

MALOŠUMNI ŠIROKOPASOVNI DIODNI MEŠALNIKI  
ZA VHF- IN UHF- PODROČJE

UVOD

Kot vemo, je z ozkopasovnimi mešalniki lažje doseči boljši faktor šuma kot s širokopasovnimi (1), ker je v prvem primeru potrebna le ozkopasovna prilagoditev vrat mešalnika z optimalni faktor šuma, v drugem primeru pa širokopasovna, ki je pa zopet tem težja, čim širokopasovnejši naj bi bil mešalnik. Ugodnosti, ki nam jih prinašajo širokopasovni mešalniki (n.pr. so zelo prikladni za merilno tehniko, enak tip je mogoče uporabiti v frekvenčno različnih sprejemnikih, pocenitev proizvodnje zaradi večje serije, poenostavitve servise zaradi več enakih sklopov itd.) pa so tolikšne, da v praksi pogosto opravičujejo za kakšen "dB" slabši faktor šuma od ozkopasovnih. Dalje je tudi jasno, da so vsestransko bolj uporabni oni malošumni mešalniki, ki zmorejo sprejeti brez popačenja čim višji vhodni signal (česta zahteva za vojaške sprejemnike) in ki imajo čim večje slabljenje med vrati (da signal lokalnega oscilatorja čim manj seva v anteno, da je dušenje medfrekvence do MF-vrat mešalnika čim večje itd.) ter čim manj signalov kombinacijskih frekvenc na izhodu mešalnika in da so ti čim bolj dušeni, od onih mešalnikov, ki vsega tega ne zmorejo ali pa ne v tolikšni meri. Za umerjanje v proizvodnji, vključevanje v sprejemnik (med razne filtre i.pd.), kontrolo v servisu itd.

je pogosto zelo prikladno, da je impedanca vrat mešalnika 50 Ohm-ska. Tudi dimenzije in teža so tu in tam zahtevane ali željene čim manjše (n.pr. mobilne aparature, aviacija ipd.). Mešalnik naj bo enostaven, lahko ponovljiv in stabilnih električnih karakteristik ter zanesljivega delovanja.

Navedeni razlogi (zahteve) in drugi (n.pr. za nas interesantno frekvenčno področje, večletne izkušnje, razvoj kvalitetnih polvodniških diod, maloizgubnih siferritnih materialov za VF itd.) so nas vodili v razvoju kvalitetnih malošumnih širokopasovnih diodnih mešalnikov za VHF- in UHF- področje v obročni oziroma balančni izvedbi, uporabljajoč "hot carrier diode". Ti mešalniki pa so nato lahko uporabljeni kot zaključeni podsklopi ali pa v neposredni zvezi z malošumnimi medfrekvenčnimi predojačevalniki kot enota mešalnik - MF-predojačevalnik. Ker mora biti MF ozkopasovna in določena (konkretna), je take kombinirane enote možno graditi samo za vnaprej določeno medfrekvenco (frekvenca, širina pasu, slabljanje filtra, ojačenje, ARO, vrsta uporabljenih transistorjev ipd.), kar pa nato olajša šumno prilagoditev MF-predojačevalnika na mešalnik in s tem omogoča še boljši faktor šuma take enote. Faktor šuma malošumnih MF-predojačevalnikov, ki jih navajamo znaša 1,5 dB za  $f_{MF}=35$  MHz. Dosegli smo že tudi 1,2 dB (junction PFT 2N4416, 2N3823), nižjih vrednosti faktorjev šuma pa s temi transistorji ni mogoče doseči, zato nameravamo v prihodnje poskusiti s PFT 2N5245, s katerim - tako reklamira proizvajalec TI - je mogoče na 35 MHz doseči faktor šuma pod 1 dB.

Reznih teoretičnih razglabljanj in izvajanj (n.pr. vpliv začetne zrcalne frekvence in izkrmiljenja diod na izgube v mešalniku oziroma na faktor šuma le-tega ipd.), ki so, razumljivo, nujno spremljala razvoj diodnih mešalnikov v svetu in pri

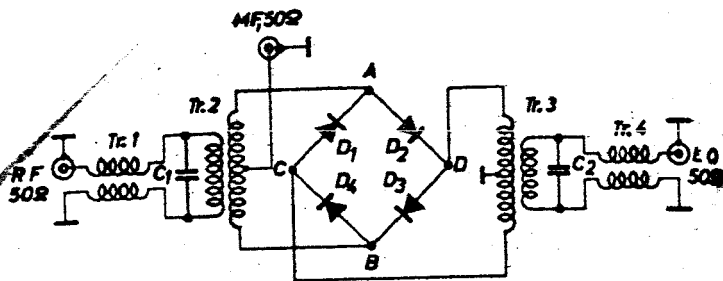
nas (1, 3), tokrat zaradi omejenega obsega članka ne bomo navajali. Zadovoljili se bomo le z navedbo in opisom nekaterih rezultatov, ki smo jih dosegli na področju tovrstnih (širokopasovnih!) diodnih mešalnikov. Še posebno zanimivost pa predstavlja malošumni širokopasovni miniaturni mešalnik za VHF-področje, saj je VHPM-1 namreč zelo široko uporaben podslop, ker nam more služiti kot: malošumni mešalnik, dvojni frekvenc, tokovno reguliran atenuator, fazni detektor, balančni modulator, amplitudni modulator ter impulzni modulator.

## REALIZACIJA IN REZULTATI

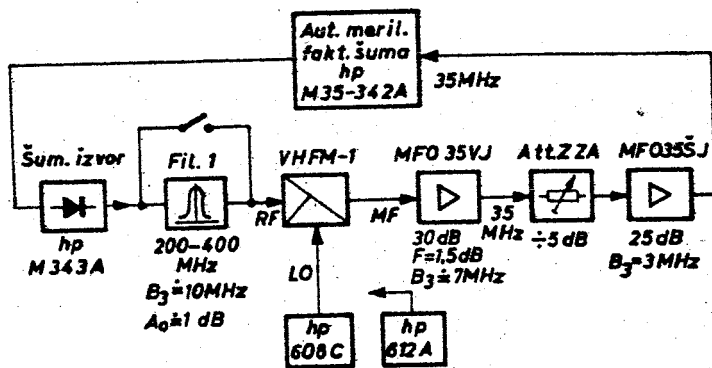
### VHF-miniaturni obročni mešalnik VHPM-1

Shema prikazuje sl. 1. Širokopasovni transformatorji služijo za impedančno prilagoditev v širokem frekvenčnem področju do približno 500 MHz in primerne zaključitev vrat mešalnika za minimalne konverzijske izgube oziroma minimalni faktor šuma ter za balansiranje signalov, da bi se dosegla čim večja izolacija med vrati. Dioda so vezane v obroč, ki omogoča zaključitev toka mešalnika, odvisnega od nivoja signala lokalnega oscilatorja (LO). Uporabljen je četvorček diod (quad) hp 5082 - 2996 (hot carrier diode), da bi se dosegle čim boljše dinamične lastnosti mešalnika (vhodni signal  $P_{RF}=0$  dBm brez popačenja pri  $P_{LO} = +10$  dBm). Konverzijske slabljenje mešalnika in faktor šuma za nivoje LO med  $P_{LO} = +6$  dBm in  $P_{LO} = +20$  dBm se praktično ne menjata.

Faktor šuma mešalnika VHPM-1 smo merili po blok-shemi sl. 2. Ker smo razpolagali s kvalitetnim filtrom samc v področju 200 MHz do 400 MHz, smo lahko ozkopasovno meritev oprevili le v tem področju ( $F_o$ ), zato pa smo brez filtra Fil. 1 nato opr-



Sl. 1 Shema mešalnice širokopasovnega mešalnika VHF-M-1



Sl. 2 Bloč-shema za meritev faktorja šuma VHF-M-1

vili še širokopasovno meritev faktorja šuma ( $F_g$ ). Izmerjeni rezultati v odvisnosti od frekvence so razvidni iz diagramov na sl. 3. Gornja frekvenčna meja je določena z izgubami v transformatorjih s siferritnim materialom. Velikost in izgled modela je razviden iz sl. 4.

Intermodulacijski produkti pri  $P_{LO} = +10$  dBm in  $P_{RF} = -10$  dBm so pod MF-signalom ( $f_{LO} - f_{RF}$ ), kot prikazuje naslednja tabela:

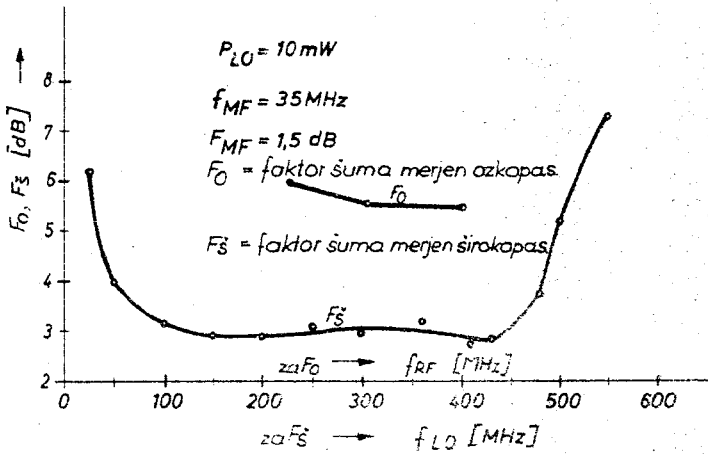
Interm.pr.	Duš.napram MF-signalu (dB)	Interm.pr.	Duš.napram MF-signalu (dB)
$2f_{LO} - f_{RF}$	25	$2f_{RF} - f_{LO}$	60
$3f_{LO} - 2f_{RF}$	65	$3f_{RF} - 2f_{LO}$	60
$4f_{LO} - 3f_{RF}$	65	$4f_{RF} - 3f_{LO}$	80
$5f_{LO} - 4f_{RF}$	85	$5f_{RF} - 4f_{LO}$	85
$6f_{LO} - 5f_{RF}$	90	$6f_{RF} - 5f_{LO}$	nad 100
$7f_{LO} - 6f_{RF}$	nad 100	$7f_{RF} - 6f_{LO}$	nad 100

TABELA I.

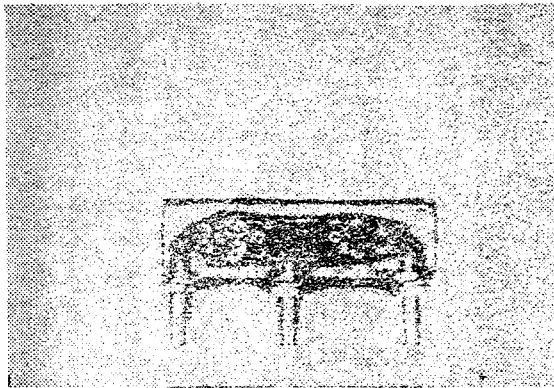
Slabljenje (izolacija) med vrati znaša po tabeli:

Od	Do	Dušenje (dB)	Od	Do	Dušenje (dB)
LO	RF	35	RF	MF	20
LO	MF	25	MF	LO	20
RF	LO	35	MF	RF	20

TABELA II.



Izmerjena frekvenčna odvisnost faktorja šuma VDEK-1



Sl. 4 Foto-pokroček VDEK-1

Mešalnik je mogoče uporabiti tudi kot:

DVOJILNIČA FREKVENČNA, ako se na vrata RF in LO privedeta signala v fazi (od T-konektorja do obeh vhodov potrebni enaki dolžini kablov!). Dvojno frekvenco odvezemamo na vratih MF.

TOLČOVNO REGULIRAN ATENUATOR (do približno 50 dB), ako signal privedemo na vrata LO in oslavljenega odvezemamo na vratih RF, spremenljiv tok pa potiskamo v mešalnik na vratih MF (polarizacija ni važna, samo tok ne sme prekoračiti 40 mA).

FAZNI DETEKTOR, ako na vrata RF in LO privedemo signal enake frekvence in različne faze, fazno odvisni usmerjeni tok pa merimo na vratih MF.

BALANČNI MODULATOR, ako signal, ki ga želimo modulirati, privedemo na vrata LO, modulirajočega na MF ter odvezemamo na vratih RF. Nosilec je na izhodu za več kot 40 dB pod bokoma.

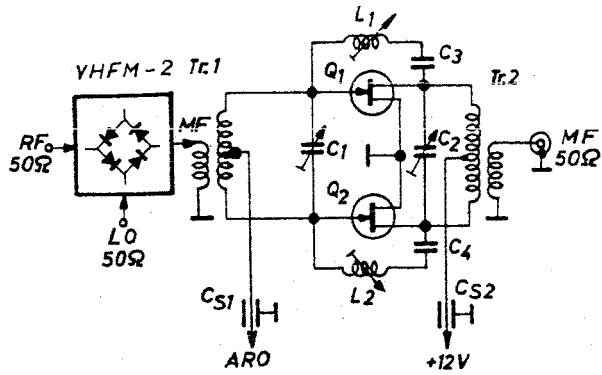
AMPLITUDNI MODULATOR, ako na LO-vrata privedemo signal (okoli +7 dBm), ki ga želimo modulirati, na MF-vrata pa modulirajočega in enosmernega, a odvezemamo pa moduliran signal na sponkah RF. Podobno nam lahko služi tudi kot

IMPULZNI MODULATOR, ako na MF-sponke privedemo impulze.

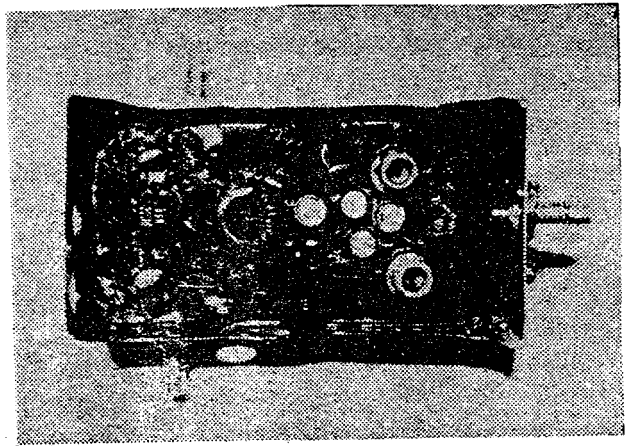
VHF malošumni širokopasovni mešalnik skupaj z MF-predojačevalnikom VHM2 - MPO4

Zot smo že uvodoma poudarili, je taka enota pogosto zelo prikladna rešitev zlasti za šumno-kvalitetne mešalnike; n.pr. za kvalitetne sprejemnike brez RF-predojačevalnika, ko je na vhodu sprejemnika samo kvaliteten filter, nato pa malošumen širokopasoven mešalnik - MF-predojačevalnik. Tako je možno doseči dinamično kvalitetnejše sprejemnike od onih z RF-predojačevalnikom, seveda, če je zato pa primerno grajen mešalnik - n.pr. s štirimi hot carrier diodami in MF-predojačevalnik - n.pr. z dvema FET transistorjema v protitaktni vezavi.

Uporaba MOS FET za RF-predojačevalnike bi razmere nekoliko



S1. 5 Shema malošumne enote širokopasovni mešalnik MF-predojačevalnik VHFM2 - MFO4



S1. 6 Foto-posnetek VHFM2 - MFO4



spremenila, vendar pa, ker zaradi visokih impedanc vsiljuje ozkopasovni - selektivni predojačevalnik, ki zaradi še temperaturno zelo nestabilnih MOS FET-karakteristik in velikih odstopanj električnih karakteristik med posameznimi primerki iste vrste, še zaenkrat izgubi na svoji mikavnosti.

Sl. 5 prikazuje tako mešalno - MF-enoto. Ker je mešalnik VHF<sub>M2</sub> v principu enak VHF<sub>M1</sub>, ga tukaj rišemo samo simbolično. Za protitaktni (prepušča manj kombinacijskih frekvenc iz mešalnika, za boljšo dinamiko enote) malošumni MF-predojačevalnik smo uporabili junction FET ter izvedli neutralizacijo. Ojačevalnik ima možnost regulacije ojačenja. Sl. 6 prikazuje izgled modela te enote.

UHF-malošumni širokopasovni mešalnik skupaj z MF-predojačevalnikom UHF<sub>M2000</sub> - P035-4416-918

Za področje okoli 2000 MHz smo razvili mešalnik v tehniki obklopljenega travastega voda. Zanj smo uporabili polyguide in kot carrier diode hp5082-2396 in -2374 (parčeta). Hibrid je 3 dB-spojnik,  $C_1$  in  $C_2$  (sl. 7) pa  $\frac{\Delta}{4}$  - štrclja za 2000 MHz.

Prvi mešalnik prikazuje sl. 10, njegovo shemo pa sl. 7.

Malošumni MF-predojačevalnik je source-kaskoda z emitter-folodanjem, kot vidimo na sl. 7. Faktor šuma znaša pri  $f_{MF} = 35$  MHz

2,5 dB, ojačenje 25 dB in 3 dB-širina  $B_3 = 10$  MHz. Peto-posnetek

delovalnega dela enote mešalnik - MF-predojačevalnik je na

sl. 11. Podobne MF-enote smo razvili tudi za  $f_{MF} = 70$  MHz.

Faktor šuma mešalno-ojačevalne enote je bil merjen ozkopasovno

in slik-shemi sl. 9, izmerjeni rezultati pa so podani z diagramom

v odvisnosti od frekvence 1700 MHz do 2100 MHz na sl. 8.

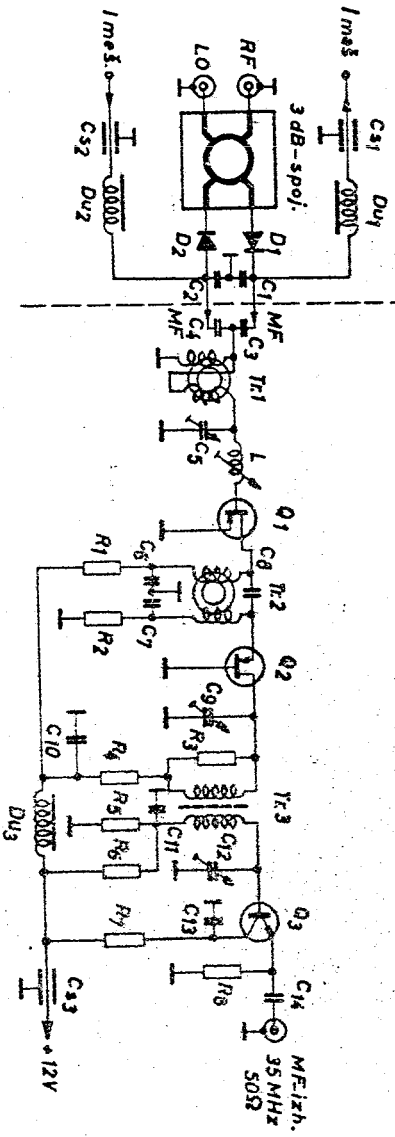
Faktor šuma po področju znaša med 4,2 dB in 5,3 dB. Približno

take rezultate smo, kot smo videli, dosegli tudi na okoli pet-

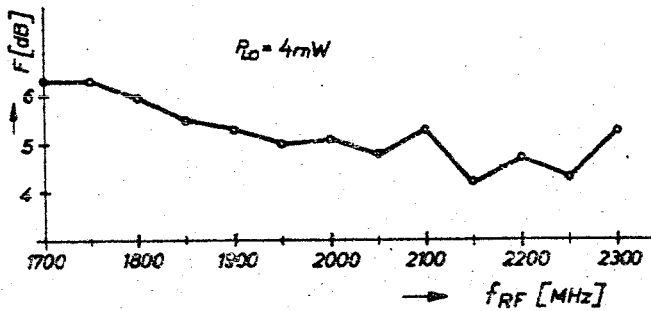
krat nižji frekvenci z VHF<sub>M1</sub>; toda ne smemo pozabiti, da je

UHFМ-2000

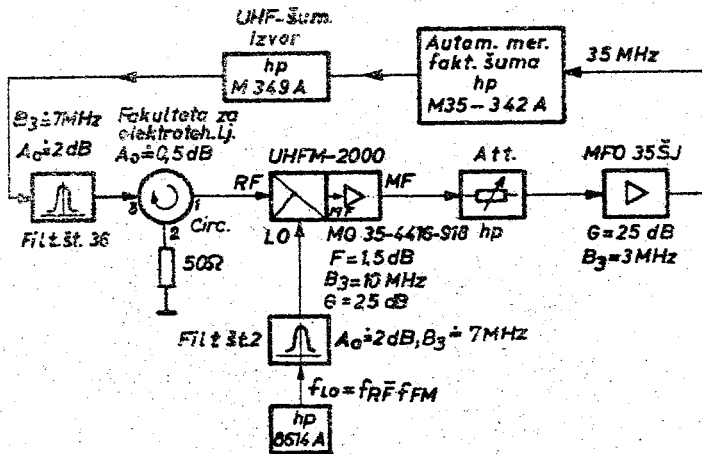
Р035-4416-910



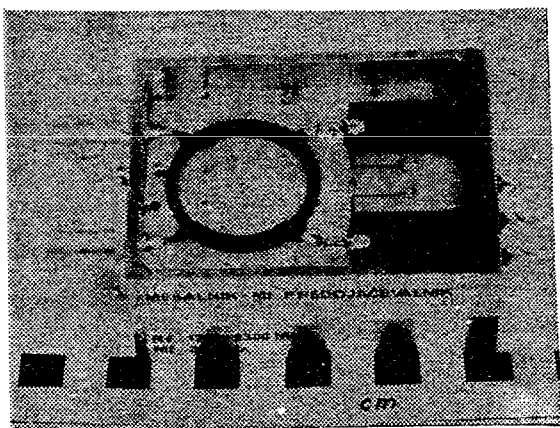
Sl. 7 Shema malokumera enota širokopasovni mešanik - MF-predloščevalnik  
UHFМ-2000 - P035-4416-910



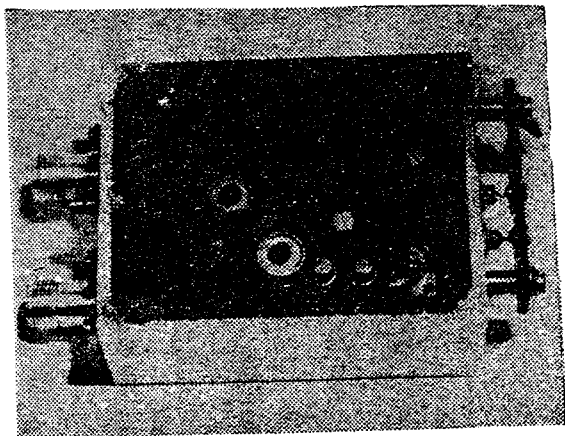
Sl. 8 Frekvenčna odvisnost faktorja šuma  
UHF-2000 - PO35-4416-918



Sl. 9 Blok-shema za meritev faktorja šuma  
UHF-2000 - PO35-4416-918



Sl. 10 Foto-posnetek odprtega mešalnika UHFM-2000  
(mešalni del enote UHFM-2000 - F035-4416-918)



Sl. 11 Foto-posnetek malošumnega MF-predlojačevalnika  
MF035-4416-918 (MF-del enote UHFM-2000 - F035-4416-918)

VHF-1 procentualno neprimerno širši od UHF-2000 in da je zato žrtvovanih par decibelov.

## ZAKLJUČEK

Ugotovimo lahko, da smo danes s pomočjo diodnih mešalnikov v stanju graditi malošumne, kvalitetne sprejemnike tudi brez RF-predojačevalnikov in da nam tak sprejemnik čisto zelo ugodno reši postavljene zahteve. Za tako grajen sprejemnik pa je lahko marsikdaj še posebno prikladna rešitev s pomočjo malošumne ero- ta diodni mešalnik - RF-predojačevalnik. Za frekvenčno področje 1 GHz in nad njim je taka rešitev praktično edina (cenena), ker so primerni transistorji še izredno dragi ali pa jih še sploh ni. Končna odločitev, ali bomo gradili malošumni sprejemnik za katerokoli frekvenčno področje s predojačevalnikom ali brez njega, bo prav gotovo odvisna od konkretnih zahtev, ki naj jih sprejemnik izpolnjuje, od razpoložljivega odnosno dosegljivega materiala, ekonomske upravičenosti, znanja pa verjetno tudi od izbrane mode in podobnega. Avo imamo pred očmi zgolj občutljivi- nost sprejemnikov (boljši faktor šuma), je za VHF-področje do približno 500 MHz trenutno še precej lažje dosegljiva z malošumni- mi RF-predojačevalniki (4) kot pa brez njih. Za višje področje je to vedno manj res, tako da še komaj velja na zgornjem delu VHF-področja (1500 MHz - 3000 MHz) ali pa že celo ne (3), še manj pa je že prav gotovo obratno. Toda, kot rečano, tudi ob- občutljivost sprejemnika ni vedno in povsod odločilna. Velja še opozoriti na dejstvo, da so navedeni rezultati doseženi na ši- rokopasovnih diodnih mešalnikih, ki so zato bolj široko upo- rabni, česar ne gre prezreti, in pa na dejstvo, da je na ozko- pasovnih možno doseči še par decibelov boljše faktorje šuma (1. 3).

REFERENCA SE NALAZI KOD AVTORA.

