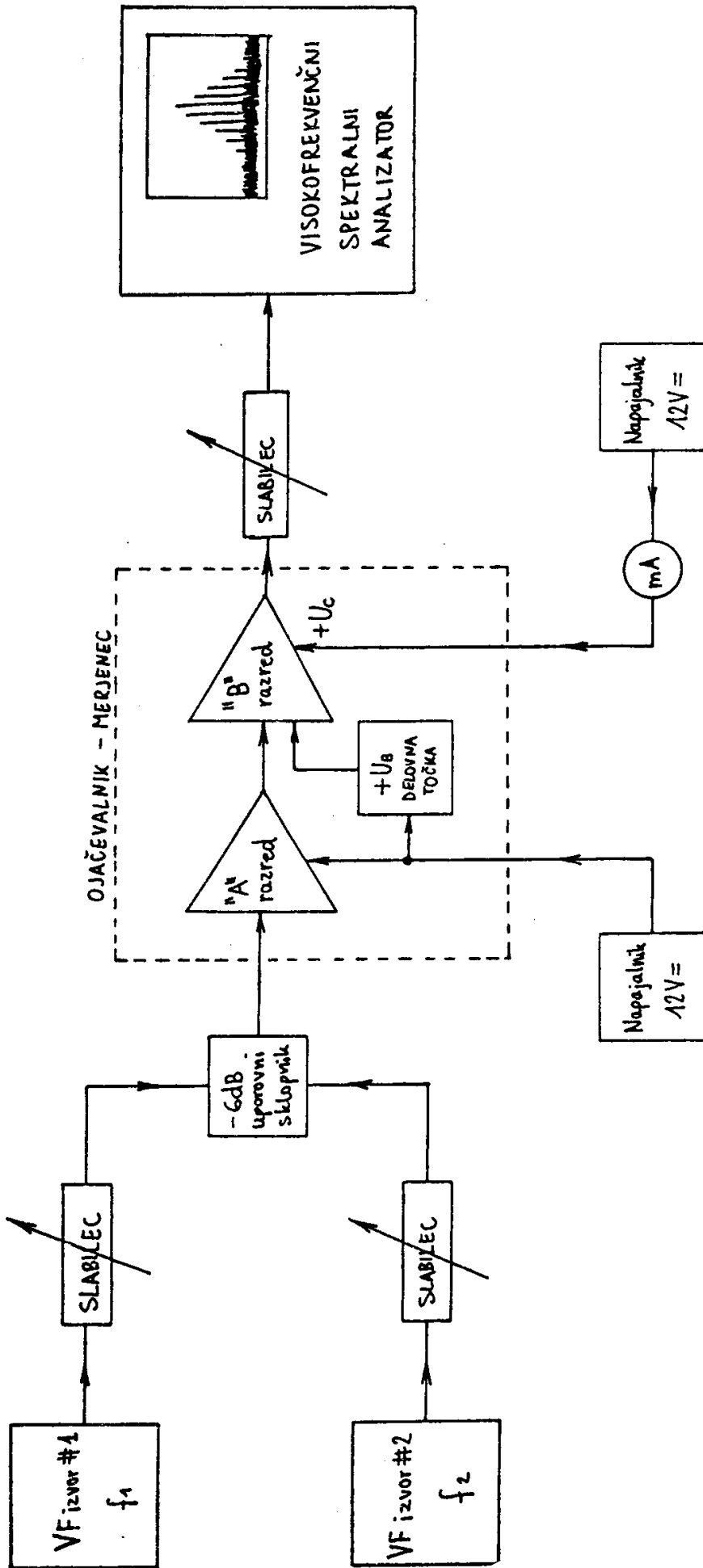
Slika 1 - Razred delovanja ojačevalnika.



Slika 2 - Intermodulacijsko popačenje ojačevalnika v B razredu.



Slika 3 - Ojačevalnik z izhodno stopnjo v "B" razredu.



Slika 4 - Razporeditev in vezava merilnih instrumentov.