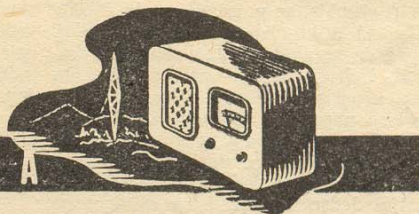


KONSTRUKCIJE NAŠIH AMATERA



FREKVENTNO MODULISANI OSCILATOR

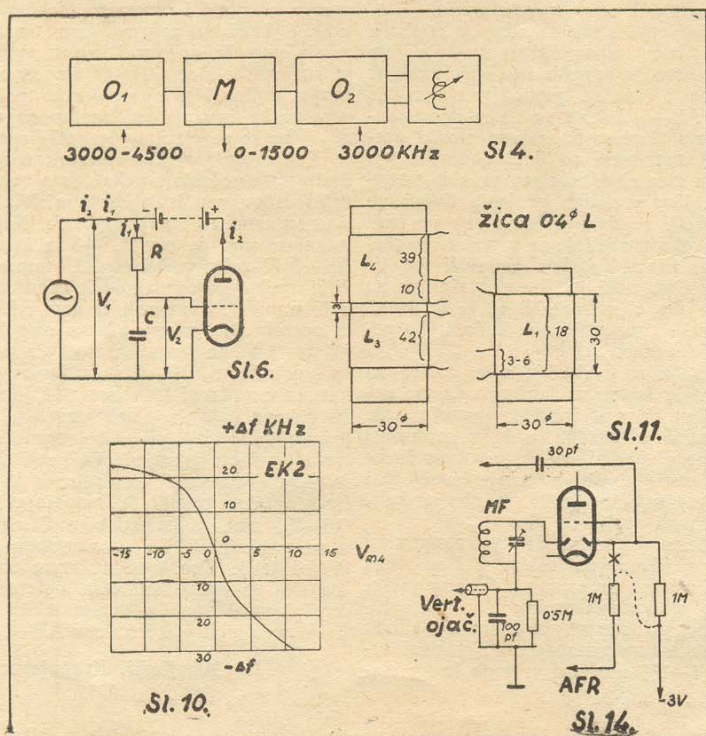
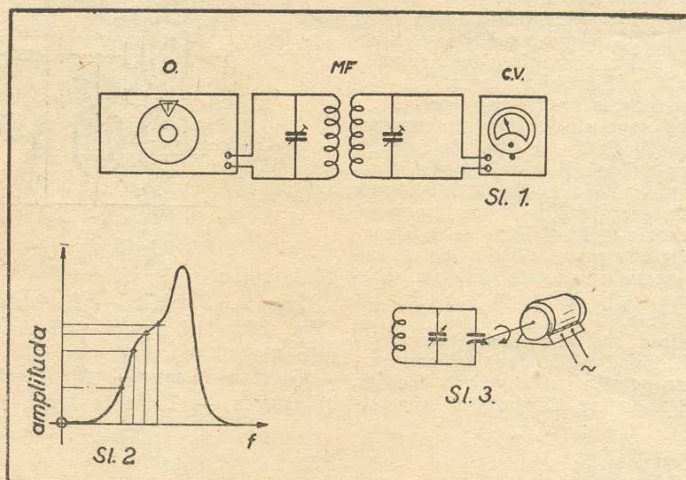
Cesto smo postavljeni pred problem, kako da najpravičnije podesimo oscilatorna kola našeg prijemnika. Kada su svi delovi u redu, gradnja brzo napreduje. Ali ponekad, uprkos najvećem trudu, naročito kod supera, krajnji rezultati nisu najzadovoljavajući. Cesto imamo primer da aparat danju lepo radi, dok noću »zvizdi«. Greška bismo mogli nabrojati više. Najčešće su krivi međufrekventni transformatori. Kada bismo mogli videti rezonantne krive međufrekventnih transformatora ili čitavog međufrekventnog stepena, greška bi se brzo uočila. Mogućnosti za to ima više. Da vidimo jednu od njih.

Sa »najskromnijim sredstvima«, ali takođe sa najvećim utroškom vremena možemo dobiti rezonantnu krivu na ovaj način:

Potrebni su tačno ubaždareni cevni voltmetar i visokofrekventni oscilator. Sve te instrumente povežemo sa međufrekventnim transformatorom tako

kao što nam prikazuje slika 1. Frekvenciju oscilatora podesimo tačno na rezonantnu frekvenciju MF transformatora i u dijagram (sl. 2) nanosimo

menjamo frekvenciju oscilatora u malim intervalima oko rezonantne frekvencije i u dijagram (sl. 2) nanosimo



U tom momentu nam cevni voltmetar pokazuje najveći otklon. Sada vrednosti koje čitamo na cevnom voltmetru. Tako dobijamo niz tačaka, koje kada spojimo dobijamo krivu liniju, koja nam predstavlja rezonantnu krivu merenog oscilatornog kola. Kao što vidimo, to je prilično dugotrajno merenje. Ali pri upotrebi tačnih instrumenata, i pri savesnom merenju ova metoda je najtačnija¹⁾.

Na drugi, brži, način rezonantna kriva može se dobiti na katodnom oscilografu kada ga upotrebljavamo umesto cevnog voltmetra iz prethodnog slučaja. Potreban nam je samo jedan element koji će menjati frekvenciju na našem oscilatoru. Poneki amater je već došao na zamisao da bi se za tu svrhu mogao upotrebiti elektromotor za pokretanje malog obrtnog kondenzatora koji bi bio priključen paralelno oscilatornom kolu (sl. 3). Ukoliko bi katodni zrak propustovao zastor cevi u horizontalnom pravcu u vremenu kada motor okrene obrtni kondenzator za 180°, dok bi odgovara-

¹⁾ Ustvari moramo MF transformator ugraditi u stepen gde će raditi pa tek tamo vršiti merenje. Na pr. prvi MF trafo vezemo između dve pentode, dok drugi između pentode i diode. Signal dajemo uvek na prvu cev dok merenje vršimo na drugoj cevi.

rajuće amplitude preneli na vertikalni pojačivač, na zaklonu bismo dobili sliku rezonantne krive. Cea ova pojava ne bi bila ništa drugo, nego brzo izvršeno ranije merenje. U praksi su se takvi uređaji upotrebljavali, ali se zbog nekih nedostataka prešlo na potpuno elektronske sisteme.

Pogledajmo principijelnu šemu na sl. 4. Imamo dva oscilatora O_1 i O_2 . Prvi oscilira od 3000 do 4500 kHz, dok je drugi stalno podešen na 3000 kHz. Paralelno drugom oscilatoru vezan je promenljivi induktivitet. U stepenu za mešanje — M dobijamo frekvencije od 0—1500 kHz, pošto je $F = f_1 \pm f_2$ (Nas zanima samo niža frekvencija, koja nastaje oduzimanjem f_2 od f_1). Sada počinjemo ritmički menjati promenljivi induktivitet, koji je vezan paralelno O_2 . Na taj način oscilator O_2 oscilira na frekvencijama između

$$f_2 + \Delta f \quad \text{i} \quad f_2 - \Delta f.$$

$2\Delta f$ je promena frekvencije oscilatora O_2 zbog promene induktivnosti.

Frekvencija koju sada dobijamo iz stepena za mešanje, variraće između

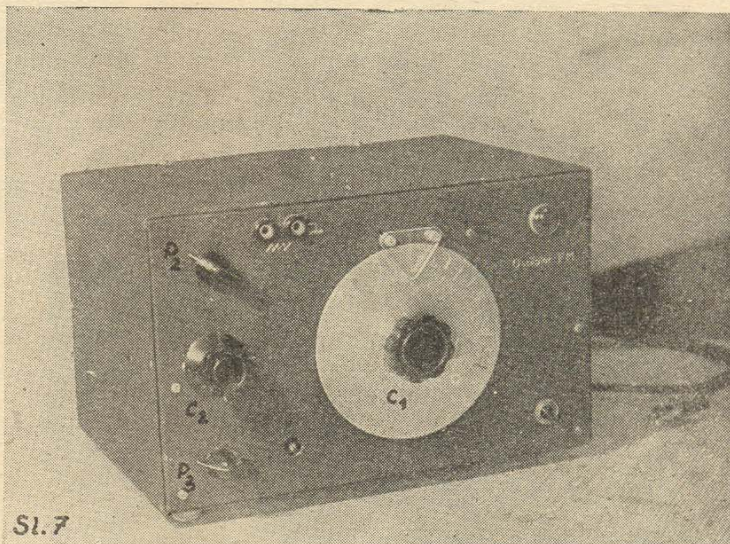
$$f_1 - (f_2 + \Delta f) \quad \text{i} \quad f_1 - (f_2 - \Delta f),$$

dakle $f_1 - f_2 \pm \Delta f$.

Nameće nam se pitanje zašto su nam potrebna dva oscilatora. Zar nam nije dovoljno samo O_2 kome bismo menjali frekvenciju, na pr. od 100 do 1500 kHz? Ako bismo o stvari tačnije razmislili, uvideli bismo, da sa datom šemom dobijamo uvek iste promene frekvencije,

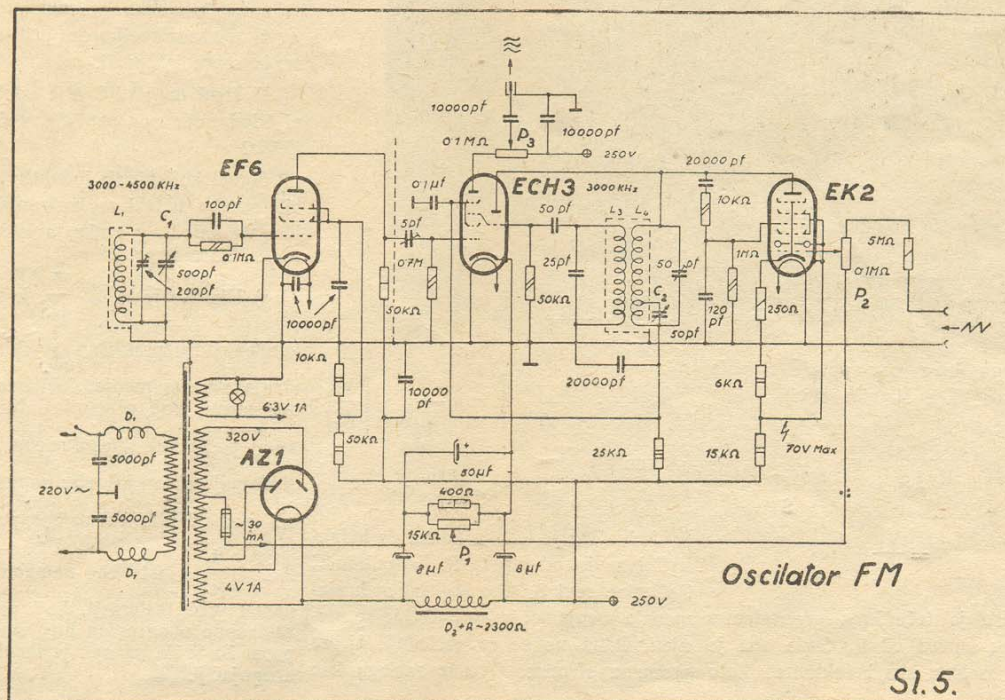
koje dolaze iz stepena za mešanje, bez obzira na osnovnu frekvenciju. To dejstvo ne bismo mogli postići upotrebom pojednostavljene šeme, jer bi promene frekvencije na početku ili kraju opsega bile nejednake, što bi ometalo pravilno ispitivanje oscilatornih kola. Konstant-

Onaj ko je već gledao celu šemu (slika 5), uzalud traži u njoj promenljivi induktivitet, koji bi bio vezan paralelno oscilatoru O_2 . Taj promenljivi induktivitet je ustvari »veštački«. Njega sačinjava cev EK2. Da bismo lakše razumeli dejstvo, nacrtajmo najpre pojed-



na varijacija frekvencije (= dubina modulacije) bez obzira na osnovnu frekvenciju je naime od velike važnosti za jednostavno i brzo ispitivanje rezonantnih krivih. Postoji još jedna prednost ovog sistema, koju ćemo videti tek kasnije. Prvo da vidimo kako dejstvuje promenljivi induktivitet.

Ustavljenu šemu oko EK2 (slika 6). Umesto oktode imamo triodu. Da bi rasmatranje bilo lakše, sve računski pojednostavimo. Kondenzator C neka ima zanemarljivo mali kapacitivni otpor, s obzirom na R , tako da je struja koja teče kroz C i R iz generatora O_2 jednaka



$$i_1 = \frac{v_1}{R} \text{ gde je } \begin{matrix} v_1 \text{ trenutni napon} \\ i_1 \text{ trenutna struja} \end{matrix}$$

Ta struja daje ustvari na kondenzatoru C (trenutni) pad napona, koji je jednak proizvodu iz i_1 i kapacitivnog otpora R_c .

$$R_c = \frac{1}{j \omega C} = \text{kapacitivni otpor}$$

Dakle napon V_2 na kondenzatoru C je jednak:

$$v_2 = i_1 \frac{1}{j \omega C} = \frac{v_1}{R j \omega C}$$

Pošto taj napon utiče na rešetku cevi

zaključujemo da taj spoj ima induktivni otpor koji ima sledeću vrednost:

$$R_1 = R_x = \frac{R \cdot j \omega C}{S} \text{ iz toga induktivitet } L = \frac{R \cdot C}{S}$$

Uveriti se moramo još samo da li ima leva i desna strana jednačine istu dimenziju. Dimenzija induktiviteta je

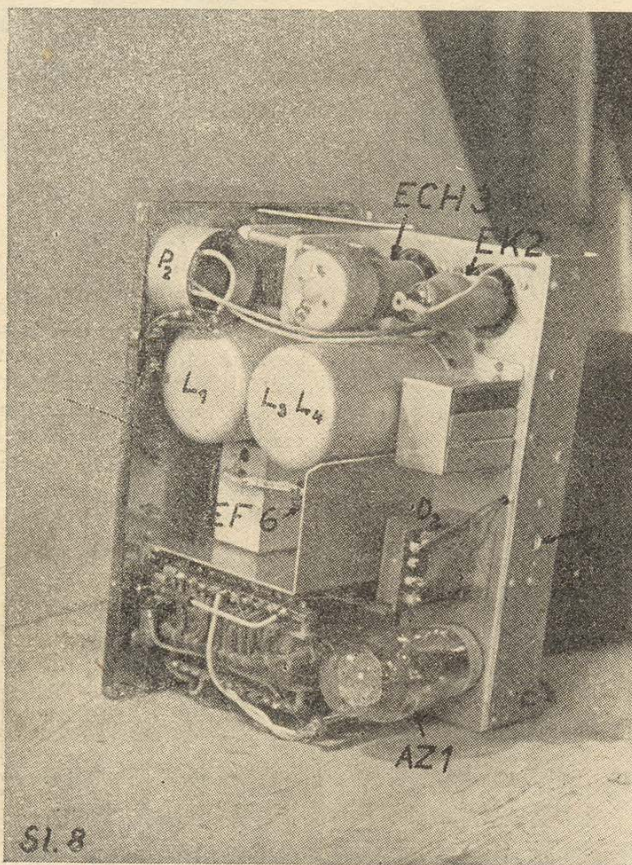
$$\left[\frac{V \text{ sec}}{A} \right] \text{ strmine } \left[\frac{A}{V} \right] \text{ otpora } \left[\frac{V}{A} \right], \text{ i kapaciteta } \left[\frac{A \text{ sec}}{V} \right] \text{ te je prema tome}$$

što smo već ranije naglasili, što ne volimo mehanički promenljive delove kao na pr. promenljivi kondenzator ili otpornik (R ili C) koji zahtevaju elektromotor.

Kako menjati strminu cevi? Odgovor neće biti težak, ako se setimo cevi sa promenljivom karakteristikom. Kod ovih cevi (obično pentoda) strmina zavisi od rešetkinog prednapona. Menjaćemo, dakle, rešetkin prednapon. Najjednostavnije bi bilo uzeti u tu svrhu naizmenični napon električne mreže 50 Hz. Pri tome bismo dobili na zaklonu katodne cevi dve krive linije, koje bi bile naročito na vrhu međusobno razmaknute. Ovo zbog toga, što mrežni napon nije čisto sinusoidalnog oblika i što se frekvencija prebrzo menja (100 puta na sekundu — 50 puta na jednu i 50 puta na drugu stranu). Tek pri vrlo niskoj frekvenciji od oko 10 Hz i kod potpuno čistog sinusnog napona krive bi se poklapale. Moramo dakle potražiti drugi izvor. Svaki oscilograf ima ugrađen oscilator testerastih napona. Upotrebimo njega. Pri tome nas neće ometati slika rezonantne krive koja nastaje kada se katodni zrak vraća. Isti testerasti napon upotrebimo razume se i za horizontalni otklon katodnog zraka. Frekvencija testerastog napona neka bude što niža, 25 ili 50 Hz. Time što uzimamo frekvenciju 25 ili 50 Hz otklanjamo sva dejstva koja nastaju zbog naizmenične struje mreže, te se dobija mirna stojeća slika. Sa nekom drugom frekvencijom na pr. 30 Hz dobili bismo vrlo nemirnu sliku na zaklonu katodne cevi. Sinhronizacija se prilikom merenja mora iskopčati.

U šemi na slici 5 nije upotrebljena ni trioda, odnosno pentoda, već oktoda. Zašto?

Signal koji menja induktivitet, mora biti sasvim u fazi sa horizontalnim otklonom katodnog zraka, a istovremeno



zbog njega kroz cev poteče S puta veći napon. (S je strmina cevi)

$$I_2 = S \cdot V_2 = \frac{S \cdot V_1}{R \cdot j \omega C} = \frac{V_1}{R \cdot j \omega C} = \left[\frac{A \text{ sec}}{V} \right] = \frac{V_1}{R_1}$$

$$\text{jednačina: } \left[\frac{V \text{ sec}}{A} \right] = \left[\frac{A}{V} \right] \cdot \left[\frac{V}{A} \right]$$

Jednačina je tačna. Vidimo da induktivitet zavisi od otpora R, kapaciteta C i strmine cevi S. Ako koji od ovih elemenata menjamo, induktivitet će se menjati. Odlučimo se za poslednji, tj. za promenu strmine. Ovo iz razloga kao

Ova struja teče kroz generator u suprotnom smeru od i_1 , dakle ona je koči. Tu osobinu ima induktivitet. Zato

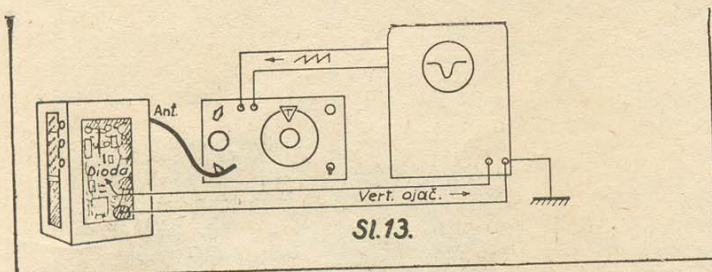
^{a)} Ukoliko je $R \gg \frac{1}{j \omega C}$, je napon na kondenzatoru praktično $\frac{1}{C}$ itd. Ako se struja sinusno menja, dobijamo cosinusni napon, koji nije ništa drugo nego za $\frac{\pi}{2}$ pomaknut sinusni napon. U datom slučaju je stvar još više zamršena. Fazni pomak nije ravno $\frac{\pi}{2}$, pošto nije

$R \gg \frac{1}{j \omega C}$ a isto tako nemamo sinusni napon, već testerasti, koji po Fourieru rastavimo u ogroman broj sinusnih napona. Za svaki od njih je fazni pomeraj drugojačiji.

mora imati napon od oko 10 V, dok napon koji daje oscilator testerastih napona u oscilografu dostiže i vrednost preko 100 V. Taj napon moramo smanjiti otpornikom veličine 5 Moma. Ukoliko bismo kraj otpornika vezali za četvrtu rešetku oktode, gde je još vezan kondenzator C (120 pF), dobićemo sa

nog zida sačinjavaju oklopi od kalemova. Cev sa oklopljenom kapom je ECH 3, dok se iznad nje nalazi potencijometar za regulaciju dubine modulacije. Drugi potencijometar (za rešetkin prednapon EK 2) nalazi se ispod šasijske i on se podešava jednom za uvek. Diagram na slici 10 nam pokazuje zavi-

moćamo taj napon kompenzovati sa negativnim prednaponom, koji se dobija na potencijometru P1. Zato ne smemo početi sa merenjem sve dok nije taj potencijometar konačno podešen. U slučaju da testerasti napon nije polarizovan, onda je potencijometar P1 nepotreban, isto kao i otpornik 400 oma i kondenzator 50 MF. Ručice kondenzatora za izjednačavanje moraju biti dostupne spolja. Zato izbušimo u kutiji, koja mora biti metalna, otvore dovoljnog prečnika. Posle doterivanja otvori se prelepe jačom hartijom. Potencijometar na izlazu oscilatora je takođe oklopljen, kao i sam priključak. Promenljivi kondenzator od 500 pF ima skalu sa finom regulacijom. Mrežni transformator neka bude što udaljeniji od visokofrekventnih stepena. Podaci za kalemove su na slici 11. VF prigušnice na mrežnom transformatoru su uzete iz telefonskih blokova, koji su bili u prodaji.



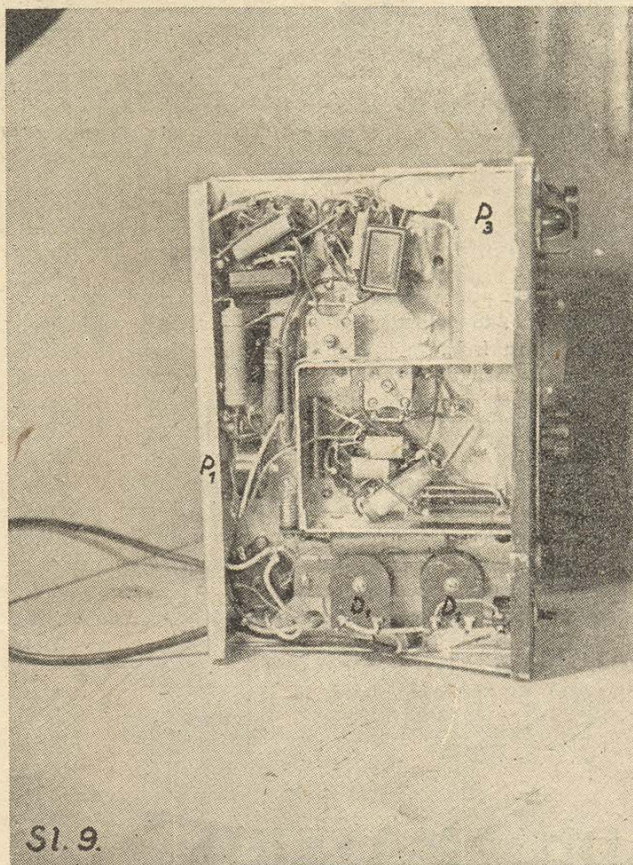
Sl. 13.

ta dva elementa jedan okretač faze). Zato ga radije zaletujemo na prvu rešetku oktode, gde nema kondenzatora, ukoliko ih razume se sami ne napravimo sa oklopljenim vodovima, koji vode na potencijometar. Zato te vodove ne smemo oklapati. Jedino drugi kraj otpornika 5 Moma, koji ide na oscilograf sme se voditi u oklopljenom kablju. (Na slici 12 nije ni on oklopljen).

Sada kada smo pregledali principe na kojima radi opisani FM oscilator možemo dati opis kompletne šeme (sl. 5).

Kao oscilator 0₁ upotrebljena je pentoda EF 6 u ECO spoju. Zaštitna rešetka vrši funkciju anode, dok se sa prave anode odvode VF signali preko polu-promenljivog kondenzatora od 5 pF na prvu rešetku heksodnog dela ECH 3. Ovaj stepen radi kao audion. (OKLOPITI). Triodni deo ECH 3 služi kao oscilator 0₂. Taj oscilator možemo pomoću kondenzatora za izjednačavanje C₂ podesiti tačno na 3000 kHz. On je vezan na odvod oscilatornog kalema i sa njim možemo menjati frekvenciju za ± 30 kHz. On će nam korisno poslužiti kod tačnog podešavanja i kod određivanja širine pojasa. Da na rešetku oktode ne bi došao anodni napon, vezan je blok kondenzator od 20.000 pF serijski sa otpornikom od 10 Koma. Rešetkinom odvodnom otporniku vezan je paralelno kapacitet od 120 pF. Na zaštitnu rešetku namerno nije stavljen kondenzator za filtriranje, da ne bi sudelovao u obrtanju faze. Zato mora biti anodni napon odlično filtriran. Konstrukcija FM oscilatora vidi se na slikama 7, 8 i 9. Oscilator 0₁ mora biti što bolje oklopljen, i to ispod i iznad šasijske. To se takođe na slici dobro vidi. Kalemovi se isto tako moraju oklapati. Na slici 8 vidi se da jedan deo zaštit-

nost frekvencije oscilatora od rešetkinog prednapona, koji dolazi spolja, to jest iz oscilografa. Ukoliko rešetka ne dobija spolja nikakav napon, ($V_m=0$) to mesto odgovara približno sredini



Sl. 9.

ravnog dela frekventne karakteristike. Kada je oscilator gotov, mora se prvo baždari. To je dosta dugotrajan posao. Autor je imao na raspolaganju Da je povratimo opet u ranije stanje,

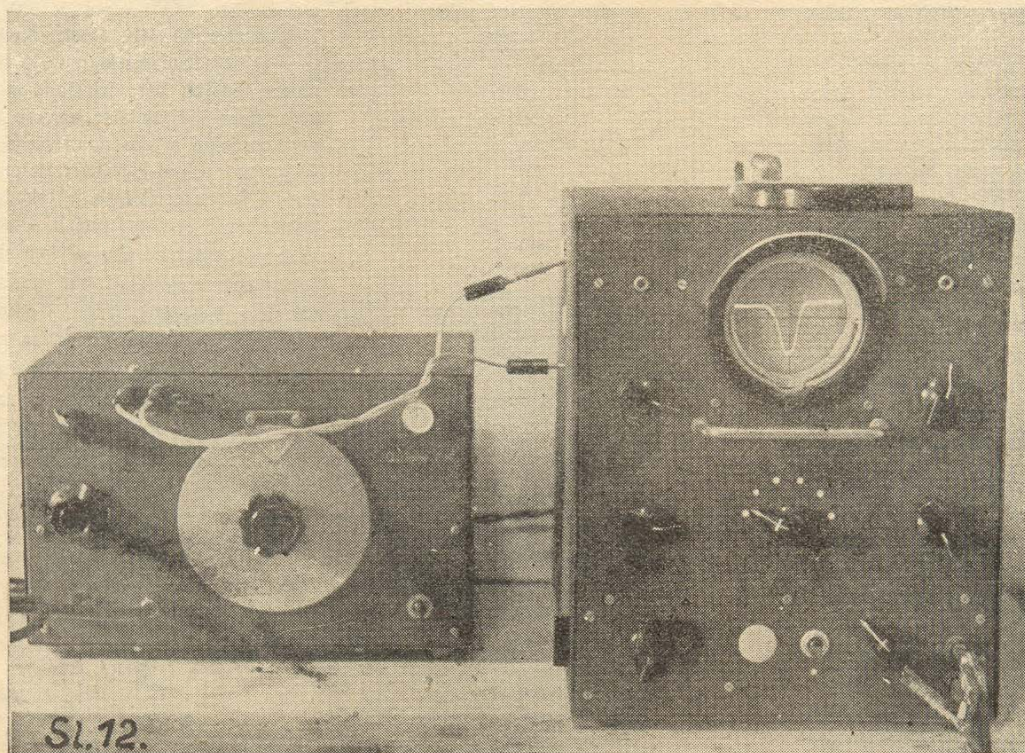
Kada je oscilator gotov, mora se prvo baždari. To je dosta dugotrajan posao. Autor je imao na raspolaganju

kristalni kalibrator, sa kojim je izvršio potrebna merenja. Postupak je ovaj:

Najpre podešavamo oscilator O_2 tačno na 3000 kHz. Promenljivi kondenzator C_2 , koji je vezan na odvod kalemneka bude podešen na tačno polovinu

zatim sve frekvencije od 0 do 1500 kHz. Kada to postignemo, fiksiramo kalemne i stavimo oscilator u kutiju, te po potrebi još izvršimo krajnju korekciju pomoću kondenzatora za izjednačavanje. Sada instrument možemo

Slike 12, 13 i 14 pokazuju nam kako ispitujemo prijemnik, koji želimo podešavati, pomoću oscilatora i oscilografa. Tada vidimo rezonantnu krivu celog međufrekventnog stepena. Feding regulacija mora se iskopčati, kao što



svog kapaciteta i taj položaj treba za- beležiti. Kada je sve to gotovo, pode- simo oscilator O_1 na frekvenciju 3000 kHz (C_1 skoro zatvoreno). Na katodnom oscilografu posmatramo obe frekvencije i podesimo jednakost. Posle toga pode- simo oscilator na frekvenciju 4.500 kHz. Tada mora biti kondenzator C_1 skoro sasvim otvoren, što doterujemo pomoću kondenzatora za izjednačavanje od 200 pF. Sada se opet vraćamo na 3000 kHz i tamo popravljamo maločas izvršeno podešavanje. (Rastegnemo ili skupimo kalem L_1). Taj postupak čini- mo sve dotle dok nam oscilator ne daje sve frekvencije između 3000 i 4500 kHz. Iz stepena za mešanje dobijemo

baždari u intervalima po 100 kHz. Ukoliko ima suviše veliki broj harmoni- ka, potrebno je odvod na kalemu osci- latora O_1 pomaknuti nekoliko navoja naniže. Baždarenje nije naročito tač- no, jer kada damo cevi $EK2$ pun regu- lišući napon (potenciometar P_2 otvoren do kraja), onda nam se skala malo pro- menji,^{a)} tako da nam podela skale služi više za orijentaciju. Uostalom, oscila- tor nije napravljen za merenje fre- kvencija, već za snimanje frekventnih karakteristika, tako da nas to ne ometa u radu.

^{a)} Efekat je veći kod polarizovanog testerastog napona.

pokazuje slika 13. Ukoliko to ne učini- mo merenje nije tačno. Podešavanje MF transformatora vrši se normalno.

Ako smo oscilator dobro sagradili biće nam traženje grešaka u MF ste- penima mnogo olakšano. Takođe izrada međufrekventnih transformatora kao i određivanje kritičnih delova biće nam omogućena, odnosno mnogo olakšana. O određivanju širine pojasa, kao i o ostalim merenjima biće govora kasnije.

Starič Petar, Ljubljana

Literatura:

Montu: Radiotechnica 3
Costa: Guida prattica del Radioripara- tore
Ravalico: Radioriparazioni 1.

RADIOAMATERI!

Zavod za izradu rentgen i radio aparata u Nišu traži tehničare za slabu struju