

Další doklad o neustálé péči o co nejdokonalejší využití radiotechniky při výstavbě Sovětského svazu nacházíme také ve Směrnících XIX. sjezdu Komunistické strany Sovětského svazu k pátému pětiletému plánu rozvoje na léta 1951 až 1955, kde se mimo jiné praví: „Značně zvýšit výkon vysílačů. Rozvinout práci při zahájení ultrakrátkovlnného vysílání a radiových reléových spojů.“

Jak se odrážejí tyto sovětské pokroky na poli československé radiotechniky? V minulých několika letech se trvale utužuje naše spolupráce se Sovětským svazem i v tomto oboru. Naši vědečtí pracovníci a technici se účastní zájezdů do Sovětského svazu, kde se seznamují s prací sovětských výzkumných ústavů i výrobních závodů; také sovětské odborníky k nám zajišťují a pomáhají nám řešit naše problémy. Vyměňujeme si zkušenosti, učíme se vzájemně se lépe poznávat. V uplynulém roce se tato spolupráce projevila konkrétně zejména v tom, že sovětský průmysl pomohl při zavedení některých přístrojů a zařízení do naší výroby. Byla to především televize, kde sovětský přístroj KVN 49 byl vzorem pro náš první televizní přijímač, byly to dále sovětské zkušenosti v dispečinku a v četných dalších oborech slaboproudé elektrotechniky.

Ve své vědecké a technické spolupráci se Sovětským svazem v oboru radiotechniky jsme se ovšem neomezili jen na pasivní přejímání sovětských zkušeností; také my jsme učinili vše, abychom pomohli svými zkušenostmi,

znalostmi a dodávkami všude tam, kde toho bylo zapotřebí.

Ve vědecké a technické spolupráci se neomezujeme jen na Sovětský svaz. Stejně tak jako spolupracujeme s odborníky sovětskými, poskytujeme pomoc a dostáváme ji také ve styku s ostatními zeměmi mírového tábora; vyměňujeme si zkušenosti s odborníky z výzkumu, vývoje a výroby radiotechnických zařízení v Polsku, Maďarsku a v Německé demokratické republice. Zkušenostmi svých odborníků a dodávkami radiotechnických zařízení pomáháme také účinně při výstavbě socialistického průmyslu i ve vzdálených spřátelených zemích, zejména v Čínské lidové republice.

Účinná a nezištná spolupráce těchto zemí v oboru radiotechniky má velký význam pro boj všeho pokrokového lidstva o zachování míru.

Tím, že rozvíjíme naši radiotechniku, pomáháme rozvíjet i další obory našeho socialistického průmyslu, a tak přispíváme k zajištění nepřetržitého růstu a k zdokonalování socialistické výroby na základě nejvyšší techniky. Tím též přispíváme k uspokojování rostoucích hmotných a kulturních potřeb celé společnosti.

Rozvíjíme-li naši radiotechniku, přispíváme k zajištění vybudování socialismu v naší vlasti, jdeme „pod praporem Lenina a Stalina Gottwaldovou cestou.“

[16. 3. 1953]

Čs. televizní přijímač určený k seriové výrobě

JOSEF POHANKA, laureát státní ceny — VLADIMÍR VLK — Ing. MIROSLAV REJTMÁNEK — ARNOŠT LAVANTE

Výzkumný ústav pro sdělovací techniku A. S. Popova — Tesla n. p., závod J. Hakena

621.397.62

Podrobný popis funkce jednotlivých částí prvního československého televizního přijímače (typové označení 4001 A) určeného k seriové výrobě. Přijímač je jednorozsahový, pro příjem pražského televizního vysílače, který bude pracovat v kmitočtovém pásmu 48,5 až 56,5 Mc/s; má jmenovitou citlivost na vstupu 1,5 mV, šířku přenášeného obrazového pásma 5 Mc/s; časové základny jsou podle čs. televizní normy, tedy 625 řádků a 50 půlobrazů za vteřinu. Velikost obrázku 200 × 150 mm. Kmitočtový rozsah zvukového kanálu do 13 kc/s, jmenovitý nízkofrekvenční výkon 2 W. Příkon ze sítě 150 W.

Úvod

Naše veřejnost se seznámila s televizním přenosem domácího původu již r. 1948. Tehdy ještě nebylo možno pomýšlet na masové rozvinutí televise, poněvadž ani průmysl ani vývoj nezvládl technologii potřebných součástí a elektronek. Dnes je již vybudována dobrá základna elektronek a součástí, takže jsme mohli začít s přípravami masového zavedení televise v ČSR. V tomto článku uvádíme ve zkratce popis jednoho z nejdůležitějších dílů televizního přenosu — přijímače. Vývoj přijímače pro hromadnou výrobu byl dán za krátkodobý úkol Výzkumného ústavu pro sdělovací techniku A. S. Popova. Snahou kolektivu ústavu bylo vyvinout kvalitní, výrobně jednoduchý přijímač, v němž se používá výhradně domácích součástí i elektronek a co nejméně surovin dovážených z ciziny. Ačkoliv uvedená hlediska značně omezovala možnosti v práci, dosáhlo se ve velmi krátké době dobrých úspěchů. Vzornou vzájemnou spoluprací výzkumného ústavu a výrobního závodu Tesla, který iniciativně vyšel vstříc ústavu při přípravě výroby, se podařilo obvyklý náběh výroby podstatně zkrátit. S hle-

diska elektrických vlastností nevybočuje přijímač z rámce běžně vyráběných zahraničních přístrojů. Pozornosti si zasluhuje vyřešení některých úzkých profilů.

1. Vhodně voleným rozložením částí přístroje se dosáhlo podstatného omezení vzájemného vlivu částí (obrazovky, reproduktoru, síťového transformátoru), takže se mohlo použít reproduktoru s vnějším magnetem a dobře využít materiálu síťového transformátoru.

2. Volbou velké plochy půdorysu přístroje se snížil odpor proudění chladicího vzduchu, a tím se snížila provozní teplota přístroje a zvýšila životnost použitých součástí.

3. Použitím úsporných miniaturních elektronek prakticky pro veškeré funkce se příkon přístroje snížil o 40 až 50 % proti jiným přístrojům této jakostní třídy.

4. Vhodným rozčleněním přístroje do jednoduchých, lehce kontrolovatelných dílů se zkrátit náběh výroby, která se zpružnila: přístroj lze výměnou některé části přizpůsobit novým požadavkům (vyšší stupeň „dědičnosti“).

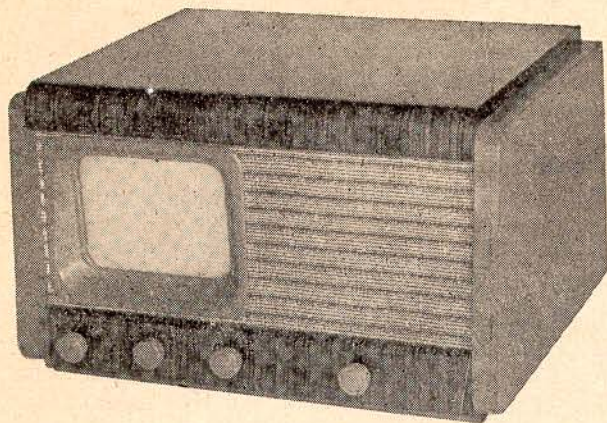
5. Záměrně vedené pečlivé vyřešení vychylovacích obvodů umožnilo použít magneticky měkkých materiálů bez přísady niklu.

Podrobnější popis jednotlivých dílů uvádí hlediska, k nimž se přihlíželo při návrhu přijímače.

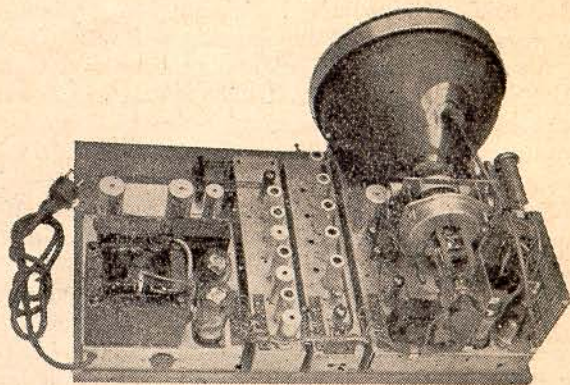
Výchozím vzorem pro konstrukci přijímače byl sovětský televizní přijímač KVN 49. Koncepčně je proto náš přijímač obdobný s přijímačem KVN 49. Avšak okolnost, že se v našem přijímači použilo obrazovky s průměrem stínítka 250 mm proti KVN 49 se 150 mm,

způsobila, že se rozměr přijímače i jeho celkové uspořádání od KVN 49 podstatně liší (obr. 1). Po mechanické stránce je náš přijímač z výrobních důvodů rozdělen ve čtyři díly: vysokofrekvenční zesilovač a zesilovač obrazových kmitočtů; obrazovou část; přijímač zvuku; síťovou část. Toto rozdělení umožní výrobu přijímače jedno-

Kromě obrazovky 250 B1, výkonové elektronky 6L50 v konečném stupni řádkového rozkladu a dvou usměrňovacích elektronek AZ4 se v přijímači použilo miniaturních elektronek. Při tom byla snaha omezit počet typů elektronek na minimum. Vedle uvedených tří typů je osmkrát použito vysokofrekvenční lineární pentody



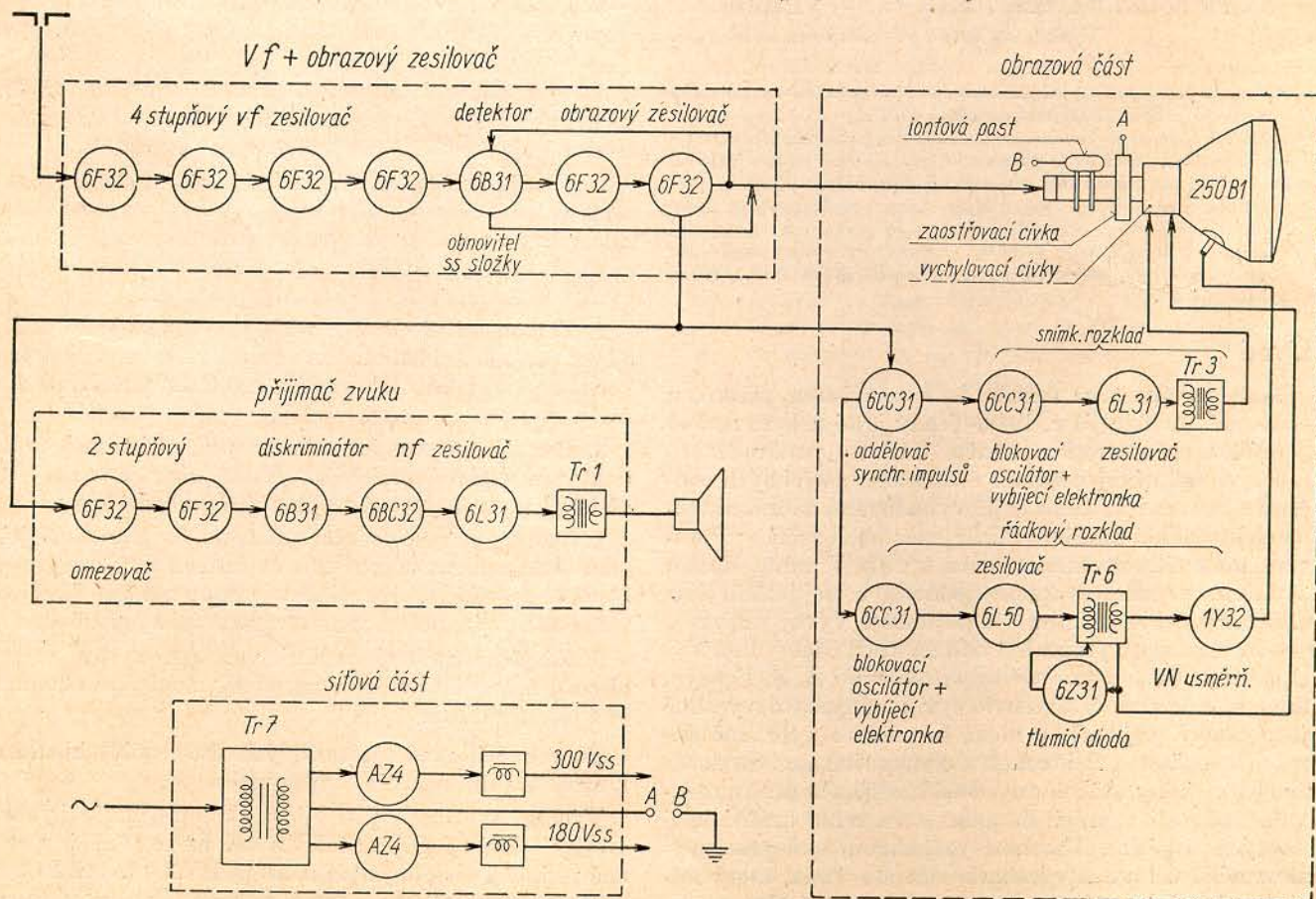
Obr. 1. Vnější vzhled televizního přijímače. Ovládací knoflíky zleva: zaostřování, jas, kontrast, hlasitost. Výrobní provedení má na pravé boční stěně síťový vypínač.



Obr. 2. Sestavený přijímač. Zleva: síťová část, přijímač zvuku, vf a obrazový zesilovač, obrazová část. U obrazové části je snátá část krytu, v němž je výstupní transformátor řádkového rozkladu s elektronkami 6L50, 1Y32, 6Z31.

duššími prostředky, snadnější kontrolu a nastavení, protože jednotlivé díly tvoří funkčně určité celky. Rám, na němž jsou díly přijímače namontovány, umožňuje snadné opravy, neboť je vysouvateľný ze skříně (viz obr. 2).

6F32, třikrát dvojité triody 6CC31, dvakrát dvojité diody 6B31, dvakrát koncové pentody 6L31, dále dvojité diody a triody 6BC32, nepřímě žhavené usměrňovací elektronky 6Z31 a vn usměrňovací elektronky 1Y32. V přijímači je tedy celkem 22 elektronek.



Obr. 3. Blokové a funkční schéma televizního přijímače.

1. Činnost přijímače podle blokového a funkčního schématu (obr. 3)

Televizní signál s nosnou frekvencí obrazu 49,75 Mc/s, modulovanou AM, a nosnou frekvencí zvuku 56,25 Mc/s modulovanou FM, jenž přichází na vstup přijímače, je prvými čtyřmi stupni zesílen. Následující dioda působí jednak jako detektor signálu AM, jednak na ní interferencí obou nosných kmitočtů vzniká rozdílový kmitočet 6,5 Mc/s, jenž se dále spolu s obrazovou modulací zesílí v prvním stupni obrazového zesilovače. Z katody druhého stupně obrazového zesilovače se odebírají jak synchronizační impulsy, tak mezifrekvence 6,5 Mc/s, jež se vede na přijímač zvuku. Ten je vytvořen dvoustupňovým omezovačem, diskriminátorem a dvoustupňovým nízkofrekvenčním zesilovačem. Synchronizační impulsy z katody druhého stupně obrazového zesilovače se vedou v kladné polaritě na oddělovač. V prvním stupni oddělovače se synchronizační impulsy zbavují obrazové složky, v druhém stupni jsou zesíleny a omezeny. Z výstupu oddělovače synchronizačních impulsů se tyto impulsy vedou v kladné polaritě a řídí blokovací oscilátory jak snímkového, tak řádkového rozkladu. Napětí z blokovacích oscilátorů ovládají pak vybíjecí elektronky, jež jsou vlastními generátory pilovitých kmitů. Těmi pak se budí koncové stupně, vázané přes výstupní transformátory na vychylovací cívky. Na výstupním transformátoru řádkového rozkladu se současně při zpětném chodu pilovitého kmitu vytváří vysoké napětí, které se po usměrnění elektronkou 1Y32 přivádí na druhou anodu obrazovky. Elektronka 6Z31 působí jako tlumicí element a zároveň zvyšuje anodové napětí pro elektronku 6L50. Z anody koncové elektronky obrazového zesilovače jde obrazová složka signálu v kladné polaritě, synchronizační složka v záporné polaritě na řídicí elektrodu obrazovky. Jako obnovitel ss složky pracuje druhý systém elektronky 6B31. V síťové části jsou zdroje ss napětí 180 a 300 V.

2. VF díl

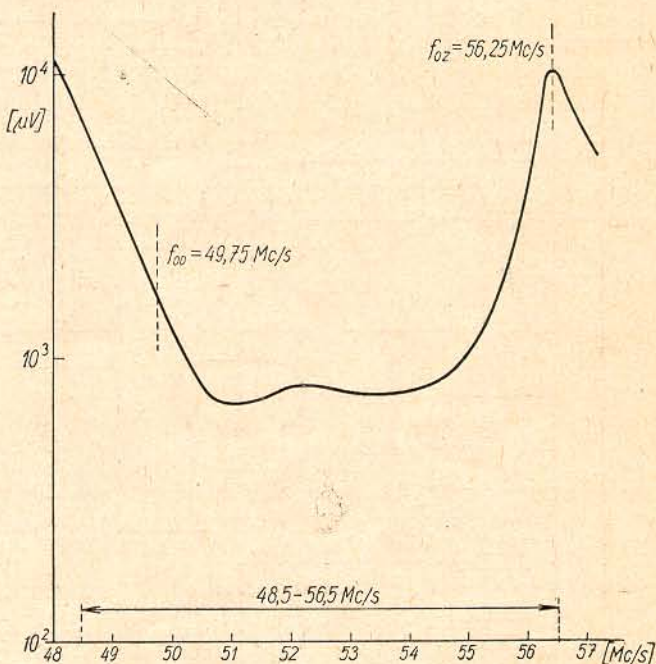
Vstup přijímače je řešen tak, že k němu lze připojit 70ohmový asymetrický souosý kabel i 150 ohmovou dvoudrátovou linku. Aby průběh přenosové charakteristiky (obr. 4) vř zesilovače nebyl závislý na použité anteně a na jejím přizpůsobení, není na vstupu laděný obvod induktivně vázaný s antenním systémem, ačkoliv by tato úprava znamenala určitý zisk (asi 2). Paralelně k přizpůsobovacímu odporu na vstupu je zařazen potenciometr *PI* (viz obr. 5a), jenž umožňuje snížení úrovně vstupního signálu na žádoucí hodnotu a tím zabraňuje přebuzení následujících stupňů. Protože na velikosti vstupního napětí závisí i velikost napětí, jež moduluje obrazovku, řídí se vstupním potenciometrem *PI* i kontrast obrazu.

Vysokofrekvenční část přijímače je řešena jako čtyřstupňový zesilovač s přímým zesílením pro kanál 48,5 až 56,5 Mc/s. Nosný kmitočet obrazu je 49,75 Mc/s a nosný kmitočet zvuku 56,25 Mc/s. Protože v prvním televizním pásmu, t. j. 40–80 Mc/s, bude v dohledné době v chodu v jednom místě pouze jeden vysílač, je toto řešení nejvýhodnější, neboť má velmi dobré výsledky pokud jde o průběh přenosové charakteristiky, zesílení a spolehlivost a zároveň zjednodušuje i zlevňuje výrobu.

Protože zesílení jednoho vř stupně je dáno kvalitním číslem použitého typu elektronky a šířkou přenášeného

pásmu, nedává zde superhetové zapojení vyšší zisk, naopak směšovací stupeň snižuje celkové zesílení a je-li oscilátor méně stabilní, musí se nutně přijímač doladovat.

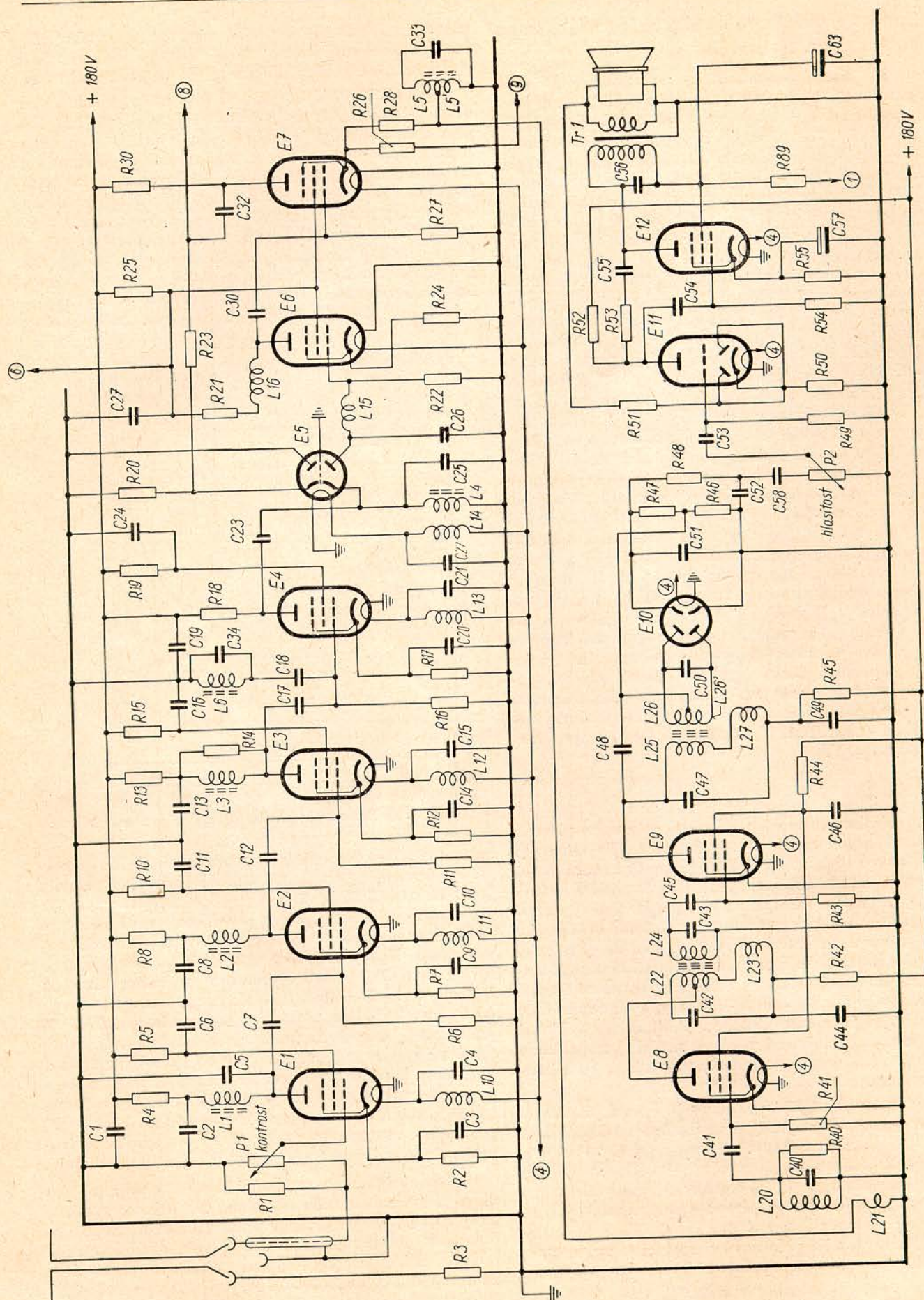
Ve všech čtyřech stupních vř zesilovače je elektronka 6F32 (*E1*, *E2*, *E3*, *E4*). První tři stupně mají laděné rezonanční obvody, připojené jednak přímo k anodám, jednak kapacitní vazbou k následujícímu mřížkovému obvodu. U druhého a třetího stupně je paralelní kapacita rezonančního obvodu dána pouze výstupní kapacitou elektronky, vstupní kapacitou následující elektronky, vlastní kapacitou cívek a přidavnými kapacitami zapojení. Čtvrtý laděný obvod je připojen přímo na diodu, což zabraňuje pronikání rušivých napětí ze zdroje přes diodu do obrazového zesilovače, neboť pro tato rušivá napětí má laděný obvod nepatrnou impedanci. Žádané šířky



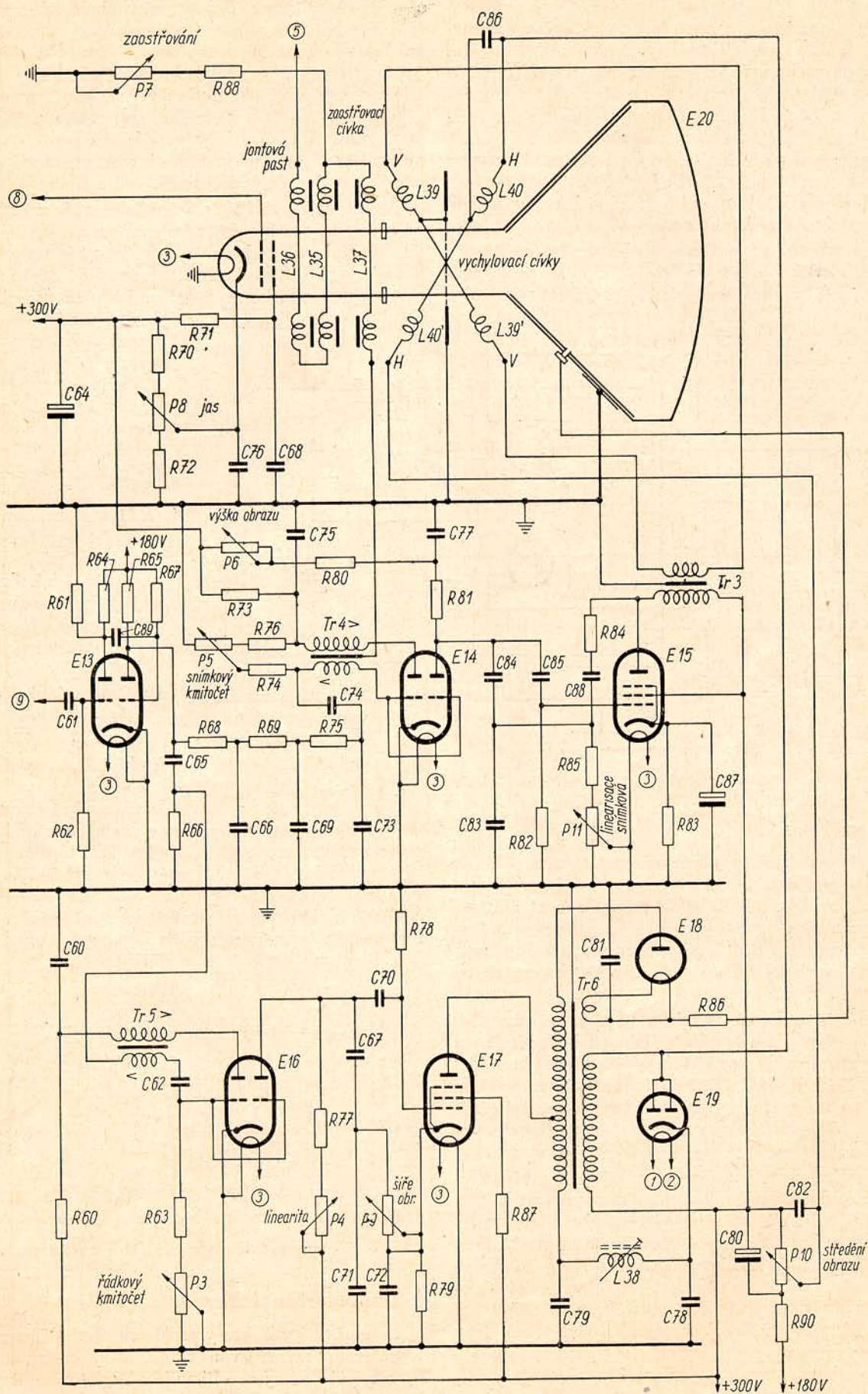
Obr. 4. Přenosová charakteristika vř zesilovače.

pásmo vř zesilovače 5 Mc/s je dosaženo naladěním jednotlivých obvodů na vzájemně odlišné kmitočty v kanálu (54,7 Mc/s, 50,5 Mc/s, 53,4 Mc/s, 51,6 Mc/s) tak zvaným stupňovitým laděním, které je výhodné především pro větší zisk na stupeň, zvýšenou stabilitu a jednodušší nastavování. Nosný kmitočet obrazu se potlačuje v zesilovači o 6 dB, průběh přenosové charakteristiky od 50,5 Mc/s do 55,5 Mc/s má maximální amplitudovou odchylku $\pm 1,5$ dB. Zesílení vř zesilovače je asi 68 dB (2500krát), jež spolu se zesílením obrazového zesilovače dává přijímači jmenovitou citlivost 1,5 mV vztaženou k plnému kontrastu obrazu. Protože zesílení vř řetězce je konstantní (reguluje se pouze vstupním potenciometrem), zůstává i poměr signál/šum neměnný, a to 40 dB, počínajíc od vstupního signálu 1 mV na zdírkách přijímače. Pro signál pod 1 mV se poměr signál/šum zhoršuje.

K získání signálu pro zvukový kanál se v přijímači používá t. zv. mezinosného systému. Na jednom systému dvojité diody *E5*, jež je zároveň detektorem obrazové modulační a představuje nelineární prvek, vzniká interference nosného kmitočtu obrazu s nosným kmitočtem zvuku rozdílový kmitočet 6,5 Mc/s, jenž se po dalším zesílení v obrazovém zesilovači odděluje a zpracovává v přijímači zvuku. Výhoda tohoto uspořádání je v tom, že



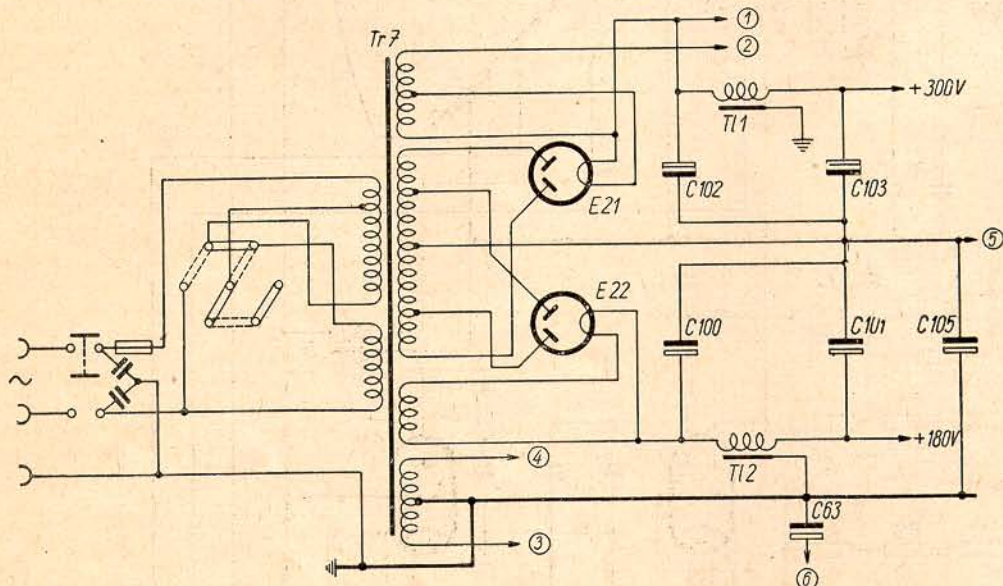
Obr. 5a. Schema vř zesilovačř, obrazovřho zesilovačř a přijímačř zvuku.



Obr. 5b. Schema obrazové části.

kmitočet 6,5 Mc/s je dán stabilitou oscilátorů vysílače, jež je daleko vyšší než bývá stabilita přijímačových oscilátorů, a že se uspoří elektronky ve zvukovém kanálu, neboť napěťová úroveň na jeho vstupu je větší než 100 mV. Aby se dosáhlo správného poměru napětí signálů 49,75 Mc/s a 56,25 Mc/s, směřovaných na diodu, bylo třeba do vf řetězce zařadit rezonanční obvod C18, L6, C34 naladěný na 56,25 Mc/s, který působí pokles napětí na tomto kmitočtu asi o 20 dB. Dodržení tohoto poměru úrovní obou signálů je nutné vzhledem k možným křížovým modulacím v detektoru.

Zásadní schema vf zesilovače, obrazového zesilovače a přijímače zvuku je na obr. 5a. V obr. 5b je schema obrazové části, v obr. 5c schema síťové části přijímače.



Obr. 5c. Schema síťové části.

3. Obrazový zesilovač

Po detekci přivádíme obrazové napětí přes filtr do obrazového zesilovače. Obrazový zesilovač má zesílit modulační napětí pro řídicí elektrodu obrazovky. První stupeň současně zesiluje synchronizační impulsy a rozdílovou frekvenci 6,5 Mc/s a proto se musí 1. stupeň obrazového zesilovače konstruovat pro přenos pásma širokého asi 7 Mc/s.

Vazebním členem mezi detektorem a obrazovým zesilovačem je filtr, který působí jako dolnokmitočtová propust. Vzhledem k linearitě fáze se jeho mezní kmitočet volí asi 12 Mc/s. Hodnota R22 se řídí velikostí nejvyššího přenášeného kmitočtu a celkovou kapacitou. Filtr zároveň účinně blokuje vstup obrazového zesilovače pro vf kmitočet.

V anodovém obvodu elektronky E6 je korekční tlumivka L16, pomocí níž se kompenzuje přenosová křivka v oblasti 6 Mc/s. Oba stupně jsou řešeny jako dvojče. Obvod elektronky E6 je překompensován a v anodě elektronky E7, která je bez kompenzace, se průběh vyrovnává. Při návrhu je třeba přihlížet jako obvykle k hodnotám rozptylových kapacit a k nejvyššímu přenášenému kmitočtu. Stínící mřížky jsou napájeny společně. Aby zvlnění na zdroji vyvolané kolísajícím proudem koncové elektronky obrazu i zvuku nerušilo obraz, blokují se stínící mřížky elektrolytickým kondensátorem. Proto je též na tento kondensátor zapojen i pracovní odpor v ano-

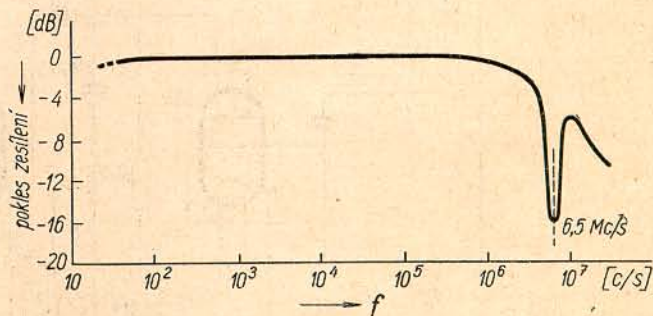
dovém obvodu první elektronky obrazového zesilovače E6. Kondensátor musí mít značnou kapacitu, aby správně kompenzoval. Koncový stupeň obrazového zesilovače je zapojen tak, aby pro synchronizační impulsy a zvukový doprovod působil jako katodový sledovač. Pro obrazové signály pracuje jako normální zesilovač s neblokovanou katodou. Z jeho anody se odebrává modulační napětí pro mřížku obrazovky. Přenosová charakteristika obrazového zesilovače je na obr. 6.

Aby kmitočet 6,5 Mc/s nerušil obraz, je v katodovém obvodu elektronky E7 zapojena zádrž 6,5 Mc/s. Z ní jde též linková vazba na obvod, který je na vstupu přijímače zvuku. Z katody elektronky E7 odebráme také napětí pro oddělovač synchronizačních impulsů. Ode-

bírání tohoto napětí z obvodu elektronky E5 by bylo výhodnější, neboť na obnoviteli stejnosměrné složky by pak byly synchronizační impulsy s větší amplitudou a již podložené stejnosměrnou složkou. Použití elektronky 6CC31 (E13, viz obr. 5b) jako zesilovače synchronizačních impulsů si však vyžádalo, aby přivedené napětí bylo s kladnými synchronizačními impulsy. Připojení na anodu elektronky E7 by nebylo výhodné, protože by se tím zvětšila přídavná paralelní kapacita.

Zesilovač obrazových kmitočtů má na obou stupních elektronky 6F32. Neblokované katodové od-

pory zavádějí negativní zpětnou vazbu, která má příznivý vliv na snížení tvarového skreslení. Elektronka na koncovém stupni dává výstupní napětí přibližně 30 V šp/šp. Toto výstupní napětí stačí k promodulování obrazovky E20 (250B1). Elektronka E7 je však na mezi svých možností. Přes vazební kondensátor přivádíme z její anody modulační napětí na obnovitele ss složky.



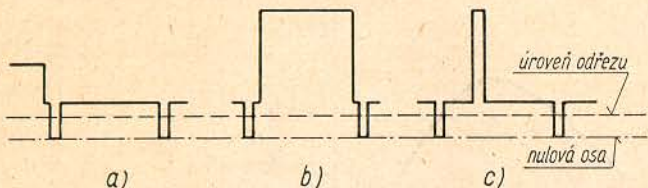
Obr. 6. Přenosová charakteristika obrazového zesilovače.

4. Obnovitel ss složky

Modulační signál, který projde vazebním členem s kondensátorem, ztratí svou t. zv. stejnosměrnou složku. Tvar napětí, který se objevuje na výstupu z detektoru, je znázorněn v obr. 7. Toto napětí má svou stejnosměrnou složku zachovanou a vyjadřuje:

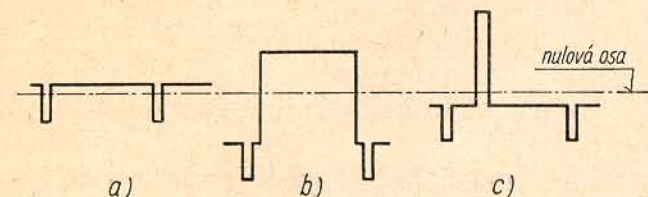
a) řádek s černou modulací; b) bílý řádek; c) černý řádek s bílým prvkem.

Modulační napětí je znázorněno v kladné polaritě, t. j. signál obrazu je kladný a synchronizační impulsy záporné. Vložená stejnosměrná složka má za následek, že tato různá napětí odlišného průběhu mají společnou základnu, z níž se vychází. Je to stoprocentní úroveň modulace, které odpovídají vrcholy synchronizačních impulsů.



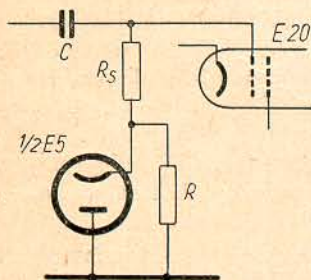
Obr. 7. Různé řádky se ss složkou: a) černá, b) bílá, c) černá s bílým prvkem.

Další obrázek 8 ukazuje průběhy napětí, které jsme zbavili stejnosměrné složky, na př. průchodem přes RC-člen. Jinak jsou tyto řádky totožné s řádky znázorněnými v obr. 7. Napětí se nastaví symetricky okolo střední osy tak, aby se střední hodnota rovnala nule. Je zřejmé, že různé řádky, t. j. řádky s různou obrazovou



Obr. 8. Napětí jako v obr. 7, ale bez ss složky.

modulací, by také podle této modulace potřebovaly vždy jiné nastavení regulátoru jasu. Při určitém nastavení by na př. již nebyl potlačen zpětný chod paprsku nebo naopak při malé úrovni jasu by se modulace dostala za závěrný bod obrazovky. Tím by silně trpěl kontrast.



Obr. 9. Zapojení obnovitele ss složky.

V televizním signálu jsou synchronizační impulsy, které mají vždy touž hodnotu úrovně. Je proto možné použít této hodnoty jako vztažné. Obnovitel ss složky pak může být zapojen podle obr. 9. Při tomto zapojení se ss složka získává jednoduše usměrněním televizního signálu a nabíjením kondenzátoru C přes odpor R_s a R_i na určitou hodnotu podle velikosti napětí. Přivede-li modulaci tak, že je kladná a synchronizační impulsy jsou záporné, bude dioda od určitého napětí nabíjet kondenzátor C . Tento náboj pak samočinně posune pracovní bod obrazovky na vhodné místo charakteristiky. Náboj nashromážděný na C je dán hodnotami C , R_s , R_i a R_i diody. Časová konstanta se zvolí tak, aby během jedné řádky, když se vybíjí náboj na kondenzátoru, pokles napětí nepřestoupil hodnotu 2 %. To vyžaduje, aby konstanta RC byla nejméně $50t$, (kde t je doba trvání řádku), t. j. asi 3,5 ms. V našem případě je kolísání napětí na mřížce obrazovky daleko menší, neboť použitá konstanta RC je vyšší. Obnovitelem ss složky se při

televizním signálu ustálí napětí pro řídicí mřížku obrazovky na určité hodnotě. Přitom však pomalu sleduje případná kolísání v amplitudě synchronizačních impulsů. V přijímači 4001A používáme jako diody druhého systému elektronky E5 (6B31), která je v detekčním stupni.

5. Oddělovač synchronizačních impulsů

Protože ve stupni pro oddělování synchronizačních impulsů od obrazové modulace se použilo dvojité triody 6CC31 (E13), která nemá rozdělené katody obou systémů, a protože rázující oscilátory vychylovacích obvodů potřebují k synchronizaci kladné synchronizační impulsy přiváděné na mřížky, je na vstupu dvoustupňového oddělovače třeba televizního signálu ve stejné polaritě modulace. Nelze tedy pro náš účel využít výhod, které poskytuje snímání synchronizačních impulsů odebraných z obnovitele ss složky za druhým obrazovým zesilovačem, kde by to bylo nejjednodušší; jsme nuceni učinit tak o stupeň dříve, v katodě E7. Tam však nemáme signál se ss složkou. Že je k separaci synchronizačních impulsů ss složky nezbytně třeba, připomeneme si podle vyobrazení 7, kde jsou uvedeny různé druhy modulačního signálu. Všimněme si, že u signálu se ss složkou jsou všechny vrcholy v jedné úrovni a že není zvlášť obtížný úkol oddělit na jedné úrovni modulaci od synchronisace, takže zbude jen sama synchronisace.

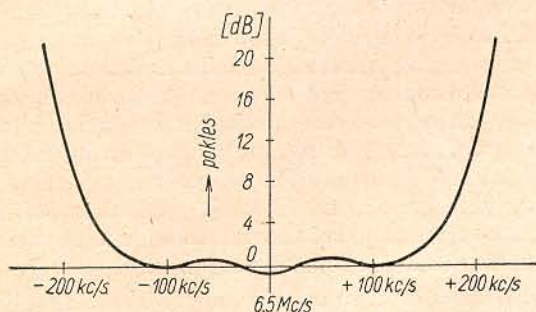
Všimněme si dále, co nastane, chybí-li ss složka. Signály jsou souměrné kolem osy nulové úrovně, ale vzájemně pak na různé úrovni. Pak není možné oddělování na předem určené úrovni. Aby se zapojení zbytečně nekomplikovalo, je první polovina elektronky 6CC31 (E13) synchronizačního oddělovače zapojena s mřížkovým svodem. Elektronka pak působí nejprve jako obnovitel ss složky a pak jako oddělovač pracující v záporné oblasti charakteristiky. Mřížkovým proudem se totiž samočinně nastaví takové záporné předpětí, aby v účinné části charakteristiky zůstaly jen synchronizační impulsy. Jedině těmi lze ovládat anodový proud elektronky. Veškerá obrazová napětí, nacházející se na charakteristice (posunutím pracovního bodu) v oblasti zápornější než je závěrné napětí, budou potlačena. Oddělené impulsy přivádíme z anody první sekce 6CC31 přes kapacitu na druhý stupeň. Je to druhá polovina elektronky 6CC31 s tak volenými pracovními podmínkami, že se mřížková charakteristika velmi zkrátí. Proto napětí přiváděné za normálního provozu daleko přestoupí schopnost elektronky zpracovávat je, takže výstupní napětí bude omezeno jak v oblasti nasyceného anodového proudu, tak i v závěrné oblasti elektronky (t. j. oblasti zániku anodového proudu). Toto dodatečné omezování na obou koncích charakteristiky stabilisuje úroveň synchronizačních impulsů. Takto zpracované synchronizační impulsy rozdělujeme na snímkové a řádkové pomocí derivačního a integračního obvodu.

6. Přijímač zvuku

Nosný kmitočet pro přenos zvukového doprovodu je modulován kmitočtově s modulačním indexem 5 (t. j. se zdvihem ± 75 kc/s při nejvyšším tónovém kmitočtu 15 kc/s). Pro návrh přijímače musíme znát potřebnou šířku pásma pro neskreslený přenos mezifrekvenčního kmitočtu. Vezme-li se za základ pro určení potřebné šířky pásma kmitočtový obor amplitud postranních pásem větších než 1 % amplitudy nosné vlny, pak při modulačním indexu 5 a $f_{nt} = 15$ kc/s vyjde šířka pásma

225 kc/s. Na základě theoretických úvah a výsledků pokusů se ukazuje, že ke kvalitnímu přednesu stačí přenášet frekvenční pásmo široké 180 kc/s.

U přijímače používajícího mezinosného systému je nebezpečí namodulování amplitudních změn na nosný kmitočet zvuku. Nejvíce ze všeho ruší parazitní amplitudová modulace mf kmitočtu 6,5 Mc/s snímkovými synchronizačními impulsy, protože snímkové synchronizační impulsy jsou svým kmitočtem 50 c/s s bohatým obsahem harmonických ve slyšitelném pásmu. Za těchto podmínek, měl-li by přijímač nedostatečné amplitudové omezování, toto rušení by pronikalo do nf zesilovače a zhoršovalo by poslech zvukového doprovodu. Proto se při návrhu přijímače kladl velký důraz na dobrou funkci amplitudových omezovačů. Těmto podmínkám vyhovuje diskriminátor s dvěma omezovači.



Obr. 10. Přenosová charakteristika mf zesilovače zvuku počínajícího omezovat.

Vraťme se k zvukové mezifrekvenci odebrané na katodovém obvodu elektronky E7 obrazového zesilovače (obr. 5a) a vedené vazební linkou na první obvod přijímače zvuku. Z obvodu se napětí přivádí na mřížku prvního omezovače s elektronkou 6F32 (E8), který pracuje ještě s poměrně vysokým anodovým napětím. Vazební člen RC v obvodu první mřížky prvního omezovače má časovou konstantu 1,5 ms, zvolenou tak, aby předpětí stačilo sledovat i krátkodobé rychlé poruchové impulsy. Za prvním omezovačem následuje pásmový filtr s nadkritickou vazbou. Tento filtr spolu s jednoduchým vstupním obvodem dává výslednou přenosovou křivku s poklesem o 3 dB na ± 150 kc/s (obr. 10). Se stoupající úrovní signálu se více uplatňuje účinek omezovačů a vrchol křivky se ještě více zplošťuje. Přes člen RC s časovou konstantou 2,5 ms přichází signál na druhý omezovací stupeň, též osazený elektronkou 6F32 (E9). Tento stupeň se liší od předešlého svým nízkým anodovým napětím řádu několika málo voltů. Stupeň pak již nezsiluje, za to však velmi účinně omezuje procházející signál.

Diskriminátor je obvyklého typu, mnohokrát již popsaného v odborné literatuře. Má miniaturní elektronku 6B31 (E10). Charakteristika diskriminátoru je na obr. 11. Nf napětí se vede na regulátor hlasitosti a odtud na nf předzesilovač s elektronkou 6BC32 (E11).

V koncovém stupni se použilo miniaturní elektronky 6L31 (E12). V nf zesilovačích je zavedena záporná zpětná vazba velikosti 9 dB ($\beta z = 2,5$). Tím poklesne výstupní odpor nf zesilovače a nf charakteristika se vyrovná až do 15 kc/s. Reprodukční průměr 20 cm se zdokonalenou konstrukcí má bohatší přednes vysokých tónů. Výstupního výkonu 2 W se dosáhne se skreslením menším než 2 %.

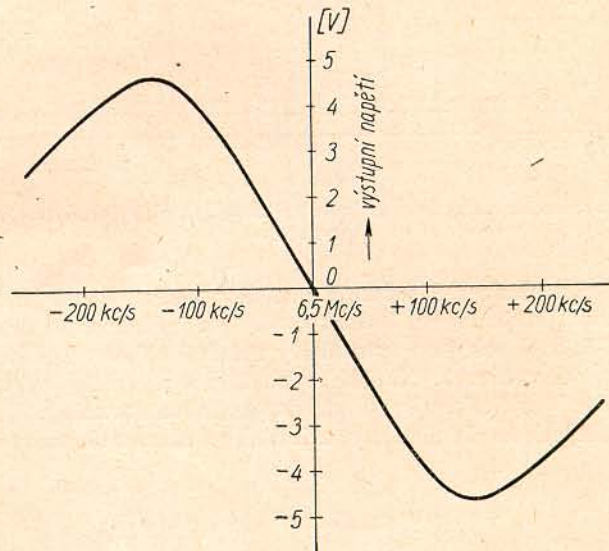
7. Obrazová část

7.1. Řádkový rozklad

Funkce blokovacího oscilátoru

První systém elektronky E16 (obr. 5b) je blokovací oscilátor řádkového rozkladu a druhý systém je vybíjecí elektronka pro kondensátor C67.

Po zapnutí proteče anodový proud primárním vinutím



Obr. 11. Křivka diskriminátoru přijímače zvuku.

transformátoru Tr5. Rychlou změnou proudu se v mřížkovém vinutí indukuje napětí takové polarity, že se mřížka stává kladnější. Tím opět stoupne anodový proud a kladné napětí mřížky. Po dosažení nasyceného stavu nastane zvrát. Při tom se kondensátor C62 nabil mřížkovým proudem na značné napětí záporné polarity vzhledem k mřížce. Při poklesu indukovaného napětí v mřížkovém vinutí transformátoru se mřížka rychle stává zápornější.

Transformátor Tr5 se chová jako rezonanční obvod. Jeho vlastní kmitočet je dán indukčností vinutí a rozptylovými kapacitami. Je to vlastně zcela běžné zapojení oscilátoru sinusového napětí. Rozdíl je zde však ten, že vazební činitel a vazební kapacita C62 jsou tak velké, že vznikne pouze jedna půlperioda vlastního rezonančního kmitočtu obvodu, při níž se kondensátor C62 nabije na takovou hodnotu napětí záporné polarity, že elektronka až do doby jeho vybití nekmitá.

Kondensátor se vybíjí přes odpor R63 a P3. Poněvadž se kondensátor vybíjí na velmi nízkou hodnotu napětí, je průběh pilovitého napětí na mřížce elektronky E16 (6CC31) značně nelineární. Lineárnější pilovité napětí se získává až ve druhém systému elektronky E16.

Synchronisace oscilátoru

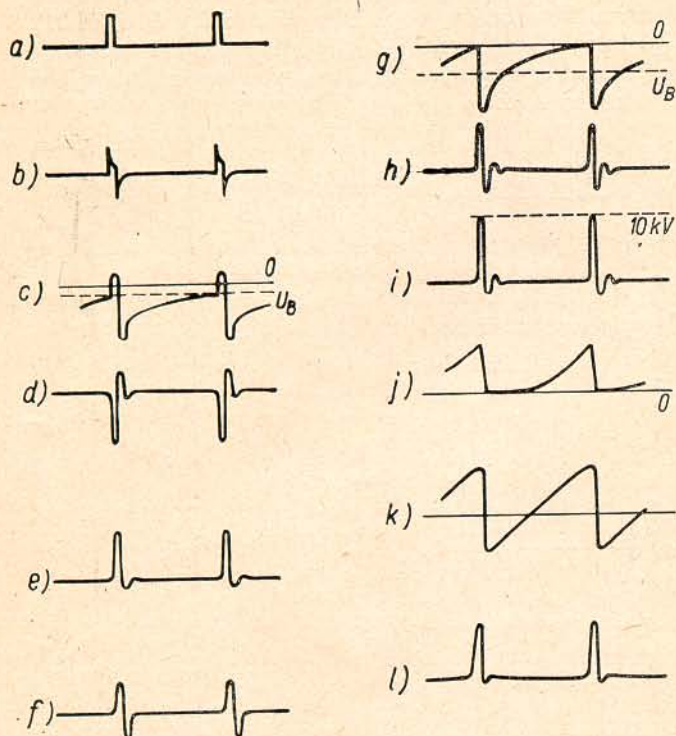
Synchronizační impulsy udržují napětí oscilátoru co do frekvence a co do fáze stejné s vysílačem. Oscilátor nemůže nasadit další kmit, dokud se kondensátor C62 nevybije na hodnotu, kdy začíná protékat anodový proud. Přivedením synchronizačního napětí kladné polarity do mřížkového obvodu blokovacího oscilátoru nastane další kmit dříve.

Řádkové synchronizační impulsy mají na anodě elektronky E13 přibližně pravoúhlý průběh. Tento průběh

není pro synchronisaci zvláště vhodný. Proto se impulsy derivují obvodem $C65$, $R66$. Impulsy s ostrými náběhovými hranami podle obr. 12b spouští blokovací oscilátor.

Transformátor blokovacího oscilátoru

Nejvýhodnějším se ukázal převod 2:1. Použití normálních křemíkových plechů se neprojevovalo nijak škodlivě. Pokusy ukázaly spíše výhodnost většího tlumení obvodu vzhledem k malému dokmitávání.



Obr. 12. Průběhy proudu a napětí na jednotlivých bodech řádkového rozkladu.

- a — synchronizační impuls na anodě elektronky E16
- b — derivovaný impuls na odporu $R66$
- c — napětí na řídicí mřížce blokovacího oscilátoru
- d — napětí na anodě blokovacího oscilátoru
- e — anodový proud blokovacího oscilátoru
- f — napětí na mřížkovém vinutí blokovacího oscilátoru
- g — napětí na mřížce elektronky E17
- h — napětí na anodě elektronky E17
- i — napětí na anodě elektronky E18
- j — anodový proud elektronky E17
- k — proud vychylovacími cívkami
- l — napětí na vychylovacích cívkách.

Regulace kmitočtu pilovitého napětí

Kmitočet je v podstatě dán časovou konstantou obvodu složeného z kondensátoru $C62$ a odporů $R63$ a $P3$ a je plynule regulovatelný potenciometrem $P3$ od 13 kc/s do 17 kc/s. Odpor $R60$ a kondensátor $C60$ v anodovém obvodu blokovacího oscilátoru mají pouze ochranný a filtrační účinek.

Obvod k získávání pilovitého napětí požadovaného průběhu

Kondensátor $C67$ se nabíjí přes odpor $R77$ a potenciometr $P4$ a vybíjí přes elektronku $E16$ při kladných mřížkových impulsích z blokovacího oscilátoru. Potenciometrem $P4$ lze řídit velikost pilovitého napětí vznikajícího na kondensátoru $C67$ a tím i otevírání elektronky $E17$.

Aby se dosáhlo lineárního vychylování, je třeba, aby budící pilovité napětí mělo vhodný průběh. Na tento

průběh působí kondensátor $C71$ a potenciometr $P9$. Potenciometrem lze regulovat linearitu řádkového rozkladu a šířku obrazu. Napětí vhodného průběhu se přivádí na mřížku výkonového stupně. Elektronka $E17$ (6L31) má v katodovém obvodu jen malý ochranný odpor a automatické předpětí se vytváří mřížkovým proudem na odporu $R78$. Poněvadž odpor $R78$ má dosti vysokou hodnotu, budící napětí se podstatně neskresluje.

Výstupní transformátor

Výstupní transformátor má přizpůsobit vychylovací cívkou na koncovou elektronku a získávat vysoké napětí pro druhou anodu obrazové elektronky.

Transformovaná indukčnost vychylovacích cívek tvoří spolu s rozptylovými kapacitami rezonanční obvod. Elektronka je buzena pilovitým napětím a anodový proud má též průběh. Přitom vzniká na indukčnosti vychylovacích cívek napětí $L \cdot di/dt$. Při lineárním průběhu pilovitého proudu je tato hodnota konstantní. Z toho vyplývá podmínka lineárního vychylování: napětí na vychylovacích cívkách má být při chodu vpřed konstantní.

Při zpětném chodu se elektronka náhle uzavře. Energie nahromaděná při chodu vpřed na indukčnostech obvodu by způsobila rozkmitání obvodu tlumenými kmity s kmitočtem daným rezonančním obvodem transformátoru. Při vhodném tlumení vznikne pouze půlperioda tohoto kmitočtu, která zároveň udává i dobu trvání zpětného chodu.

V přijímači se použilo zvláštního zapojení tlumicího obvodu s elektronkou $E19$, (6Z31), kde se energie při zpětném chodu neničí v odporech, ale převádí se zpět do obvodu jako zvýšené anodové napětí pro elektronku $E17$ (6L50). Energie se využije též k získání napětí pro vychylovací cívkou v době, kdy je elektronka ještě uzavřena vysokým záporným předpětím mřížky. Elektronky $E17$ a $E19$ působí obdobně jako dvojčinný zesilovač třídy B. Diodu $E19$ řídí rezonanční obvod $L38$, $C78$, $C79$, naladěný přibližně na kmitočet řádkového oscilátoru. Změnou indukčnosti $L36$ lze v určitých mezích řídit linearitu řádkového rozkladu. Na řádkový transformátor se klade mnoho požadavků (malé ztráty, co nejtěsnější vazba mezi vinutím, malá vlastní kapacita vinutí a bezpečnost proti probití). Požadavek těsné vazby vedl k použití uzavřených jader s velkou permeabilitou. Po mnohých zkouškách se podařilo vyvinout transformátor, který vyhovuje všem těmto požadavkům, a navíc se podařilo nahradit permalloyové nebo ferritové jádro křemíkovými plechy. Znamená to při velmi dobré účinnosti velikou úsporu vzácných materiálů a zlevnění výroby. Dále se podařilo téměř úplně potlačit rušivý tón 15 kc/s, způsobený mechanickým rozkmitáním jádra transformátoru a tak rušivě působící u mnohých zahraničních přijímačů.

Získávání vysokého napětí pro druhou anodu obrazovky

Na primárním vinutí výstupního transformátoru vznikají při zpětném chodu impulsy vysokého kladného napětí vzhledem k zemi. Napětí se transformuje nahoru a usměrní se elektronkou $E18$. Na kondensátoru $C81$ je pak napětí zhruba 9 kV. To se dále filtruje odporem $R86$ a kapacitou tvořenou vnitřním a vnějším vodivým povlakem obrazovky. Dioda $E18$ se žhaví z výstupního transformátoru vzhledem k vysokému napětí na žhavení.

Středění obrazu

Podle polohy potenciometru *P10* protéká vychylovacími cívkami v jednom či druhém směru stejnosměrný proud. Tím lze posunovat obraz doleva či doprava. Umožňuje to můstkové zapojení sekundárního vinutí, potenciometru *P10* a elektronky *E17*.

Kondensátor *C86*, zapojený v jedné polovině řádkové vychylovací cívk, odstraňuje nákmity v první části pilového průběhu proudu cívkami.

Průběh proudu a napětí na jednotlivých bodech řádkového rozkladu znázorňuje obr. 12.

7.2. Snímkový rozklad

Blokovací oscilátor snímkového rozkladu

Funkce blokovacího oscilátoru je táž jako u oscilátoru řádkového rozkladu. Kmitočet oscilátoru je dán časovou konstantou členů *R74*, *C74*, *C73*. Běžné zapojení oscilátoru s uzemněným mřížkovým svodem se zde ukázalo jako neuspokojivé co do změny kmitočtu s kolísáním sítě. Aby byl obvod nezávislý na napájecím napětí, dostává mřížka malé kladné napětí z potenciometru *P5* z anodového obvodu. Tímto napětím se velmi dobře kompensuje vliv kolísání anodového napětí na kmitočet oscilátoru. Změnou kladného předpětí se mění i závěrné napětí elektronky *E14* (6CC31). Toho se použilo k řízení kmitočtu oscilátoru potenciometrem *P5*. Regulační rozsah je přibližně 40 až 60 c/s.

Synchronisace oscilátoru

Integrační řetězec z anody elektronky *E13* má oddělit snímkové synchronizační impulsy od řádkových. První člen integračního obvodu tvoří odpor *R68* a kondensátor *C66*. Jeho časová konstanta je zvolena tak, že se při krátkých řádkových synchronizačních impulsích stačí kondensátor *C66* vybit, kdežto při dlouhých impulsích snímkových se kondensátor při každém impulsu nabije na vyšší napětí. Další členy řetězce, který se skládá z odporů *R69* a *R75* a kondensátorů *C69* a *C73*, mají filtrační účinek, odstraní zbytky řádkových impulsů a upraví výsledný snímkový impuls. Kondensátor *C73* je již součástí mřížkového obvodu oscilátoru a oscilátor se spouští synchronizačními impulsy jako u řádkového oscilátoru.

Transformátor blokovacího oscilátoru

Převod je 4:1. Indukčnost transformátoru je značně vyšší než u transformátoru řádkového rozkladu, aby bylo menší špičkové zatížení elektronky. Použití normálních křemíkových plechů zajišťuje dostatečně těsnou vazbu vinutí a vhodné tlumení obvodu. Odpor *R73* a kondensátor *C75* v anodovém obvodu elektronky mají pouze filtrační a ochranný účinek.

Na obrázku 13 jsou průběhy napětí a proudu na jednotlivých bodech blokovacího oscilátoru.

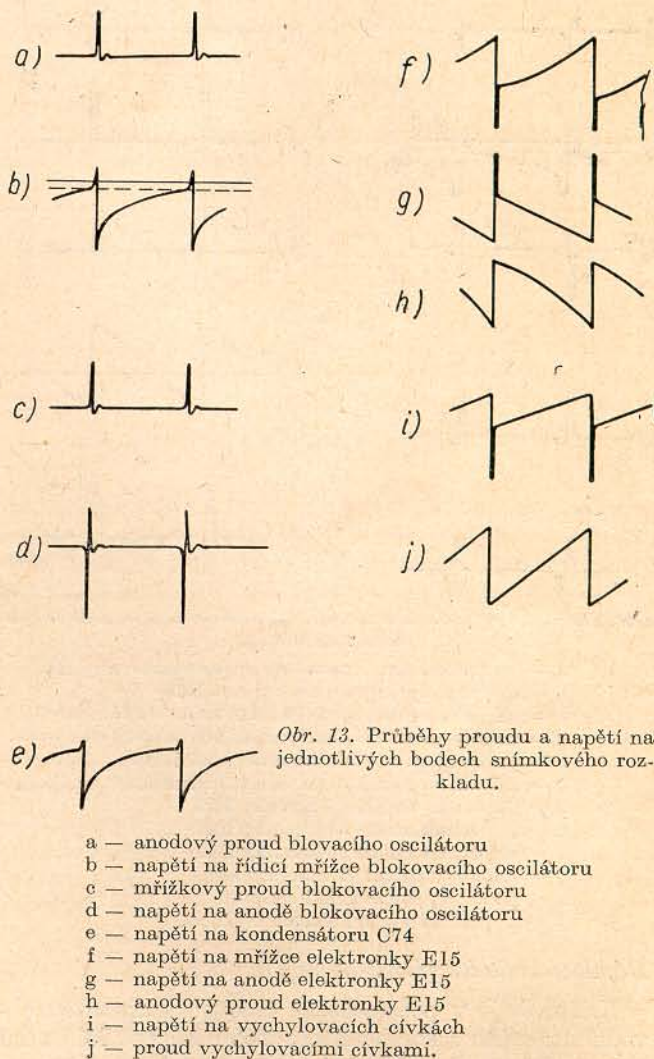
Obvod pro získávání pilovitého napětí

Druhého systému elektronky *E14* se používá jako vybíjecího členu kondensátoru *C84*. Mřížky elektronky jsou spolu spojeny a vybíjecí elektronka je otevřena pouze krátkou dobu kladným impulsem z blokovacího oscilá-

toru. V této době se kondensátor rychle vybije přes elektronku. V době, kdy je elektronka uzavřena, nabíjí se kondensátor *C84* přes odpory *R81*, *R80* a *P6*. Na kondensátoru vzniká pilovité napětí, jehož velikost (a tím i výšku obrazu) lze měnit potenciometrem *P6*. Nabíjecí napětí se filtruje kondensátorem *C77*.

Výkonový zesilovač

Pilovité napětí se přivádí přes člen s dostatečně velkou časovou konstantou na mřížku elektronky *E15* (6L31). Výstupní transformátor s převodem 20:1 přizpůsobuje impedanci vychylovacích cívek pro optimální výkon elektronky *E15*.



Obr. 13. Průběhy proudu a napětí na jednotlivých bodech snímkového rozkladu.

- a — anodový proud blokovacího oscilátoru
- b — napětí na řídicí mřížce blokovacího oscilátoru
- c — mřížkový proud blokovacího oscilátoru
- d — napětí na anodě blokovacího oscilátoru
- e — napětí na kondensátoru *C74*
- f — napětí na mřížce elektronky *E15*
- g — napětí na anodě elektronky *E15*
- h — anodový proud elektronky *E15*
- i — napětí na vychylovacích cívkách
- j — proud vychylovacími cívkami.

Řízení linearity snímkového rozkladu

Aby se dosáhlo dobré linearity, použilo se negativní napěťové zpětné vazby z anody elektronky *E15* na anodu předchozí elektronky. Tato vazba je velmi účinná a bylo možno použít poměrně nízkých indukčností výstupního transformátoru bez nebezpečí skreslení průběhu.

Odpor *R84* má vliv na linearitu nejvyšší části obrazu. Celkovou linearitu lze v širokých mezích měnit potenciometrem *P11*. Vazba vyrovnává též vliv zakřivení charakteristiky elektronky *E15*. Velkým katodovým odporem *R83* se omezí anodový proud a dosáhne se optimální účinnosti.

8. Obrazová elektronika

Televizní obrazovka 250 Bl, použitá v přijímači, má průměr stínítka 250 mm; pro obraz se využilo plochy 200×150 mm. Vychyluje a zaostřuje se magnetickým polem. Systém iontové pasti používá kombinace elektrostatického a magnetického pole. Napětí na hlavní anodě potřebné pro dostatečný jas je 7 až 9 kV při $I(ss) \approx \pm 100 \mu A$. Stínítko obrazovky působí dojemem rovné plochy, neboť poloměr jeho zakřivení je asi 110 cm. Úhel vychylování elektronového paprsku je 55° .

Provozní hodnoty: žhavení 6,3 V/0,6 A; $V_{a2} = 9$ kV; $V_{a1} = 250$ V; $V_{a1} = -12,5$ V ... -45 V.

Zaostřovací cívka

Elektronový paprsek se zaostřuje magnetickým polem vytvářeným cívkou, jíž protéká celkový stejnosměrný proud přijímače. Cívka je uzavřena v železném krytu, který má ve vnitřní válcové ploše vzduchovou mezeru širokou 5 mm. K zaostření paprsku je třeba 500–550 Az, zaostření se nastavuje potenciometrem zapojeným paralelně k cívkě.

Iontová past

Aby záporné ionty uvolňované katodou neporušily po delším provozu stínítko obrazovky vytvořením iontové skvrny (temného kruhového místa průměru několika centimetrů ve středu stínítka obrazovky), má obrazovka t. zv. iontovou past. U obrazovky 250Bl vytváří iontovou past jednak šikmo seříznutý válec pomocné i hlavní anody, jednak dva elektromagnety nasunuté zevně na hrdlo obrazovky. Činnost takto provedené iontové pasti je tato: Šikmo seříznuté anody vytvoří elektrostatické pole, které svírá jistý úhel s drahou svazku elektronů a iontů. Protože elektrony i ionty mají též náboj a zrychlení jim udílí táž síla, mají touž kinetickou energii. Šikmé elektrostatické pole působící na jejich náboj je tedy odchýlí pod týmž úhlem. Tento odchýlený paprsek elektronů a iontů pak přichází do magnetického pole vytvářeného první elektromagnetem. Protože však síla působící v magnetickém poli na nabitou částici závisí jak na náboji, tak na rychlosti, odchylují se ionty, jejichž rychlost je podstatně menší než rychlost elektronů, od dráhy, kterou zaujaly působením elektrostatického pole, mnohem větším poloměrem než elektrony. Elektrony se tedy vrátí téměř do původního směru a jejich vychylku ještě koriguje slabší magnetické pole opačného směru, které vytváří druhý elektromagnet. Svazek elektronů pak vstupuje do prostoru zaostřovací cívky. Ionty málo stočené magnetickým polem strhne hlavní anoda obrazovky.

Vychylovací cívky

K vychylování je třeba dvou párů vychylovacích cívek. Jeden vychyluje vodorovně a druhý svisle.

Prochází-li svazek elektronů magnetickým polem, nastane vychýlení, které je dáno rychlostí elektronů a intenzitou magnetického pole. Pole má být pokud možno homogenní, aby se jednotlivé části svazku stejně vychylovaly a aby se nerozostřovaly. Pro homogenní pole platí, že úhel vychýlení je úměrný intenzitě magnetického pole, a tedy i proudu vychylovacími cívkami. Je-li střed zakřivení stínítka ve středu vychylovacích cívek, je i vychylka na stínítku úměrná proudu. V našem případě

je poloměr zakřivení stínítka značně větší. Aby i zde byla vychylka úměrná intenzitě proudu, bylo třeba cívky upravit tak, aby nejsilnější pole bylo uprostřed a aby se zeslabovalo ke krajům. Dosáhlo se toho vhodným tvarem vinutí.

Provedení vychylovacích cívek

Cívky jsou samonosné a upravené tak, aby dosedly pokud možno těsně na hrdlo obrazovky. Delším párem cívek jsou cívky řádkového rozkladu, kratší cívky jsou pro snímkové vychylování. Vyhnutá čela zmenší rozostření paprsku působené magnetickým polem čel vinutí. Délku cívek omezuje vnitřní okraj hrdla obrazovky. Při delších cívkách by nastalo zaclonění paprsku.

9. Síťová část (obr. 5c)

Aby rozptylové pole síťového transformátoru $TR7$ nemělo vliv na elektronový paprsek obrazovky, počítalo se vinutí transformátoru nejprve tak, aby sycení nepřestoupilo 5000 G. Pozdější pokusy však ukázaly, že při navrženém umístění transformátoru lze sycení zvýšit na 7500 G a tím ušetřit značně na váze transformátorových plechů.

Primární vinutí transformátoru je navrženo tak, že voličem napětí se zapojují při 120 V dvě jeho sekce paralelně, při 220 V tytéž dvě sekce do serie (zmenšené jen o počet závitů odpovídající 20 V). To usnadňuje výrobu, neboť vinutí je provedeno vodičem jediného průřezu. Protože vodič je při jednom i při druhém zapojení stejně zatížen, dimensuje se jako pro 220 V vinutí.

Transformátor je opatřen tavnou pojistkou. Protože vypínač spojený s potenciometrem by měl při provozu přijímače na 120 V nedostatečnou životnost, použilo se vypínače 4 A páčkového.

Usměrňovací elektronky $E21$, $E22$ (AZ4) jsou zapojeny tak, že jedna je připojena na celé sekundární vinutí a dává ss napětí 300 V, druhá je zapojena na odbočky téhož vinutí a dává 180 V ss. Tímto zapojením se sníží spotřeba přijímače o 9 W, protože není nutné srazet napětí pro elektronky 6F32, které jsou konstruovány pro provoz s max. 180 V anodového napětí. Pro nižší napětí bylo možno použít elektronky AZ1. Je nezbytné, aby elektronka $E21$ pro napětí 300 V měla malý vnitřní odpor. Aby se po delší době provozu přijímače obě elektronky mohly zaměnit, je výhodnější použít obou typů stejných. Filtrační řetězec je běžného provedení s dvěma tlumívkami.

Literatura

- [1] Bjalik: Širokoplosnyje usiliteli, 1951, Gosenergoizdat, Moskva.
- [2] Cocking: Television Receiving Equipment, 1950, London.
- [3] Fink: Television Standards and Practice, N. York, 1943.
- [4] Goldsmith: Frequency modulation, 1948, Princeton.
- [5] Henney: Radio Engineers Handbook, 1950, Mc Graw-Hill, N. York.
- [6] Hund: Frequency Modulation Engineering, 1942, N. York.
- [7] Ignatjev: Televidenie, 1951, Moskva.
- [8] Kiver: Television Simplified, N. York, 1948.
- [9] Schade H.: RCA Review 9, 1947, str. 506–538.
- [10] Bednařík-Daněk: Slaboproudý obzor 1952, č. 5, 6, str. 100 až 106, 129–132.
- [11] Sutjagin: Ljubitel'skij televizor KVN 49, 1951, Gosenergoizdat, Moskva.
- [12] Terman: Radio Engineers Handbook, 1947, N. York.
- [13] Zworykin-Morton: Television, 1948, N. York.

[7. 3. 1953]