

PRZEGLĄD RADJOTECHNICZNY

WYDAWANY STARANIEM SEKCJI RADJOTECHNICZNEJ STOW. ELEKTR. POLSKICH

Pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok VII.

1 Października 1929 r.

Zeszyt 19—20

Redaktor por. STEFAN JASIŃSKI.

Warszawa, Marszałkowska 33 m. 11, tel. 140-45.

SOMMAIRE.

Amplificateur b. f. à regulation automatique de l'amplification par Janusz Groszkowski I. E., D. Sc., prof. à l'Ecole Sup. Politechnique à Varsovie et Wilhelm Rotkiewicz I. E. Ce travail contient la description et les résultats des essais de l'amplificateur b. f. à regulation automatique du degré de l'amplification pour la radiophonie. Le fonctionnement s'appuie sur le déplacement du point de travail d'une des lampes amplificatrices sur sa caractéristique à pente variable, de façon que cette pente diminue à mesure que les amplitudes du courant à amplifier augmentent. Ce déplacement est exécuté automatiquement à l'aide d'un redresseur à kenotron en dépendance de l'amplitude des courants amplifiés.

Etude d'un récepteur à réaction (à suivre) par Janusz Groszkowski I. E., D. Sc., prof. à l'Ecole Sup. Politechnique à Varsovie et Wacław Struszyński I. E. L'étude d'un récepteur à réaction est effectuée sur un modèle électrique à grande puissance. Les auteurs discutent la théorie du récepteur à réaction avec et sans détection concernée comme générateur à auto-excitation et à excitation séparée. En ce basant sur les mesures exécutées ils arrivent à des conclusions, en ce qui concerne le choix des conditions convenables du travail du récepteur. ensuite ils discutent la question de distortion et de la selection et en consequence les avantages de l'usage des circuits „low loss”.

AMPLIFIKATOR Z AUTOMATYCZNĄ REGULACJĄ WZMOCNIENIA

Prof. Dr. Janusz Groszkowski i inż. elektr. Wilhelm Rotkiewicz

I. WSTĘP.

Przy eksploatacji stacji nadawczych radjofonicznych koniecznym jest posiadanie urządzeń umożliwiających regulację wzmocnienia, amplifikatorów mikrofonowych a to z powodu znacznych wahań natężenia prądów mikrofonowych, wywołanych niejednakowym obciążeniem mikrofonu zależnie od rodzaju nadawanej audycji.

Obecnie regulacja wzmocnienia odbywa się ręcznie, co oczywiście nie daje możliwości szybkiego zapobiegania skutkom raptownego wzrostu natężenia dźwięków nadawanej audycji, jak to nagłe forte orkiestry lub jakiś niespodziewany efekt ilustracji dźwiękowej i t. d. Bez regulacji wzmocnienia lub przy regulacji nieodpowiedniej, może nastąpić przemodulowanie na stacji nadawczej następstwa czego są oczywiście znane. Istnieje szereg zgłoszonych patentów*), umożliwiających automatyczną, szybko działającą regulację wzmocnienia, lecz żaden z nich dotychczas nie znalazł szerszego zastosowania niewątpliwie z powodu niepewnego działania lub ze względu na wywoływane zniekształcenia.

2. CEL PRACY.

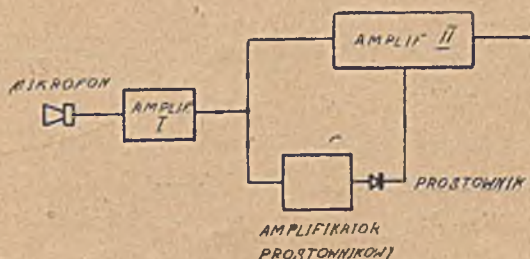
Celem niniejszej pracy było wykonanie i zbadanie urządzenia**) dla automatycznej regulacji wzmocnienia amplifikatora mikrofonowego, które zu-

pełnie bez zniekształceń ma regulować wzmocnienie oraz ograniczać wyjściową amplitudę amplifikatora i tym sposobem utrzymywać głębokość modulacji w dopuszczalnych granicach, zapobiegając jednocześnie szkodliwym wpływom chwilowego nadmiernego wzrostu natężenia dźwięków.

3. ZASADA DZIAŁANIA URZĄDZENIA.

Zasada działania urządzenia przedstawiona jest schematycznie na rys. 1.

Prądy mikrofonowe wzmocnione przez amplifikator I rozgałęziają się: częściowo płyną do amplifikatora II, po wyjściu z którego mogą być wzmocniane, częściowo zaś do amplifikatora prostownikowego, zasilającego prostownik, po wyjściu z którego — już jako prądy wyprostowane — działają na początkowy potencjał siatki jednej z lamp amplifikatora II, t. zw. lampy regulującej.



Rys. 1.

Początkowy stały potencjał siatki lampy regulującej jest tak dobrany, iż przy regulacji praca tej lampy odbywa się w różnych punktach dalszego zakrzywienia charakterystyki, co umożliwia automatyczną zmianę wzmocnienia amplifikatora.

*) 1. D. R. P. 439082 J. d. d. T. u. T. 1927. B. 29. s. 101.

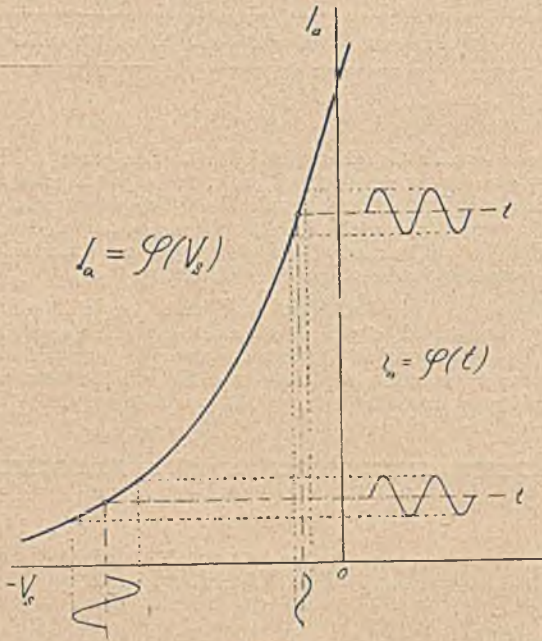
2. D. R. P. 445575 J. d. d. T. u. T. 1927. B. 30. s. 73.

3. J. d. d. T. u. T. 1927. B. 29. s. 102.

4. H. F. Mayer. E. N. T. H. 11. 1928. s. 468.

**) Zgł. Pat. Instytut Radjotechniczny i Janusz Groszkowski

Przy tem amplitudy, z jakimi ma się tu do czynienia, są zawsze o tyle małe, iż można przyjąć, że praca odbywa się na prostolinijnych odcinkach charakterystyki, o różnych nachyleniach, jak to przedstawia rys. 2.



Rys. 2.

Tego rodzaju urządzenie daje możliwość regulacji wzmacnienia amplifikatora i nie wprowadza zniekształceń.

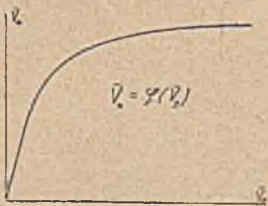
4. CHARAKTERYSTYKA WZMOCNIENIA.

W miarę wzrostu amplitud prostownik coraz bardziej obniża początkowy potencjał siatki lampy regulującej i tym sposobem zmniejsza wzmacnienie amplifikatora.

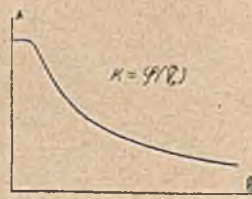
Przy tem nie jest obojętnym jaki kształt będzie posiadała charakterystyka wzmacnienia t. j. zależność wzmacnienia amplifikatora K , lub amplitudy wyjściowej V_a od amplitudy wejściowej V_s dostarczonej przez mikrofon na siatkę 1-ej lampy.

Na rys. 3 i 4 podane są żądane kształty charakterystyk wzmacnienia amplifikatora $V_a = f(V_s)$ oraz $K = f(V_s)$.

Jak widać na rys. 4 przy normalnej sile dźwięków wzmacnienie jest stałe, zaś w miarę



Rys. 3.



Rys. 4*

wzrostu siły dźwięków wzmacnienie maleje tak, iż amplituda końcowa V_a (rys. 3) dąży asymptotycznie do swej dopuszczalnej granicznej wartości.

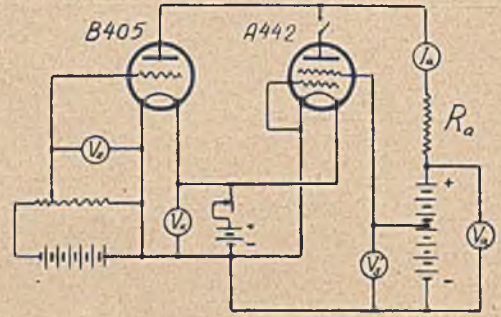
5. LAMPY REGULUJĄCA.

Dla łatwego otrzymania żądanego kształtu charakterystyki wzmacnienia oraz dla uniknięcia zniekształceń lampa regulująca musi posiadać ła-

godne dolne zakrzywienie charakterystyki prądu anodowego w możliwie szerokim zakresie ujemnych potencjałów siatki. Najodpowiedniejszą lampą dla tego celu okazała się lampa głośnikowa Philipsa B. 405. Jednak przy zastosowaniu tylko lampy B. 405 nachylenie charakterystyki zmieniałoby się w zbyt wąskich granicach i z tego powodu regulacja byłaby niedostateczną.

Odpowiedniejszy kształt charakterystyki miałaby lampa trójelektrodowa z zakrótką siatką. Taką lampę można rozpatrywać jako lampę trójelektrodową z siatką normalną, równolegle połączoną z kenotronem¹⁾.

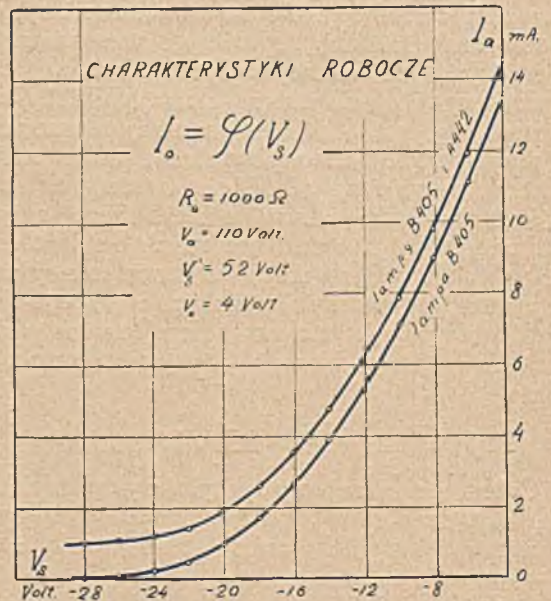
W tym celu do lampy regulującej B. 405 możnaby dołączyć równolegle kenotron; oczywiście kenotron może być zastąpiony dowolną lampą trójelektrodową, której siatka ma stały potencjał; ze względu jednak na to, iż lampa regulująca pracuje w układzie oporowym równoległym do niej została przyłączona lampa A. 442 o dużym współczynniku amplifikacji $K = 150 \text{ V/V}$. jako mniej



Rys. 5.

czuła na zmiany napięcia anodowego, spowodowane stałym spadkiem napięcia na oporze R_a jaki występuje przy regulacji wskutek zmiany prądu anodowego przy zmianie punktu pracy na charakterystyce.

Na rys. 6 podane są dla porównania charak-



Rys. 6.

¹⁾ J. Groszkowski „Lampa katodowa trójelektrodowa z zakrótką siatką”, „Przeгляд Radiotechniczny” t. IV. z. 3 — 4. 15.II. 1926 r.

terystyki robocze lampy B. 405 oraz równolegle połączonych lamp B. 405 i A. 442 zdjęte przy układzie połączeń jak na ry. 5.

6. OPIS OGÓLNY AMPLIFIKATORA.

Na rys. 7 podany jest schemat zasadniczy amplifikatora z automatyczną regulacją wzmocnienia. Amplifikator ten może być zastosowany na stacji nadawczej radjofonicznej jako 1-y amplifikator mikrofonowy t. zw. „A”.

Prądy mikrofonowe po wzmocnieniu przez lampę 1 rozgałęzają się równolegle na siatkę lampy 2 regulującej, do anody, której przyłączona jest lampa 3 dla nadaniażądanego kształtu charakterystyce tej lampy, oraz na siatkę lampy 5, która wraz z lampą 7 stanowi amplifikator prostownikowy, zasilający prostownik główny, składający się z lampy 2 i filtru L, C, C, i Ro.

Prądy wyprostowane i wyrównane przez filtr dają stały spadek napięcia na oporze R_o , włączonym w obwód siatkowy lampy 2 i zmieniają punkt pracy na charakterystyce tej lampy zgodnie z zasadą przedstawioną na rys. 2.

Prostownik dodatkowy złożony z lampy 6 włączonej między siatkę a katodę lampy 7, ogranicza amplitudę doprowadzane do prostownika głównego do pewnej wartości, w celu nadawania całemu urządzeniu żądanego kształtu charakterystyki wzmocnienia, przy jednoczesnym uniezależnieniu się od wpływu żarzenia katody prostownika głównego (lampa 8).

Lampa 4 wyregulowane i wzmocnione prądy mikrofonowe przekazuje na linię przez transformator wyjściowy Tr. 4.

7. PROSTOWNIK GŁÓWNY.

Dla otrzymania żądanego kształtu charakterystyki wzmocnienia, odpowiednio do zastosowanej lampy regulującej, prostownik musi być tak dobrany aby zależność napięcia wyprostowanego od amplitudy napięcia zmiennego siatki lampy regulującej $V_o = f(V_s)$ miała żądany przebieg.

Kształt żądanej charakterystyki $V_o = f(V_s)$ jest bardzo zbliżony do charakterystyki dynamicznej prostowników kenotronowych i łatwo daje się osiągnąć przy zasilaniu prostownika napięciem odgałęzionym przed lampą regulującą i wzmocnionem zapomocą amplifikatora prostownikowego jak na rys. 7.

8. FILTR.

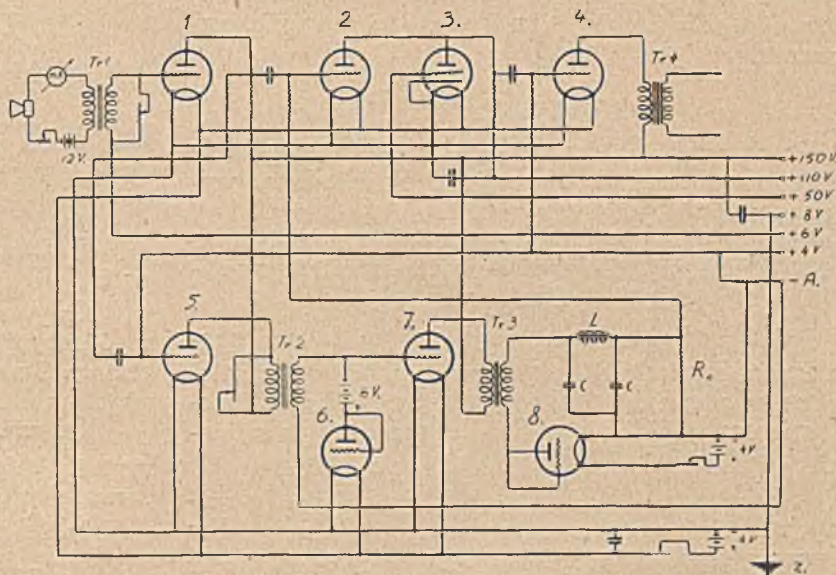
Zadaniem filtru jest:

1. możliwie dobre wyrównanie napięcia wyprostowanego,
2. nadanie układowi pewnej bezwładności ażeby zmiana wzmocnienia amplifikatora odbywała się z niewielkim opóźnieniem tak dobraniem, żeby w ciągu średniego czasu trwania 1 słowa wzmocnienie pozostawało stałe, gdyż przy zbyt małej bezwładności

nawet oddzielne sylaby byłyby zniekształcone i zupełnie wyrównane, t. j. sprowadzone do jednorazowego natężenia siły głosu. Z drugiej strony za duża bezwładność byłaby też szkodliwą, gdyż regulacja następowalaby z dużym opóźnieniem podobnie do regulacji ręcznej.

Im większa jest pojemność, tem lepsze jest wyrównanie napięcia wyprostowanego, zaś ze względu na bezwładność układu pojemność C, indukcyjność L i opór R_o muszą być zawarte w pewnych określonych granicach.

Wynika stąd iż dla spełnienia obu warunków



Rys. 7.

jednocześnie trzeba się zgodzić na pewien kompromis i kosztem trochę gorszego wyrównania prądów wyprostowanych dobrać odpowiednią bezwładność.

Najkorzystniejsze wartości stałych filtru zostały dobrane doświadczalnie:

$$c = 2 \mu F \quad L = 20 H \quad R_o = 13\,000 \Omega$$

przy tych wartościach współczynnik tłumienia obwodu filtrowego:

$$-\delta = \frac{1}{RC} = 19,23$$

zaś częstotliwość własna jest bardzo mała,

$$f = \frac{1}{2\pi LC} \cong 18 \text{ okr.-sek.}$$

dzięki czemu nie zachodzi obawa szkodliwego wpływu rezonansu.

9. PROSTOWNIK DODATKOWY.

Dla otrzymania żądanego przebiegu zależności $V_o = f(V_s)$ przy zasilaniu prostownika jak na rys. 7 charakterystyka dynamiczna prostownika musi posiadać łagodne górne zakrzywienie, co daje się osiągnąć jedynie przez zmniejszenie prądu żarzenia poniżej normalnej wartości, przyczem prawidłowe działanie automatycznej regulacji wzmocnienia staje się w dużym stopniu zależne od wahań tego prądu.

Dla uniezależnienia się od wpływu zmian prądu

du żarzenia na pracę amplifikatora, został użyty prostownik dodatkowy (lampa 6 na rys. 7) umożliwiając otrzymanieżądanego kształtu charakterystyki $V_o = f(\bar{V}_s)$ przy normalnem żarzeniu prostownika głównego.

Przy amplitudach przekraczających pewną wartość prostownik dodatkowy obciąża wtórne uzwojenie transformatora Tr. 2 i tym sposobem zmniejsza amplitudy doprowadzane do prostownika głównego.

Działanie prostownika dodatkowego jest równoważne wpływowi górnego zakrzywienia charakterystyki dynamicznej prostownika głównego pomimo tego iż żarzenie jest normalne i praca prostownika odbywa się jedynie na części prostoliniowej charakterystyki.

10. POMIARY.

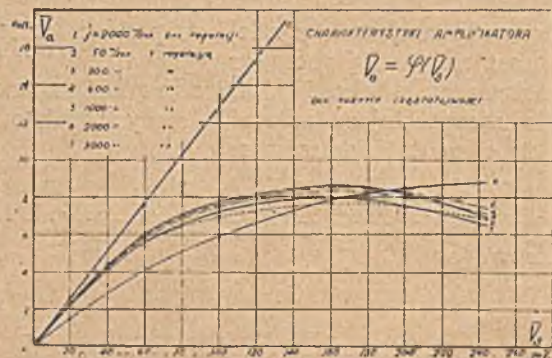
Praca amplifikatora z automatyczną regulacją wzmocnienia została wszechstronnie zbadana; wyniki pomiarów podane są niżej:

A) Wpływ częstotliwości na wzmocnienie amplifikatora.

Na siatkę lampy 1 amplifikatora było doprowadzone napięcie \bar{V}_s z generatora prądów o częstotliwości słyszalnej. Na wtórnym uzwojeniu transformatora wyjściowego Tr. 4 mierzone było napięcie \bar{V}_a .

Zależności $V_a = f(\bar{V}_s)$ zostały zdjęte dla różnych częstotliwości z automatyczną regulacją i bez (przy zgaszonym prostowniku).

Wyniki pomiarów podane są na wykresie rys. 8.



Rys. 8.

\bar{V}_a i V_s oznaczają wartości skuteczne. Z pomiarów tych zostało również określone wzmocnienie amplifikatora $K = \frac{\bar{V}_a}{\bar{V}_s}$ w zależności od częstotliwości z automatyczną regulacją i bez regulacji przy

$$\bar{V}_s = 100 \text{ mV} = \text{const.}$$

Na rys. 9 podana jest zależność

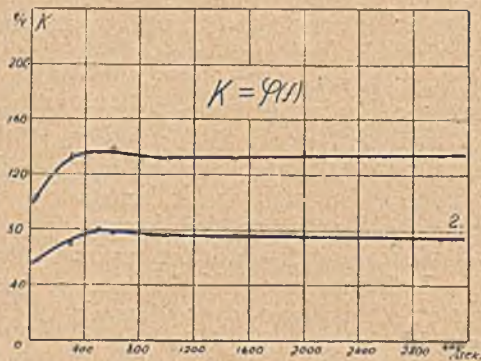
$$K = \varphi(f)$$

krzywa 1 jest zdjęta bez automatycznej regulacji, zaś krzywa 2 — z regulacją.

Jak widać z rys. 8 i 9 praca amplifikatora jest prawie niezależną od częstotliwości, w zakresie częstotliwości interesujących radjofonję.

B) Praca prostowników.

Na rys. 10 podane są charakterystyki prostowników. I_o — oznacza prąd wyprostowany prostownika głównego, przepływający przez opór R_o (rys. 7), I_{od} — prąd płynący przez prostownik dodatkowy.

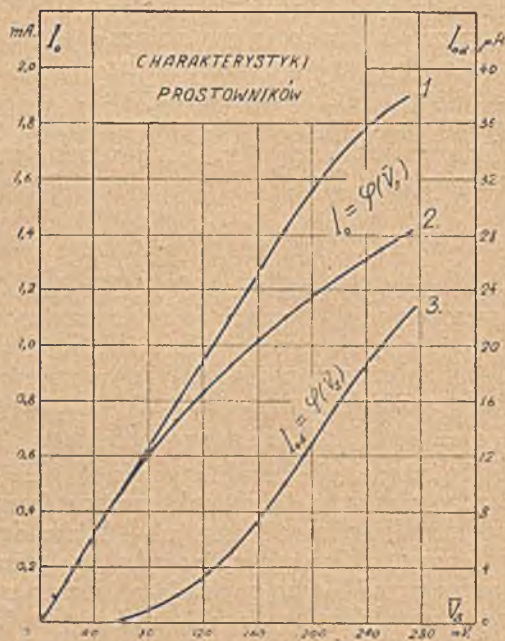


Rys. 9.

\bar{V}_s wartość skuteczną napięcia na siatce lampy 1.

Krzywa 1 odpowiada pracy prostownika głównego przy zgaszonym prostowniku dodatkowym, zaś krzywa 2 wykazuje wpływ prostownika dodatkowego, na prostownik główny.

Krzywa 3 daje obraz pracy prostownika dodatkowego, który zaczyna pracować przy $\bar{V}_s > 60 \text{ mV}$ wywołując tem łagodne górne zakrzywienie charakterystyki $I_o = f(\bar{V}_s)$ prostownika głównego.



Rys. 10.

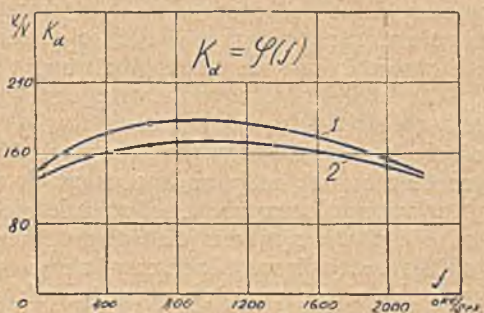
Na rys. 11 podana jest zależność wzmocnienia amplifikatora prostownikowego od częstotliwości $K_d = \varphi(f)$ przy zgaszonym (krzywa 1) i zapalonym (krzywa 2) prostowniku dodatkowym (lampa 6).

Jak widać z tego wykresu wzmocnienie zarówno przy częstotliwościach bardzo niskich, jak i wysokich jest mniejsze, co pociąga za sobą mniej skuteczną regulację.

Jednakowoż szkodliwym to nie jest, gdyż przy tych częstotliwościach mikrofon pracuje z mniejszą wydajnością i nie wymaga zatem regulacji.

Z rys. 12 widać w jakim stopniu prostownik dodatkowy wpływa na kształt charakterystyki wzmocnienia amplifikatora. Krzywa 1 zdjęta jest bez auto-

i po wzmocnieniu zdjęte oscylografem przy częstotliwości $f = 350$ okr./sek.

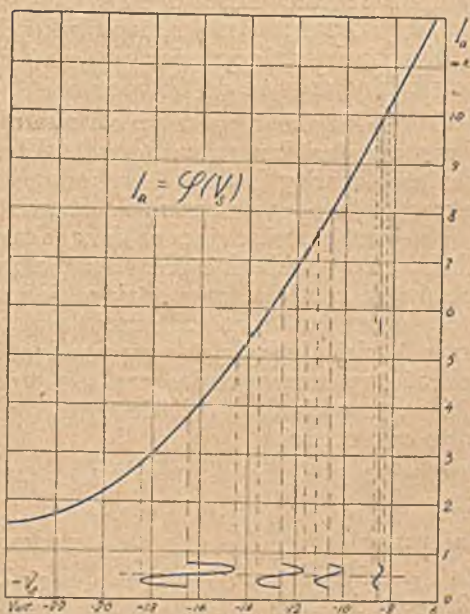


Rys. 11.

matycznej regulacji t. j. przy zgaszonych prostownikach, krzywa 3 — z automatyczną regulacją, bez prostownika dodatkowego, zaś krzywa 2 — przy normalnej pracy amplifikatora z prostownikiem dodatkowym.

Rys. 13 daje obraz pracy lampy regulującej.

Na rysunku tym w skali pokazane są amplitudy zmiennego napięcia siatkowego lampy regulującej,

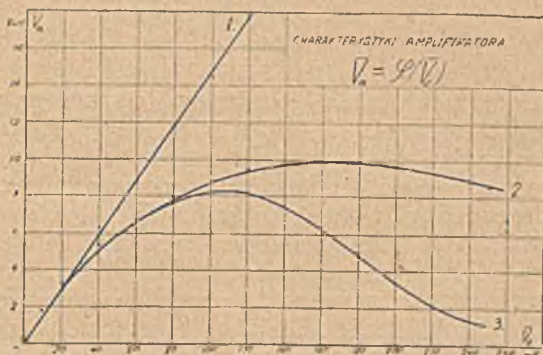


Rys. 13.

przyłożone w odpowiednich punktach pracy charakterystyki roboczej $I_a = \varphi(V_s)$.

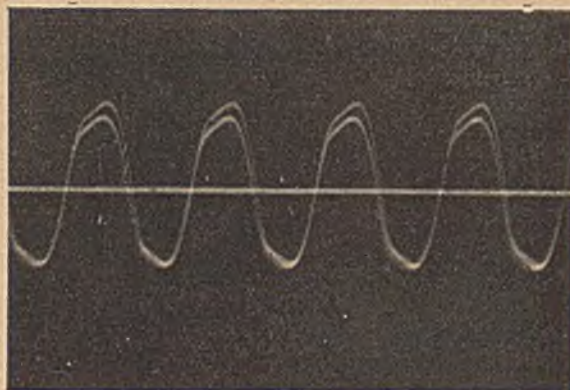
C) Badanie oscylografem.

Na fotografii 14 podane są krzywe prądu przed



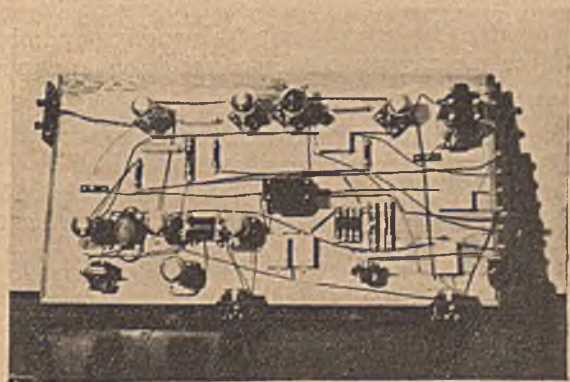
Rys. 12.

Amplitudy tych krzywych zostały odpowiednio wyrównane zopomocą oporników; krzywe te będące w fazie, prawie zupełnie pokrywają się, co



Rys. 14.

dowodzi, iż mają jednakowy kształt. Wynika stąd, że układ nie powoduje zniekształcenia krzywej prądu.



Rys. 15.

Fotografia 15 przedstawia wygląd zmontowanego amplifikatora z regulacją.

BADANIE ODBIORNIKA REAKCYJNEGO

Prof. Dr. Janusz Groszkowski i inż. el. Wacław Struszyński.

1. WSTĘP.

Przeprowadzenie pomiarów w rzeczywistych układach odbiorczych, w celu eksperymentalnego sprawdzenia teorii, jest związane z wielkimi trudnościami, dzięki znikomo małym mocom prądów szybkozmiennych, występujących w obwodach odbiorczych. Moc doprowadzana z anteny może być tem mniejsza, im czulszy jest odbiornik; zatem, by stworzyć normalne warunki pracy odbiorników reakcyjnych, które posiadają dość znaczną czułość, należy doprowadzać moce, odpowiadające sygnałom słabych, lub odległych stacji. Dla wykonania pomiarów należałoby stosować przyrządy bardzo czułe na prądy szybkozmiennne; jak wiadomo, jest to zupełnie niewykonalne, lub połączone z wielkimi trudnościami. Pomiar prądu możliwy jest tylko przyrządami cieplnymi, które przy dużej czułości posiadają stosunkowo duży opór; włączenie ich do obwodów rezonansowych zwiększa tłumienie, zmieniając przez to własności obwodów. Do pomiaru napięć stosuje się woltomierze statyczne, albo katodowe (Moulin'a). Woltomierze statyczne są naogół mało czułe, posiadają znaczną pojemność, zmieniającą się w miarę wychylenia przyrządu pod wpływem napięcia; załączone na obwód rezonansowy rozstrajają go bardzo wyraźnie. Woltomierze katodowe są czułe, posiadają stałą i mniejszą niż statyczne pojemność są one jednak niewygodne, ze względu na konieczność kontroli cechowania, które może się zmieniać w miarę wyczerpywania się baterji. Pomiar S. E. M.-nych powyższemi przyrządami jest mało dokładny, dzięki obciążeniu wywołanemu pojemnościowemi prądami, które są dość znaczne przy wielkich częstotliwościach, Z drugiej strony wpływy uboczne komplikują pomiary przy małych mocach. Mogą one wzniecać w obwodach S. E. M.-ne, wielkość których może być nie tylko współmierna, ale i większa od badanych. Wymaga to starannego ekranowania obwodów pomiarowych, co nie zawsze możliwe jest do wykonania.

Wyżej wymienione względy nasunęły myśl badania odbiorników na modelach w powiększonej skali mocy, będących temi samemi układami, zestawionemi z lampą nadawczą. Unika się wtedy wszelkich trudności związanych z małą mocą.

A więc, mogą być zastosowane przyrządy niezmieniające warunków układu: amperomierze cieplne mało czułe, zatem o małym oporze (termoelementy), niewprowadzające dodatkowego tłumienia. Zamiast stosowania woltomierzy lampowych, można mierzyć napięcie drogą pośrednią

$$\left(V = \frac{I}{\omega C}; S. E. M. = M \omega I \right), \text{ mierząc prąd}$$

w znanym oporze pozornym.

Przy stosowaniu prądu o przebiegu bliskim do sinusoidalnego (filtry), błędy będą nieznaczne; zresztą woltomierz lampowy daje również błędy przy obecności harmonicznnych. Wpływy przeszkadzające, zachowując tę samą bezwzględną wartość, procentowo stają się znacznie mniejsze.

2. MODEL.

Idea badania na modelach ma w wielu gałęziach wiedzy duże zastosowanie. Spotykamy ją i w literaturze radjotechnicznej, (badanie anten¹⁾, badanie elektrostatycznych własności lampy katodowej²⁾, badanie odbiornika reakcyjnego na zredukowanych częstotliwościach³⁾). Jeżeli model ma dawać pojęcie o pracy swego pierwowzoru i wnioski wyciągnięte z badań, mają się stosować do normalnych układów odbiorczych, musi on mieć identyczne własności pod względem jakości przebiegów, jedynie różniąc się stroną ilościową zjawisk. Rozpatrzmy pokolei poszczególne części układu odbiorczego.

1. Obwody rezonansowe, posiadające indukcyjność (L), pojemność (C), i oporność (R), nie ulegają zmianie, gdyż własności te są linjowe, t. zn. niezmiennie z amplitudą. Przy częstotliwościach $f = 10^5 \div 10^7$ C nie stosujemy żelaza, któreby powodowało nie linjowy przebieg indukcyjności (L). Należy więc w modelu zachować powyższe wielkości niezmiennymi. Ze względów czysto technicznych, mianowicie możliwości przebić przy wyższych napięciach, wymiary cewek i kondensatorów będą większe, z tego powodu ulegną zmianie stosunki oporności do indukcyjności i pojemności; naogół stają się one korzystniejsze, niż w zwykłych obwodach odbiorczych; należy więc włączać dodatkowo opory bezindukcyjne do obwodu.

2. Obiektem o własnościach nielinjowych jest lampa katodowa. Właściwem załatwieniem sprawy byłoby wykonanie lampy o charakterystykach podobnych do charakterystyk lampy odbiorczej, posiadających inną skalę (patrz Dodatek I). Jest to idealne rozwiązanie zagadnienia badania na modelu, wymagające jednak, specjalnie do tego celu skonstruowanej lampy. Ponieważ lampy takiej nie było w rozporządzeniu, należało dobrać typ lampy nadawczej, spotykanej na rynku, o własnościach możliwie najbardziej zbliżonych do odbiorczej.

Przeciętne typy lamp posiadają własności następujące:

odbiorcze ⁴⁾	nadawcze
$K = 9 \div 15 \text{ V/V}$	$K = 20 \div 200 \text{ V/V}$
$S = 1,2 \div 0,3 \text{ mA/V}$	$S = 1,0 \div 2,0 \text{ mA/V}$
$\rho = 7000 \div 50000 \ \Omega$	$\rho = 2000 \div 100000 \ \Omega$

Jak widać z tabeli, lampy nadawcze znacznie różnią się od odbiorczych. Różnice są nietylko w

¹⁾ J. Tykociński - Tykociner. Investigation of antennae by means of models. Bulletin Nr. 147 Engineering Experiment Station University of Illinois, Bulletin Vol. XXII Nr. 39. 25 May 1925 Lindenblad a. Brown. Main considerations in antenna design. Proc. Inst. Radio Eng. 1926.

²⁾ Dr. Inż. Janusz Groszkowski. Badanie przebiegów elektrostatycznych w lampie katodowej na modelu. „Wiadomości i prace Instytutu Radjotechnicznego w Warszawie” t. 1. 15 marca 1929.

³⁾ B. Van der Pol. The effect of Retroaction on the Received Signal Strength. Proc. Inst. Radio Eng. V. 16 August 1928 Nr. 8.

⁴⁾ Przy lampach odbiorczych uwzględniono specjalnie lampy używane w układach reakcyjnych.

stałych lampy (K, ρ, S,) przebiegu charakterystyk, ale i w energetycznych własnościach. Mianowicie: lampa odbiorcza może pracować przy normalnych napięciach z prądem anodowym = prądowi całkowitemu emisyjnemu, natomiast w lampie nadawczej osiągnęłoby się w tych warunkach kilkakrotną moc admisyjną. Wogóle praca przy wysokiej temperaturze anody jest niedogodną, gdyż następuje pogorszenie próżni i przebiegi elektronowe komplikują się jonowami. Wobec powyższych zestawień, lampa nadawcza została dobrana o małym współczynniku amplifikacji (K) i dużej mocy admisyjnej. Poza tem warunki pracy lampy nadawczej zostały zmienione następująco: zmniejszono żarzenie tak, by przy roboczych napięciach anody moc admisyjna nie została nigdy przekroczona; jednocześnie przez zmniejszenie prądu emisyjnego całkowitego, otrzymano prostolinijną część charakterystyki lampy, w zakresie ujemnych potencjałów siatki.

W normalnych warunkach, dzięki dużemu współcz. amplifikacji (K) charakterystyki przebiegają w zakresie dodatnich potencjałów siatki. W ten sposób, własności modelu są bardziej zbliżone do własności lampy odbiorczej. Mimo to przeliczenia nie będą tak proste i ścisłe, jak w wypadku specjalnej lampy modelowej.

3. TEORJA ODBIORNIKA REAKCYJNEGO.

Zestawienie istniejących teorii. Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów, rozpatrzmy pokrótce istniejące teorie odbiornika reakcyjnego. Zjawisko reakcji czyli sprzężenia dla powiększenia wzmocnienia polega na następującem: przekazuje się część energii prądów szybko zmiennych z obwodu anodowego, do obwodu siatki; napięcia na siatce będą rezultatem działania energii, pochodzącej od sygnału i od sprzężenia, dzięki czemu wzrośnie znacznie składowa szybkozmienna prądu w obwodzie anodowym. Przekazywanie to może odbywać się przy pomocy pola magnetycznego, lub elektrycznego; rozróżniamy więc reakcję, czyli sprzężenie zwrotne — indukcyjne, lub pojemnościowe, względnie, jeżeli działają oba czynniki jednocześnie, mieszane pojemnościowo-indukcyjne.

Istnieją trzy teorie odbiornika reakcyjnego:

1. równowagi mocy w obwodzie (bilans energii),
2. ujemnego oporu,
3. generatora o mieszanem wzbudzeniu (sumowanie napięć).

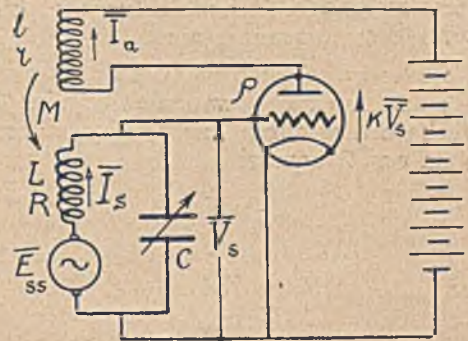
Ujmują one w rozmaity sposób zjawisko reakcji.

1. Teoria równowagi mocy w obwodzie rozpatruje bilans mocy w obwodzie siatki: mamy moc doprowadzoną z zewnątrz (sygnał), moc pochodzącą z obwodu anodowego dzięki sprzężeniu i moc traconą w oporach. Ustalony punkt pracy odpowiada równowadze mocy doprowadzonej i traconej; graficznie otrzymuje się jako punkt przecięcia krzywych mocy w funkcji napięcia na siatce¹⁾. Teoria ta jest ścisła, ale do rezultatu dochodzi się drogą skomplikowanych przeliczeń, dzięki czemu jest

nieprzejrzysta i niedogodna dla wyciągania wniosków.

2. Teoria²⁾ ujemnego oporu stanowi bardzo proste ujęcie zagadnienia, ale jest ścisła dla lampy o charakterystyce prostolinijnej; dla lampy rzeczywistej, jest słuszne w wielkim zakresie pracy — dla małych amplitud. Tem niemniej, rozpatrzmy nieco szczegółowiej, gdyż w pewnych punktach, będziemy posługiwać się jej przesłankami, jako teorią ujmującą zjawiska równaniami matematycznymi. Doprowadzenie mocy do obwodu, możemy rozpatrywać jako równoważne zmniejszenie oporu strat obwodu, czyli wprowadzenie t. zw. oporu ujemnego.

Do rozważań przyjmujemy układ autodynowy, jako najbardziej charakterystyczny i przejrzysty. Wyniki otrzymane dla niego, będą słuszne dla innych układów. W dalszych rozpatrywaniach ciągle będziemy mieli na myśli układ powyższy. Ponieważ detekcja jest zupełnie niezależną czynnością lampy, możemy na razie jej nie uwzględniać. Trzy równania Kirchhoffa dla obwodów rys. 1 przy ozna-



Rys. 1.

- L, C, R — stałe obwodu siatki
- l, r — stałe obwodu anodowego
- M — indukcyjność wzajemna sprzężenia zwrotnego
- K, ρ, S — stałe lampy (wsp. amplifikacji, oporność wewnętrzna, nachylenie charakterystyki).

są:

$$\bar{E}_s = R \bar{I}_s + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \bar{I}_s + j \omega M \bar{I}_a \quad (7)$$

$$\bar{E}_a = -K \bar{V}_s = (r + \rho) \bar{I}_a + j \omega l \bar{I}_a + j \omega M \bar{I}_s \quad (8)$$

$$\bar{V}_s = \frac{1}{j \omega C} \bar{I}_s \quad (9)$$

Rozwiązując układ tych równań i wprowadzając uproszczenia:

$$\omega l \ll \rho; r \ll \rho; \frac{\omega^2 M^2}{\rho} \ll R; *$$

i pomijając wielkości praktycznie małe wobec innych, otrzymamy

$$Z = \frac{\bar{E}_s}{\bar{I}_s} = R_s + j X_s \approx \approx \left(R - \frac{MK}{C\rho} \right) + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} + \frac{R}{\rho} \omega l \right)$$

¹⁾ V. O. London a. K. W. Jarvis The analysis of regenerative amplification. Proceedings of the Institute of Radio Engineers, 1925, t. 13, zeszyt 6.

²⁾ C. B. Joliffe a. J. A. Rodman. A quantitative study of regeneration by inductive feed back. Scientific papers of the bureau of Standards Nr. 487, 1924.

Sprężenie więc powoduje pewne rozstrojenie obwodu i zmniejszenie oporności rzeczywistej.

Przy rezonansie: $X_s = 0$ zatem

$$R_s \cong R - \frac{MK}{C\rho} \quad (10)$$

Oporność ujemna wyraża się wzorem:

$$(R) = \frac{MK}{C\rho} = \frac{MS}{C} \text{ gdyż } K = \rho S. \quad (11)$$

Teoria ta jest ściśła dla prostoliniowej części charakterystyki, gdzie S jest stałe. Wprowadzając równanie charakterystyki lampy, z uwzględnieniem nasycenia, można otrzymać drogą rozwiązania równań (7), (8), (9) wyniki słuszne dla dowolnych warunków pracy. B. Van der Pol¹⁾ zakłada równanie charakterystyki:

$$I_a = S_1 V_s + S_2 V_s^2 - S_3 V_s^3 \quad (12)$$

które daje obraz bardzo bliski rzeczywistości. Rozwiązanie jednak tych równań jest zbyt skomplikowane, żeby miało jakiegokolwiek znaczenie praktyczne (V. d. Pol. rozwiązał tylko dla szczególnego wypadku). Wygodniej jest przedstawić zmienność oporu ujemnego graficznie krzywą, którą łatwo otrzymać eksperymentalnie.

3. Teoria generatora o sprzężeniu mieszanym. Wzmocnienie jednego człona amplifikatora wielkiej częstotliwości przedstawionego na rys. 2 wynosi

$$K = \frac{\bar{V}_a}{\bar{V}_s} \quad (13)$$

Ponieważ:

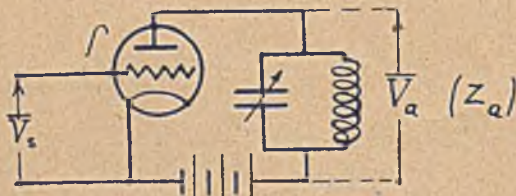
$$\bar{V}_a = Z_a \bar{I}_a$$

$$\bar{I}_a = \frac{K_a \bar{V}_s}{\rho + Z_a}$$

przeto

$$K = \frac{\bar{V}_a}{\bar{V}_s} = \frac{K_a}{1 + \frac{\rho}{Z_a}} \quad (14)$$

W ten sposób zdefiniowane określenie nie uwzględnia zupełnie własności obwodu siatki. Przy



Rys. 2.

zastosowaniu reakcji, ta definicja pozostaje słuszną; dzięki sprzężeniu (np. L i l rys. 1) zmieni się tylko stosunek napięcia na siatce do SEM-nej sygnału, działającej w tym obwodzie. Wobec tego, przy danym sygnale (E_{ss}) powstaną różne napięcia; wzmocnienie spowodowane reakcją możemy zdefiniować, jako stosunek napięcia na siatce (\bar{V}_s) przy zastosowaniu reakcji i (\bar{V}_{ss}) bez reakcji.

$$K_r = \frac{\bar{V}_s}{\bar{V}_{ss}} \quad (15)$$

Przytem możemy rozpatrywać napięcie (V_s) jako rezultat (\bar{V}_{ss}) sumowania dwóch składowych, pochodzących od sygnału i od sprzężenia zwrotnego (\bar{V}_{sr}).

$$\bar{V}_s = \bar{V}_{ss} + \bar{V}_{sr} \quad (16)$$

Punktem wyjściowym zatem jest sumowanie napięć. Gdyby charakterystyka lampy była linią prostą, wszystkie wielkości dawałyby się łatwo przeliczać, ponieważ tak nie jest, uciekamy się do metody graficznej, stosowanej w generatorach.

Układ reakcyjny można rozpatrywać jako generator o wzbudzeniu mieszanym¹⁾: obcem (S. E. M.-na sygnału) i własnym (S. E. M.-na reakcji). Strona energetyczna zjawisk w odbiorniku, jest mniej interesująca. Wobec tego rozważania ograniczą się do rozpatrywania charakterystyk dynamicznych i t. zw. prostej sprzężności zwrotnej. Charakterystyka dynamiczna jest zależnością składowej zmiennej prądu w obwodzie anodowym od zmiennej napięcia na siatce $I_a = f(\bar{V}_s)$, kształt jej zależy od charakterystyk lampy i warunków, w jakich ona pracuje, napięć i własności obwodów, nie zależy natomiast od sposobu wzbudzenia. Zależność napięcia na siatce, powstającego dzięki sprzężeniu zwrotnemu, od prądu anodowego, nazywamy prostą sprzężności zwrotnej.

Równanie jej będzie (patrz dodatek 2)

$$\bar{I}_a = \frac{RC}{M} \bar{V}_s \quad (17)$$

Przyczem

$$\frac{RC}{M} = \operatorname{tg} \alpha \quad (18)$$

jest nachyleniem prostej sprzężności zwrotnej.

(Sprężenie pojemnościowe, którego nie można uniknąć, zmniejsza nachylenie prostej sprzężności zwrotnej. Możemy zastąpić je przez równoważne sprzężenie indukcyjne M_c , wtedy:

$$\frac{RC}{M + M_c} = \operatorname{tg} \alpha \quad (18a)$$

Wartość M nie ulegała zmianie ze zmianą warunków pracy).

W generatorze o wzbudzeniu własnym²⁾, ustalony punkt pracy będzie określony przecięciem prostej sprzężności zwrotnej z charakterystyką dynamiczną.

W obwodzie będziemy mieli prąd o częstotliwości rezonansowej obwodu. Jeżeli prosta sprzężności zwrotnej nie przecina charakterystyki dynamicznej, prądu w obwodzie drgań nie będzie. Sprężenie, odpowiadające styczności prostej do charakterystyki dynamicznej, nazywamy sprzężeniem krytycznym — jest to granica samopodtrzymywania drgań. Samowzbudzenie drgań jest możliwe, gdy nachylenie prostej sprzężności zwrotnej jest mniejsze od nachylenia stycznej w początku układu.

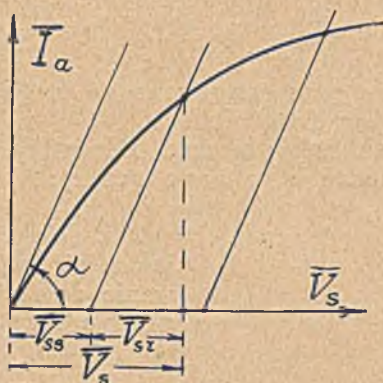
Przy wzbudzeniu mieszanym, napięcie na siatce będzie rezultatem sumowania V_{ss} i V_{sr} . W wy-

¹⁾ Dr. H. G. Möller: Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen 1922 r.

J. Groszkowski: Odbiornik lampowy ze sprzężeniem zwrotnym, jako generator o wzbudzeniu mieszanym, obcem i własnym. Przegląd Wojsk. Techniczny.

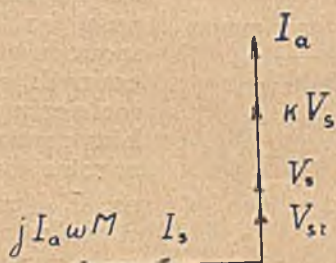
²⁾ Lampy katodowe. J. Groszkowski, Teoria generatorów.

padku rezonansu, napięcia te są w fazie i sumują się arytmetycznie. Graficznie będzie to odpowiadało równoległemu przesuwnięciu się prostej sprzężności zwrotnej, o wartości napięć sygnału (rys. 3)



Rys. 3.

Zależności fazowe są przedstawione z pewnym przybliżeniem na (rys. 4) (patrz dodatek 3).



Rys. 4.

Praca odbiornika jest możliwa, jeżeli nie przekraczamy sprzężenia krytycznego (prosta sprzężności zwrotnej dla $V_{ss} = 0$, styczna do charakterystyki dynamicznej). W przeciwnym razie, wzbudzą się drgania własne, które różnią się częstotliwością i dają dudnienia z odbieranym sygnałem¹⁾, objawiające się gwizdem odbiornika, a przeto rozważanie powyższe nie jest słuszne. Na podstawie przesłanek teorii generatora o sprzężeniu mieszanem, można przeprowadzić dyskusję pracy odbiornika; uczynimy to łącznie z wynikami pomiarów, potwierdzającymi powyższe ujęcie.

Zestawiając teorię generatora o wzbudzeniu mieszanem z teorią oporu ujemnego, można uzupełnić tą ostatnią. Dzieląc równanie (16) przez R otrzymamy wyrażenie na S. E. M.

$$E_s = E_{ss} + j \omega M \bar{I}_a \quad (19)$$

z charakterystyki dynamicznej $I_a = S_d(V_s)$ można określić:

$$\bar{I}_a = S_d \bar{V}_s \quad (20)$$

gdzie wartość $S_d = f(\bar{V}_s)$ i daje się określić z krzywej dla każdego napięcia V_s jako stosunek rzędnej do odciętej.

$$\left. \begin{aligned} \text{Ponieważ} \quad \bar{V}_s &\cong \frac{\bar{I}_s}{j \omega C} \\ \text{i} \quad \bar{E}_s &= \bar{I}_s (R + j X) \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

¹⁾ Możę występować tu zjawisko ciągnącego działania sygnału.

Rozwiązując (19), (20), (21) otrzymamy

$$\bar{I}_s = \frac{\bar{E}_{ss}}{\left(R - \frac{MS_d}{C}\right) + j X} \quad (22)$$

W teorii oporu ujemnego otrzymaliśmy identyczny wzór (11), tylko zamiast S_d , było S statyczne. Zatem dla amplitud większych możemy posługiwać się także teorią oporu ujemnego; wartość jego zmienia się proporcjonalnie do zmiany stosunku

$$\frac{\bar{I}_a}{\bar{V}_s} = S_d$$

wziętych z charakterystyki dynamicznej.

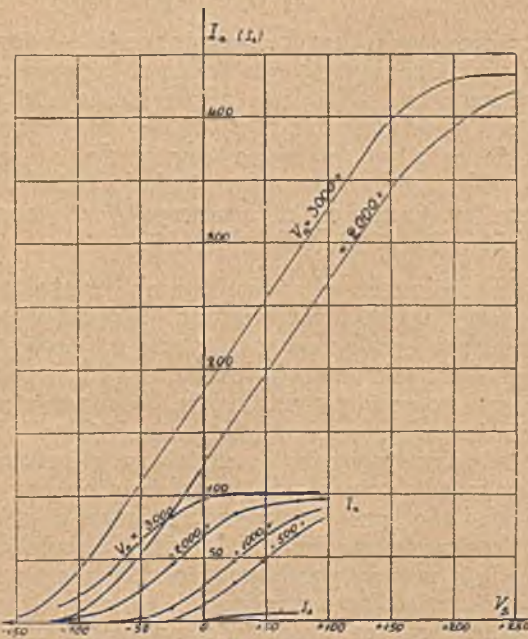
Te pobieżne zestawienie teorii wystarczy dla dalszych rozważań. Szczegóły można odnaleźć w podanej literaturze.

4. Praktyczne wykonanie modelu i układ pomiarowy. Jak już było wspomniane, układ badany sprowadzono do równoważnego zwykłej autodynie. Poszczególne części tego układu dobrano następujące: lampa nadawcza, najdogodniejsza ze względów powyżej przytoczonych, a także czysto lokalnych: typ S. I. F. 250 W" dane katalogowe: $K = 19 \div 23 V/V$ $\rho = 14\,000 \div 16\,000 \Omega$.

$$V_k = 5 V; I_k = 6,5 A; I_{ec} = 400 mA$$

$$V_a = 2000 \div 3000 V \quad W_a = 250 W$$

Warunki pracy zostały zmienione przez zmianę żarzenia do wartości $V_k = 4,1 V$ ($I_k = 5,3 A$); $I_{ec} = 95 mA$. Przebieg charakterystyk statycznych przedstawiony na rys. 5.



Rys. 5.

Na rys. 5 zaznaczona (cienko) krzywa katalogowa przy $V_k = 5 V$ i zakres pracy (grubiej) na niej przy stałym obciążeniu poniżej mocy admysyjnej. Obwód drgań złożony z indukcyjności $L = 510 \mu H$ i pojemności $C = 792 \mu F$

Cewka anodowa sprzężenia zwrotnego o indukcji własnej $l = 367 \mu H$ (dobrana zbyt duża).

$$\text{ind. wzajemna } M \cong + 0 \div 35 \mu H$$

Co się tyczy oporu obwodu R, zawierał się on

granicach $8 \div 45 \Omega$ zależnie od wielkości oporu dodatkowego.

Napięcia anodowe i siatkowe zostaną podane przy wynikach pomiaru

$V_{a0} = 1000 \div 3000 \text{ V}$; $V_{s0} = \text{od } +50 \text{ do } -80 \text{ V}$.

Dla wywołania S.E.M. sygnału Ess włączamy transformator $M = 2,35 \mu\text{ H}$ ($k \approx 0,52$).

Pozostałe szczegóły dotyczące się układu pomiarowego, przedstawionego z pominięciem nieistotnych szczegółów na rys. 6; schemat jest na tyle prosty, że można omówić go pobieżnie.

tylko umieszczony w innym pokoju; doprowadzenie prądu do układu pomiarowego kabelkiem obojętnym, z uziemionym pancierzem. Oddziaływania bezpośredniego dającego się wykryć przyrządami użytymi do pomiarów nie było.

5. BADANIE.

Badanie przeprowadzono ze względu na następujące dwa zagadnienia:

1. Badanie na modelu odbiornika reakcyjnego bez detekcji w zakresie ujemnych potencjałów siatki.

2. Z detekcją; jak i w jakim stopniu zastosowanie detekcji zmienia przebiegi w odbiorniku p. (1).

6. WYNIKI I DY-SKUSJA.

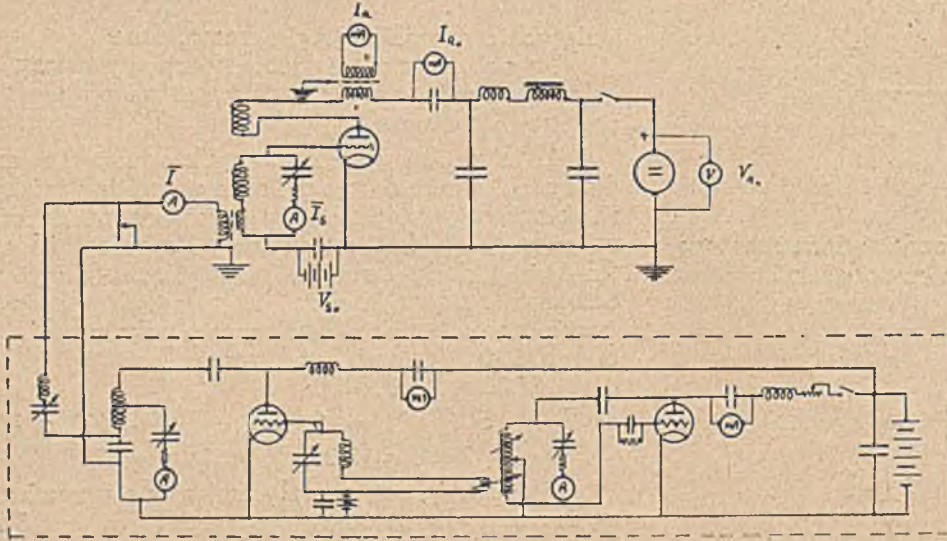
Przedewszystkiem sprawdzono czy założenie przybliżone, o zgodności faz V_{ss} i V_{sr} nie spowoduje niedopuszczalnych błędów. Przy spełnieniu tych warunków prosta sprzężności zwrotnej będzie ze zmianą E_{ss} przesuwać się równoległe. Będzie to spełnione, jeżeli oporność obwodu siatki nie

ulegnie zmianie, to znaczy, nie będzie prądu siatkowego, nawet przy większych amplitudach. Wzrost oporu zwiększa nachylenie prostej (równanie 18).

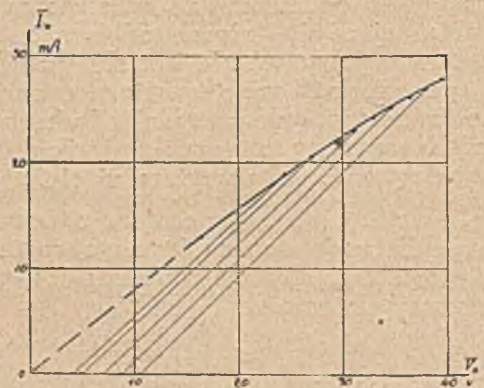
Powyższe rozważanie zostało potwierdzone wynikami doświadczalnymi (rys. 7 a b).

Źródło prądu szybko - zmiennego — generator ze wzbudzeniem obcym, (na rys. 6 oprowadzony kreskowaną linią), dla zapewnienia możliwie małego oddziaływania układu pomiarowego; w tymże celu są włączone opory do obwodów drgań. Moc generatora wynosi około 100 W. Fala zmienna, w granicach nieznacznych w otoczeniu $\lambda = 1205$ ($f = 249 \text{ KC}$).

Dla uniknięcia harmonicznych zastosowano następujące środki: po pierwsze, zastosowano generator obco - wzbudny, pracujący na prostolinijskiej części charakterystyki lampy, następnie obwód filtrujący, pobudzony napięciem, branem z dużej pojemności, włączonej w indukcyjnej gałęzi obwodu drgań; transformator sprzęgający ekranowany. Oprócz tego, ekranowanie transformatorów ma na celu usunięcie sprzężeń pojemnościowych, których rachunkowo nie da się uwzględnić. Obwód drgań właściwego układu pomiarowego składa się z cewki bezpojemnościowo nawiniętej, o małych stratach, kondensatora zmiennego z precyzerem, oporu dodatkowego i amperomierza cieplnego. Potencjał początkowy siatki ustalony baterią siatki. W obwodzie anodowym cewka sprzężenia zwrotnego i amperomierz prądu stałego (zabocznikowany kondensatorem) i zmiennego (cieplny, sprzęgnięty transformatorowo). Dla wyrównania dość znacznych tętnień kolektorowych, zastosowano filtr dławikowy. Żarzenie lampy regulowano oporem z precyzerem; przyrządy kontrolne — amperomierz i woltomierz. Co się tyczy ekranowania obwodów, było ono skąpe, z powodu długiej fali. Sam generator nie był ekranowany, był on



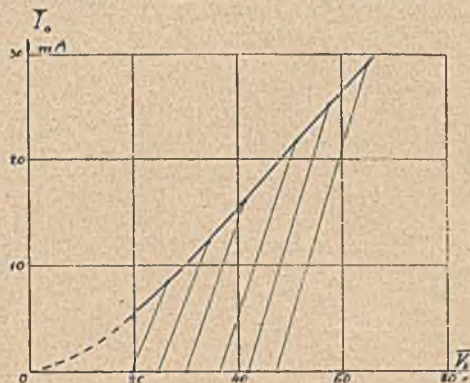
Rys. 6.



Rys. 7a.

Odchylenie od równoległości waha się w granicach $\pm 1,5\%$ rys. 7 a, około $\pm 2,5\%$ rys. 7 b, co należy złożyć na karb błędów pomiaru. Przytem został sprawdzony wpływ poszczególnych wielkości na zmianę nachylenia i porównanie z wynikami obliczonymi ze wzoru (18 a) daje różnice $\pm 1\%$. Różnice w charakterystykach dynamicznych, zdejmowanych różnymi sposobami, nie wykraczały ponad błędy pomiaru. Wobec stwierdzenia eksperymentalnego słuszności przesłanek teoretycznych,

możemy dalszą dyskusję oprzeć na rozpatrywaniu charakterystyk dynamicznych, opierając się na teorii generatora o sprzężeniu mieszanem.

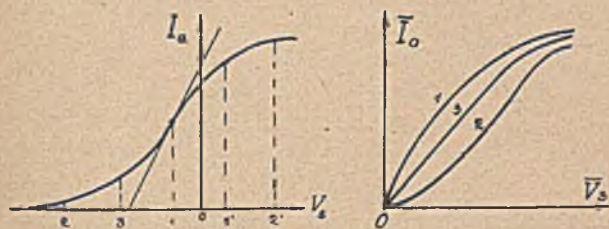


Rys. 7b.

W dyskusji interesujące są następujące zagadnienia:

1. Warunki czułości i łatwość regulacji.
2. Warunki zniekształcalności i selektywności.

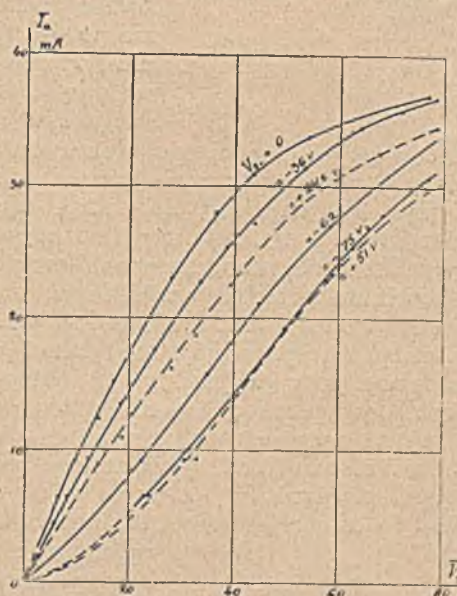
Warunki największej czułości będą zależały z jednej strony od elektrycznych własności układu, z drugiej od wykonania mechanicznego sprzęgacza. Jeżeli chodzi o własności elektryczne, to możemy je wyprowadzić, badając wpływy różnych czynników na kształt charakterystyki dynamicznej. Można określić na podstawie teorii, że otrzymamy największe przyrosty napięcia siatki, jeżeli charakterystyka dynamiczna będzie linią prostą i prosta sprzężności zwrotnej będzie styczną do niej. W teoretycznym wypadku otrzymalibyśmy wzmocnienie nieskończenie wielkie, wynika to także z teorii ujemnego oporu. Ponieważ w praktyce, charakterystyka dynamiczna jest linią krzywą, należy w doborze warunków pracy dążyć do zbliżenia się do linii prostej; co się tyczy nachylenia charakterystyki, ze względu na uzyskanie napięć na siatce, jest to kwestją obojętną, gdyż decyduje tutaj stopień, w jakim odbiega ona od linii prostej. Ponieważ jednak zmienne napięcia siatki są detektorowane w tejże lampie, więc li tylko ze względu na detekcję, konieczna jest duża stromość charakterystyki statycznej, a co zatem idzie, dynamicznej. Kształt charakterystyki dynamicznej zależy od przebiegu statycznej i od doboru początkowych potencjałów siatki i anody. Kształt ch. st. dla danej lampy zależy w dużym stopniu od stanu żarzenia, przy większym żarzeniu można uzyskać w dość znacznym zakresie prostoliniowość ch. dyn.



Rys. 8.

Odnosnie doboru punktu pracy, możemy rozumować w sposób następujący: rozpatrujemy charakterystykę statyczną w przesadny sposób narysowaną (rys. 8). Nachylenie jej osiąga max. w punkcie

przebiegu, a w lewo i w prawo od niego szybko maleje. Jeżeli wyobrazimy sobie, że wahania napięcia siatki odbywają się w otoczeniu punktu 1 (S max.), to dla wzrastających amplitud, wypadkowe nachylenie szybko maleje. Dzięki temu nachylenie charakterystyki dynamicznej początkowo jest duże, potem zmniejsza się, czyli krzywą otrzymamy wypukłą (rys. 7 a i 8). Jeżeli początkowy punkt pracy zostanie przeniesiony do p. 2, lub 2', dla małych amplitud, wypadkowe nachylenie będzie małe potem będzie rosło, a przy osiągnięciu amplitud = 22, znów malejące; otrzymamy krzywą wklęsłą (rys. 7 b i 8). Jeżeli teraz oberzemy jakiś punkt pośredni między 1 i 2, lub 2' np. 3, lub 3', ze wzrostem amplitudy dla jednego półokresu będzie nachylenie wzrastające, dla drugiego malejące, więc jako wypadkowy efekt, w przybliżeniu, osiągniemy stałość nachylenia charakterystyki dynamicznej, czyli prostoliniowość w dość znacznym zakresie (rys. 9). Powyższe wy-



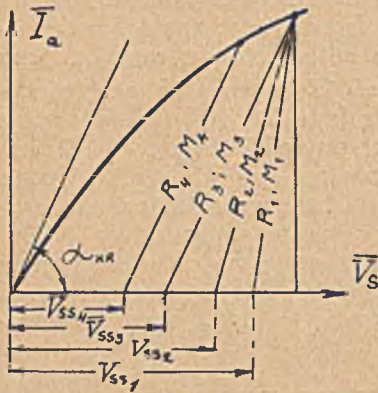
Rys. 9.

niki potwierdziło doświadczenie. Należy zwrócić uwagę na to, że dzięki nieprostolinijnemu przebiegowi charakterystyk statycznych powstają w obwodzie anodowym prądy wyższych harmonicznych, które zwiększają jego skuteczną wartość, mierzona przyrządem. Bardzo znaczny wpływ na wzmocnienie, będzie wywierał opór obwodu siatki. Jak wspominałem, w antenie mamy do rozporządzenia pewną S. E. M-ną, więc porównyując wzmocnienie, będziemy wychodzić ze stałości S. E. M. = \bar{E}_{ss} . Ze zmianą oporu obwodu siatki, napięcia pochodzące od S. E. M. sygnału \bar{E}_{ss} będzie

$$(26) \dots \bar{V}_{ss} = \frac{\bar{E}_{ss}}{R} \frac{1}{\omega C},$$

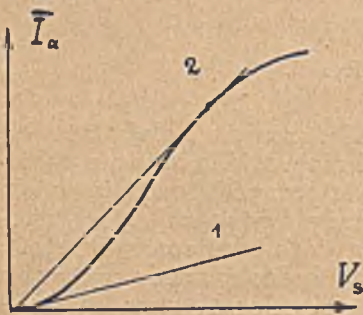
więc maleje odwrotnie proporcjonalnie do oporu. Zastanówmy się, w jakim stopniu wzrost R, zatem zmniejszenie \bar{V}_{ss} wpłynie na efekt końcowy, jeżeli możemy zmieniać sprzężenie M (nachylenie prostej sprzężności zwrotnej, wzrasta ze wzrostem oporu równ. (18) należy więc zwiększyć M). Jeżeli pracujemy przy małych sprzężeniach, możemy kompensować wprowadzenie oporu, ale do pewnych granic; to znaczy, przy stałej SEMnej sygna-

łu, zwiększając sprzężenie, przy zwiększeniu oporu możemy osiągnąć te same wzmocnienie. Po przekroczeniu oporu, przy którym pracujemy ze sprzężnością krytyczną, wzrost oporu nie może być skompensowany, żądanego wzmocnienia nie otrzymamy. Na charakterystyce dynamicznej (rys. 10) możemy to przedstawić bardziej plastycznie.



Rys. 10.

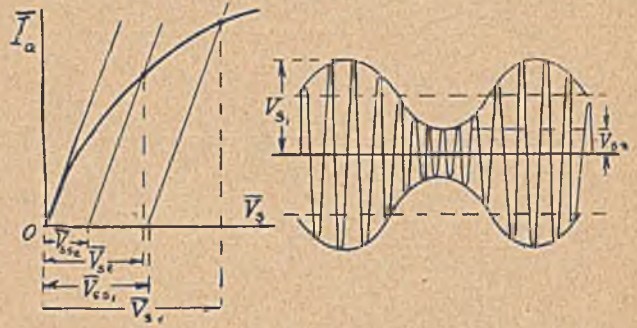
do wartości odpowiadającej nachyleniu krytycznemu, czyli tylokrotnie, ilekrotnie wzrósł opór. Na wykresie (rys. 10) widzimy, że teoria ujemnego oporu na te kwestje nie daje zupełnie odpowiedzi, bowiem wynika z niej nieograniczona kompensacja oporu. Ostatnim punktem zagadnienia czułości będzie wielkość sprzężenia. Najdogodniejsze sprzężenie dla małych amplitud jest krytyczne, jest ono osiągalne łatwo przy wypukłym przebiegu charakterystyki dynamicznej, trudniej przy prostoliniowym. Przy przebiegu wklęsłym dla małych amplitud jest nieosiągalne, gdyż wtedy powstaną drgania (rys. 11, prosta 1). Dla dużych amplitud jest trudne do osiągnięcia (rys. 11 prosta 2) gdyż



Rys. 11.

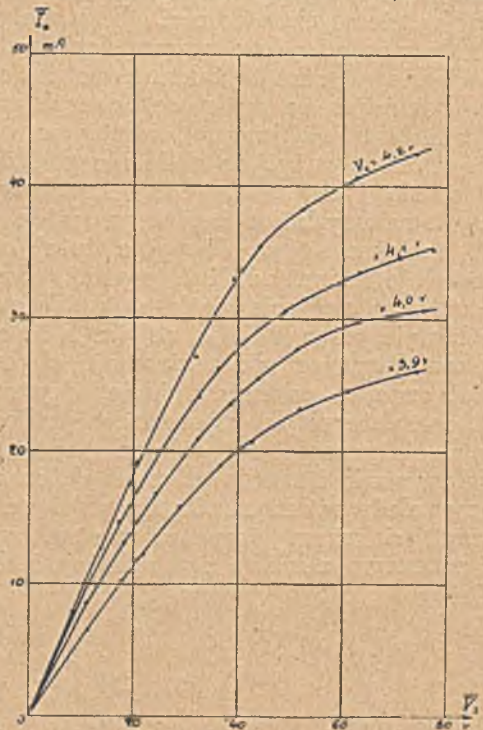
wzbudzenie drgań nastąpi przy znacznej większej sprzężności (postępuje się w odbiorniku w ten sposób, że zwiększa się sprzężenie do powstania drgań potem osłabia się aż do oczyszczenia audycji). Wtedy praca odbywa się na górnej części charakterystyki dynamicznej (poza p. 2). Przy amplitudach dużych modulowanych sprzężność krytyczna może dać słaby odbiór. Jeżeli modulacja jest $k\%$, to po wzmocnieniu będzie znacznie płytsza, tak że w rezultacie wzmocnienia energii małej częstotliwości, ukrytej w energii szybkozmiennej modulowanej, nie będzie. Wynika to z zakrzywienia charakterystyki dynamicznej — czyli mniejszego wzmocnienia dużych amplitud (rys. 12). Z tego wynika wniosek, że dla silnych stacji należy dawać sprzężenie $< M_{kr}$, a przy silnej lokalnej stacji, wogóle nie opłaca się dawanie odbiornika reakcyjnego, gdyż otrzymuje się odbiór słabszy, niż

bez sprzężenia, co można łatwo sprawdzić na każdym odbiorniku reakcyjnym. Możliwość uzyskania właściwego sprzężenia zależy oprócz wyżej wspomnianych własności elektrycznych w znacznej



Rys. 12.

mierze od konstrukcji warjometru sprzęgającego. Jest trudne wykonanie sprzęgacza, któryby dawał łagodną regulację; w znacznej mierze zależy to od kształtu cewek, gdyż naogół cewki mają tego rodzaju przebieg pola, że dopiero przy znacznym ich zbliżeniu, można uzyskać dostateczną wartość indukcyjności wzajemnej i wtedy zmienia się ona dosyć raptownie, ze zmianą kąta warjometru. Z tego względu układy reakcyjne z cewkami np. koszykowymi, przesuwanymi we własnej płaszczyźnie są bardziej wydajne, niż np. z cewkami komórkowymi. Z temi ostatnimi odbiornik zachowuje się bardziej kapryśniej, daje gwizdy i trudniej jest go stroić. Pod tym względem mają przewagę układy z regulowaniem pojemnościowej reakcji. Wygodnie regulować precyzyjnie reakcję w niewiel-



Rys. 13.

kich granicach przy pomocy żarzenia, gdyż zmienia się w ten sposób nachylenie charakt. statycznych, zatem i dynamicznych (rys. 13).

Przy wyczerpywaniu się ogniw odbiór dzięki temu może się znacznie osłabić.