

# PRZEGLĄD RADJOTECHNICZNY

OGŁASZANY STARANIEM SEKCJI RADJOTECHNICZNEJ STOW. ELEKTR. POLSKICH

Pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XIII.

1 Kwietnia 1935 r.

Zeszyt 7—8

Redaktor kpt. STEFAN JASIŃSKI.

Warszawa, Marszałkowska 33 m. 11, tel. 8-40-45.

## NAJWIĘKSZA RADJOSTACJA SOWIECKA W MOSKWIE

(dokończenie).

### Manipulacja (sterowanie) i blokada.

Opisany system blokowy byłby niekompletny, gdyby nie był uzupełniony podobnym systemem włączania źródeł zasilania: żarzenia, i wysokiego napięcia dla oddzielnych 100 kW wzmacniaczy. Każdy blok posiada własny agregat żarzenia, własny anodowy transformator, prostownik i filtr. Jakikolwiek uszkodzenie powstające w którymkolwiek z tych obwodów, dzięki specjalnemu systemowi blokady pozwala wyłączyć z pracy uszkodzony blok, niezależnie od tego, jaka przyczyna to wywołała.

Wyjątkowa elastyczność schematu 500 kW radjostacji, ma jednakże swoje ujemne właściwości. Rzeczywiście, gdyż zamiast zwykłego sposobu sterowania i blokady radjostacji, niezbędne są podwójne układy manipulacyjne:

1) układ manipulacyjny blokujący, oddzielny dla każdego bloku i,

2) układ scentralizowanego sterowania całą radjostacją, przyczem oba te układy muszą być zupełnie ze sobą zgodne.

Jasnym jest, że w każdym bloku niezbędną jest możliwość niezależnego włączania i wyłączania wszystkich jego obwodów. Jednak jeżeli przy każdym puszczeniu w ruch i zatrzymaniu stacji korzystać ze wszystkich tych oddzielnych elementów włączeniowych i wyłączeniowych, to liczba takich operacyjnych elementów będzie już tak wielka i obsługiwanie ich o tyle skomplikowane, że wszystkie zalety, jakie daje system oddzielnych bloków, mogą być zupełnie zniweczone.

Po dokładnych studjach i rozlicznych próbach nad różnymi sposobami sterowania, udało się zmniejszyć liczbę sterujących wyłączników do dwóch: jeden wysokiego i drugi niskiego napięcia. Zrezygnowano tylko, dla uproszczenia układu, z rozruszników przy wszystkich agregatach stacyjnych i zainstalowano do tych agregatów silniki krótkozwarowe. W rezultacie całe uruchomienie radjostacji skutecznia się przez naciśnięcie dwóch przycisków.

Manipulacja tak znaczną ilością agregatów nie może oczywiście odbywać się w sposób ręczny, ponieważ dokładność regulacji napięć, szczególnie w agregatach żarzeniowych musi być znaczna (nie mniej niż 0,25 V). Dlatego na stacji zainstalowany jest cały szereg samoczynnych regulatorów napięciowych. System ochrony przed różnymi niewłaściwymi włączeniami jest zrealizowany w każdym bloku indywidualnie. Jest jednakże cały szereg ważniejszych operacji, które są wzajemnie blokowane w systemie scentralizowanego uruchamiania całego nadajnika.

### System chłodzenia.

Ogromna moc (około 1200 kW) wydzielająca się na anodach lamp, lub w różnych oporach, daje pojęcie o skomplikowanej sieci chłodzenia 500 kW radjostacji. Przede-

wszystkiem więc należy podkreślić konieczność doskonałego chłodzenia anod lamp wodą tylko destylowaną (dla uniknięcia osadów kamienia). Zastosowany jest więc tutaj system podwójnego chłodzenia.

Woda destylowana, dotykająca bezpośrednio anod i t. p., ma obieg zamknięty. Dochodzi ona przez rury i gumowe zwojnice do naczyń, otaczających miedziane anody lamp. Następnie z tych naczyń również przez gumowe zwojnice dostaje się do specjalnych chłodziń, skąd ścieka do głównego rezerwuaru. Z rezerwuaru zaś przy pomocy pomp idzie znów do anod i t. d. Chłodzińca do wody destylowanej omywana jest wodą zwykłą z inego dużego basenu. Nazewnątrz radjostacji znajdują się wieże chłodzińcze, w których chłodzi się woda zwykła.

Doświadczenie eksploatacyjne podobnych systemów chłodzenia na wielu radjostacjach dowiodły całego szeregu zalet tego systemu \*).

Tym sposobem, zasadniczymi etapami charakteryzującymi budowę 500 kW radjostacji, są: antena fal długich, z charakterystyką kierunkową i z wysokim współczynnikiem sprawności, system równoległej pracy szeregu 100 kW-owych generatorów na ogólny obwód, oraz dokładnie opracowany system sterowania wyłącznikami stacyjnymi. Oczywiście, że w konstrukcyjnym wykonaniu oddzielnych części radjostacji, zastosowany został cały szereg nowych pomysłów i ulepszeń. Zrealizowanie 500 kW radjostacji wymagało przytem przeprowadzenia znacznej ilości specjalnych badań laboratoryjnych i t. p. prób.

### Wyniki badań i prób.

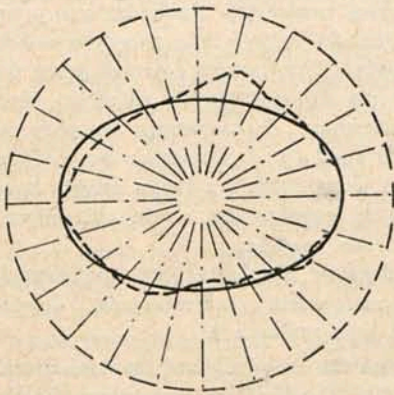
Radjostacja została oddana do prób 10.II.1933 r. Program badań obejmował następujące zasadnicze kwestje: badanie anteny, ogólne pomiary i badanie elementów zasilających oraz rozdzielczych, systemów wysokiego i niskiego napięcia, szczegółowe zbadanie nadajnika, pomiar mocy w antenie, stabilizacja częstotliwości, zawartości wyższych harmonicznych, zdjęcie charakterystyk modulacji w funkcji amplitudy i częstotliwości. Ponadto został zbadany cały szereg kwestyj, związanych z wprowadzeniem systemu oddzielnych bloków zasilających i wszechstronne zbadanie i wypróbowanie systemu samoczynnego sterowania, kontroli, sygnalizacji i blokady. Oprócz tego przeprowadzono szereg prób na ciągłość pracy.

### Wykres biegunowy anteny i natężenia pola.

Niezależnie od zwykłych pomiarów pojemności i oporności anteny, był przeprowadzony cały szereg innych pomiarów, mających na celu otrzymanie wykresu biegunowego.

\*) Radjostacja w Raszynie posiada identyczny system chłodzenia lamp wielkiej mocy.

kierunkowego działania złożonej anteny. Aczkolwiek przeprowadzenie pomiarów wskutek instalacji przyborów mierzniczych w samochodzie, wymagało znacznej ilości czasu i nie mogło liczyć na wielką dokładność, zdecydowano się pomiar te przeprowadzić. Dwóch inżynierów z komisji odbiorczej wykonało objazd dookoła anteny w promieniu 40-tu kilometrów. Urządzenie odbiorcze typu najprostszego z dołączonym woltmierzem lampowym, pozwalało odczytywać natężenie pola w dowolnym punkcie objazdu. Chociaż absolutna wielkość natężenia pola nie mogła być dokładnie zmierzona, jednakże otrzymana krzywa biegunowa charakteryzuje dokładnie rozchodzenie się mocy wypromieniowanej przez antenę. Na rysunku 7 pokazane są teoretyczny i doświadczalny wykres biegunowy kierunkowego działania anteny. Należy podkreślić, że zgodność między obliczoną a otrzymaną krzywą jest w zupełności zadowalająca, jeśli uwzględnić warunki pracy w samochodzie, a także niemożliwość utrzymania stałej wartości prądu w antenie z powodu istniejących wahań napięcia w zasilającej sieci przemysłowej. Nie



Rys. 7.

wyłączona jest prócz tego możliwość powstawania zniekształceń pola na skutek właściwości topograficznych terenu i t. p. warunków lokalnych.

Szereg pomiarów, przeprowadzonych nie tylko w punktach kontrolnych wewnątrz Z. S. R. R., lecz także i zagranicą, wykazał bardzo wielką sprawność anteny. Tak naprzykład pomiary natężenia pola radiostacji na fali 1 481 metrow w Warszawie \*) dały wartość 4 mV/m. i w Brukseli od 0,5—1 mV/m.

Oprócz tego cały szereg obserwacji, przeprowadzonych wewnątrz Z. S. R. R., a także w zachodniej Europie i Małej Azji, w szczególności w Lucernie i Ankarze, wykazał nadzwyczajną stałość odbioru, brak fading'u, co dawało zupełną pewność nie tylko odbioru amatorskiego, lecz także retranslacji programów moskiewskich.

#### Sprawność nadajnika.

Pomiar mocy, oddawanej przez nadajnik na fali 1 481 m., wykazał moc nie mniejszą, niż 500 kW w antenie przy pracy na fonji, pozwalającej na 100%-ową głębokość modulacji. Przy 500 kW w antenie, dochodząca do całej radiostacji moc była równa 2 300 kW, co odpowiada ogólnej sprawności całej radiostacji 22,8%. Sprawność 7-go stopnia, pod którą należy rozumieć stosunek mocy w antenie, do mocy dochodzącej do anod lamp = 32,4%. Sprawność obwodów 7-go stopnia i głównego obwodu pośredniego = 95,5%.

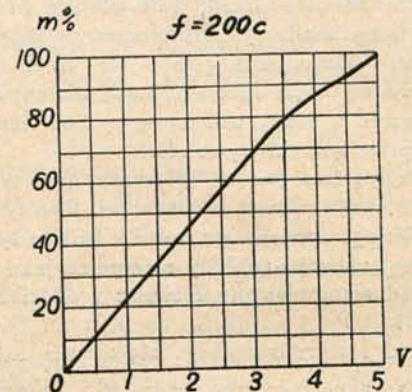
\*) Państwowy Instytut Telekomunikacyjny, ani Polskie Radio pomiarów takich nie przeprowadzały.

#### Pomiary stałości częstotliwości.

Pomiary te przeprowadzane w czasie prób odbiorczych przez punkt kontrolny w Możajsku, wykazały, że wahania częstotliwości nadajnika nie przekraczały  $\pm 50$  cykli, co wielokrotnie przewyższyło dozwolone warunki techniczne i mieści się swobodnie w ramach norm międzynarodowych, ustalonych przez konferencję w Lucernie. Oprócz tego były przeprowadzone specjalne badania i pomiary natężenia pola wyższych harmonicznych w punkcie kontrolnym, odległym o 60 km. od anteny. Druga harmoniczna nie mogła być w ogóle spostrzeżona posiadaniem przyrządami. Trzecia zaś harmoniczna dawała natężenie pola wszystkiego 14,5  $\mu$ V/m., co jest znacznie poniżej wartości dozwolonej.

#### Charakterystyki modulacji.

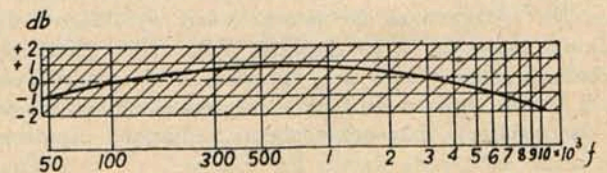
Charakterystyka w funkcji amplitudy pokazana jest na rysunku 8 i zdjęta została przy częstotliwości modulującej 200 cykli. Na osi odciętych odłożono napięcie na wejściu mo-



Rys. 8.

dulatora, na osi rzędnych głębokość modulacji „m” w %%. Widać stąd, że przy 5 woltach napięcia wejściowego, głębokość modulacji wynosi 100%.

Charakterystyka w funkcji częstotliwości zdjęta dla zakresu częstotliwości modulujących od 50 do 10 000 cykli, pokazana jest na rysunku 9. Z charakterystyk tych jest widocznym, że pomimo znacznej długości fali, jakość modulacji jest bardzo wysoka i cała charakterystyka częstotliwości nie wykazuje odchylenia większych od 2,5 decybeli.



Rys. 9.

Przy odbiorze na słuchawki, zgodnie z orzeczeniem komisji odbiorczej, pomimo znacznej siły głosu w czasie modulacji, żadnych przeszkód, szmerów i t. p. ze strony stacji w czasie pauz wykryć nie zdołano. Oprócz tego był przeprowadzony szereg badań nad blokami wielkiej mocy nadajnika, w szczególności były zdjęte modulacyjne charakterystyki częstotliwości przy 5 lub 6-ciu pracujących blokach. Pomiary te wykazały zupełną identyczność charakterystyki częstotliwości, to jest zupełny brak jakichkolwiek zniekształceń przy wyłączeniu lub włączeniu bloku.

Inne badania. Cały szereg wyłączeń umyślnych, bądź przypadkowych, oddzielnych 100 kW-owych bloków w czasie pracy radiostacji, nie wywołał żadnych trudności dla

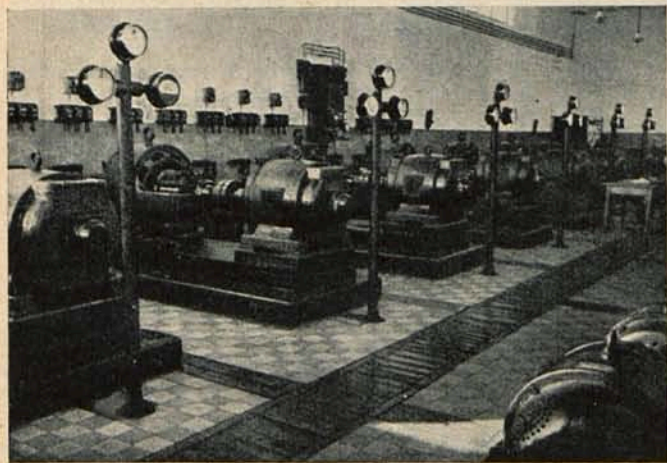
dalszej pracy radiostacji, a tylko dawał oczywiście pewne zmniejszenie mocy. W podobny sposób była sprawdzana możliwość włączenia bloku rezerwowego w czasie pracy pozostałych bloków, przyczem także nie spostrzeżono żadnych trudności w pracy już czynnych bloków i włączenie bloku zapasowego dawało w rezultacie tylko podwyższenie mocy w antenie.

Pozatem były przeprowadzone bardzo drobiazgowo próby i badania sytemów sterowania, blokady i sygnalizacji.

Wg. A. L. Minc „*Tiechnika Swiazi*” Nr. 4 i 5 1934 r.

Radjostacja 500 kW w Moskwie jest niewątpliwie jednym z najciekawszych rozwiązań budowy wielkich jednostek nadawczych. Wyłania się tu jednakże szereg kwestyj, które gdzieindziej są inaczej rozwiązywane, lub które mogą nasuwać pewne zastrzeżenia.

1) Niema powielania częstotliwości generatora niezależnego, czyli ma on tę samą częstotliwość, co i cała stacja. Tymczasem zaś poglądy na ten temat wyrażane w czasopiśmie, oraz znakomita większość projektów radiostacji większych mocy, mówią właśnie, że w bardzo silnym polu,

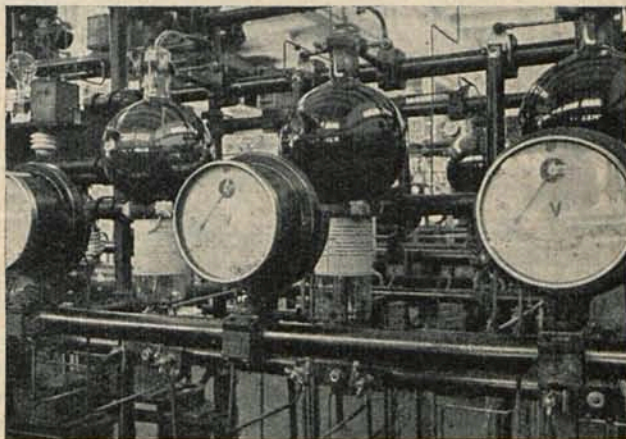


Rys. 10.  
Sala zespołów elektrycznych.

jakie istnieje na samej stacji, nie pomoże staranne nawet zakranowanie generatora niezależnego. Prąd anteny może indukować w nim sem-ną nawet poprzez ekrany. Dlatego też zwykle częstotliwość radiostacji jest wielokrotną pewną częstotliwości generatora niezależnego, uzyskaną przez powielenie. W ten sposób, prąd dostający się z anteny do generatora niezależnego natrafia na obwody nastrojone na zupełnie inną częstotliwość.

2) Rozstrojenie, jakie zachodzi przy zmianie liczby pracujących bloków z 6-ciu na 5, lub odwrotnie, musi być oczywiście mniejsze, niż gdyby to był jeden z dwóch bloków. Nie mogło być jednak do pominięcia, skoro po odłączeniu się takiego bloku przewidziane są takie „szykany” jak: automatyczne rozstrojenie nieczynnego obwodu, zmiana sprzężenia z obwodem pośrednim, a pozatem doregulowanie tego obwodu. Prawdopodobnie jednak, gdyby odłączyły się trzy bloki z sześciu pracujących to w wyniku trudno byłoby otrzymać w ciągu kilku sekund 250 kW w antenie. Oczywiście, że prawdopodobieństwo jednoczesnego wyłączenia się tylu bloków jest daleko mniejsze, niż wyłączenie się jednego bloku. Dlatego też najważniejszą może zaletą tego schematu jest ta okoliczność, że

liczba poszczególnych 100 kW bloków jest stosunkowo duża i odłączenie lub dołączenie jednego bloku niezbyt dotkliwie zmienia warunki pracy.

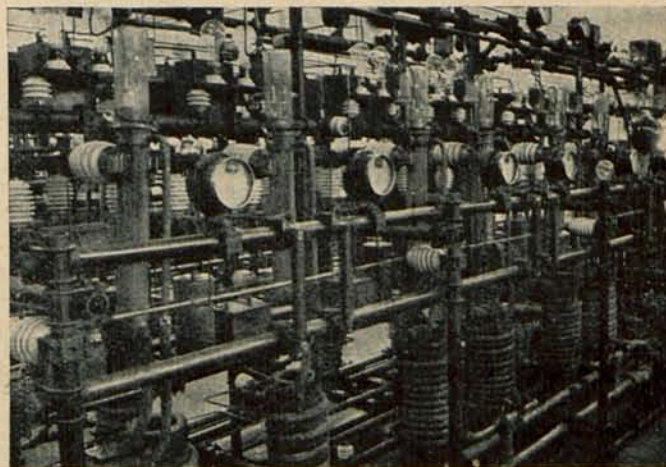


Rys. 11.  
Sala prostowników.

3) Stabilizacja częstotliwości nośnej stacji utrzymywana jest w granicach  $\pm 50$  c co dla  $\lambda = 1481$  m wyniesie około 0,25%. Wahania te miały być mniejsze od dozwolonych przez warunki techniczne i mieścić się swobodnie w ramach norm międzynarodowych. Tymczasem dopuszczalne wahania częstotliwości dla tego typu stacji uchwalone na konferencji w Madrycie w r. 1932, wynoszą dla stacji wybudowanych od 1933 r.  $\pm 50$  c. Wahania więc częstotliwości stacji moskiewskiej są największymi dopuszczalnymi \*)

4) Uruchomienie stacji uskutecznia się przez naciśnięcie dwóch przycisków: niskiego i wysokiego napięcia.

Zasadniczo jest to możliwe, o ile nie uwzględnić wcześniejszego puszczenia w ruch pomp z wodą chłodzącą, ujemnych napięć na siatki lamp wielkiej mocy, wcześniejszego uruchomienia prostowników anodowych i t. p. Pozatem zaś nie włącza się prawdopodobnie w Moskwie



Rys. 12.  
Szósty stopień wzmacniacza mocy.

\*) Według raportu z Możajska z grudnia 1934 r. wahania te wynoszą ok. 30 c.

odrazu pełnego napięcia anodowego na lampy wielkiej mocy, a tylko stopniowo, chyba że podnoszenie tego napięcia uskutecznia się samoczynnie.

5) Podkreślany jest brak fadingu. Oczywiście przy tej długości fali fading zaczyna być odczuwany na znacznie

większych odległościach, niż przy falach krótszych. Wątpliwe jest jednak, by 500 kW stacja w Moskwie miała być wyjątkiem pod tym względem. Niżej podpisany słuchał często tę stację w okolicach Warszawy i stwierdził dla niej kilkakrotnie typowe objawy fadingu.

S. Wolski.

## WIADOMOŚCI TECHNICZNE.

### Nachylenie przemiany częstotliwości.

Oznaczmy przez  $e_1 \sin \omega_1 t$  napięcie wielkiej częstotliwości, doprowadzone na siatkę modulatora, a przez  $e_2 \sin \omega_2 t$  — siłę elektromotoryczną, wytwarzoną przez oscylator. W wyniku procesu przemiany częstotliwości otrzymujemy napięcie o pulsacji  $\omega_2 - \omega_1$  w obwodzie anodowym oscylatora-modulatora. Wzmocnienie w modulatorze daje się obliczyć, o ile traktuje się lampę jako generator o oporności wewnętrznej  $\rho$ , oporności zewnętrznej  $Z$  i siłę elektromotorycznej  $kE_s$ .

Napięcie w obwodzie anodowym wynosi wówczas:

$$E_a = kE_s \frac{Z}{\rho + Z}.$$

Ponieważ

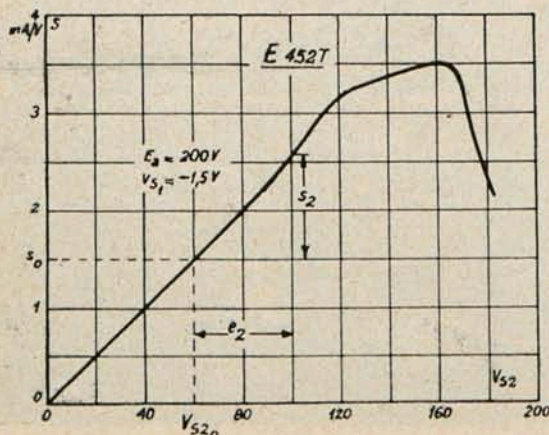
$$S\rho = K,$$

więc

$$E_a = SE_s \frac{Z}{\rho + Z}.$$

Ze wzoru tego wynika, że napięcie w obwodzie anodowym jest równoważne napięciu, które wywoływałoby prąd  $SE_s$  w oporze równym oporności układu złożonego z  $\rho$  i  $Z$ , połączonych równolegle. Przy obliczeniu wzmocnienia można posługiwać się zwykłymi charakterystykami lamp z zastrzeżeniem, że należy zastąpić  $Z$  przez  $\rho$  i  $Z$  w układzie równoległym.

Pominąwszy przypadek, gdy regulację siły odbioru uskutecznia się przez zmianę napięcia siatki sterującej lub osłonowej, można przyjąć, że nachylenie  $S$  przy normalnym wzmacnianiu wielkiej lub pośredniej częstotliwości jest stałe. Twierdzenie to staje się jednak niesłuszne, gdy w grę wchodzi modulator superheterodyny. Napięcie, wytworzone przez oscylator zostaje doprowadzone do siatki osłonowej lub katody i nachylenie  $S$  zmienia się w rytmie częstotliwości  $\omega_2$ .



Rys. 1.

Tytułem przykładu rozważmy lampę E 452 T. Wzrost napięcia siatki osłonowej tej lampy powoduje zwiększenie prądu anodowego. Również nachylenie rośnie, jak to wskazuje rys. 1. Jeśli oznaczymy napięcie stałe siatki osłonowej przez  $V_{s20}$ , a amplitudę indukowanego na tej siatce napięcia oscy-

latora przez  $e_2$ , wówczas prąd anodowy w nieobecności sygnału wejściowego wynosi

$$I_a = f(V_{s20}) = f(V_{s0} + e_2 \sin \omega_2 t).$$

Prąd anodowy zawiera zatem składową stałą, składową zmienną o częstotliwości  $\omega_2$  oraz harmoniczne, które powstają z tego powodu, że charakterystyka z rysunku 1-szego nie jest linią prostą. Gdy napięcie zmienne  $e_2$  nie jest zbyt duże, można traktować  $S$  jako mniej więcej proporcjonalne do  $V_{s2}$ . Zatem

$$S = S_0 + S_2 \sin \omega_2 t \quad (1)$$

gdzie  $S_0$  oznacza nachylenie w nieobecności zmiennego napięcia na siatce osłonowej, a  $S_2$  — przyrost nachylenia, spowodowany przez napięcie  $e_2$ .

Jeśli napięcie sygnału na siatce sterującej równa się  $e_1 \sin \omega_1 t$ , wywołana przez nie zmiana prądu anodowego wynosi:

$$\Delta i_a = S e_1 \sin \omega_1 t.$$

Na podstawie wzoru (1) można napisać:

$$\Delta i_a = (S_0 + S_2 \sin \omega_2 t) e_1 \sin \omega_1 t$$

a całkowity prąd anodowy przybiera wartość:

$$I_a = f(V_{s20} + e_2 \sin \omega_2 t) + (S_0 + S_2 \sin \omega_2 t) e_1 \sin \omega_1 t.$$

Prąd anodowy zawiera więc 4 składowe:

- 1) prąd stały,
- 2) prąd zmienny o częstotliwości  $\omega_2$ ,
- 3) prąd zmienny  $S_0 e_1 \sin \omega_1 t$ ,
- 4) prąd  $S_2 e_1 \sin \omega_1 t \cdot \sin \omega_2 t$ . Wyrażenie to daje się rozłożyć na:

$$\frac{1}{2} S_2 e_1 \cos(\omega_2 - \omega_1)t - \frac{1}{2} S_2 e_1 \cos(\omega_2 + \omega_1)t.$$

Ponieważ transformator pośredniej częstotliwości jest dostrojony do  $\omega_2 - \omega_1$ , więc uwzględnimy tylko składową o tej pulsacji.

$$I_a = \frac{1}{2} S_2 e_1 \cos(\omega_2 - \omega_1)t \quad (2)$$

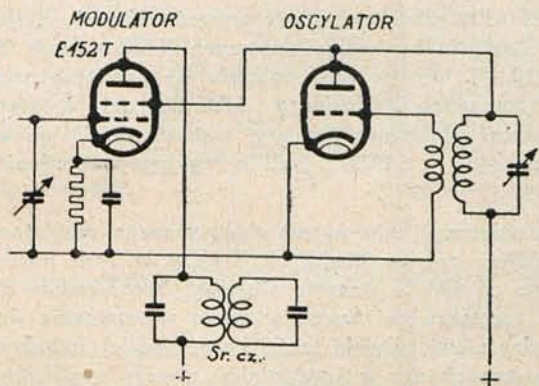
$$E_a = \frac{1}{2} S_2 e_1 \cos(\omega_2 - \omega_1)t \cdot \frac{\rho Z}{\rho + Z} \quad (3)$$

Ze wzoru tego wynika, że zmiana nachylenia  $S_2$  decyduje o czułości modulatora, przyczem jest rzeczą zupełnie obojętną, w jaki sposób się tę zmianę uzyskuje.

Jeśli np. lampa E 452 T pracuje przy napięciu siatki osłonowej 60 V, a napięcie wzbudzone na siatce osłonowej w układzie z rysunku 2-go ma amplitudę równą 40 V, przyrost nachylenia  $S_2$  wynosi 1 mA/V. Przy większej amplitudzie nachylenie wzrosłoby jeszcze. Jednakże zwiększenie napięcia oscylatora jest ograniczone przez maksymalne dopuszczalne zniekształcenie, które wynika z nieprostolinijnego przebiegu charakterystyki z rys. 1-go; ponadto amplituda nie może być zbyt wielka, gdyż napięcie siatki osłonowej nie powinno przekroczyć połowy napięcia anodowego, o ile opór wewnętrzny lampy nie ma ulec zbyt niemu zmniejszeniu. Przy

napięciu anodowym 200 V i napięciu siatki osłonnej 60 V amplituda 40 V jest jeszcze dopuszczalna.

We wzorach (2) i (3) figuruje wyrażenie  $\frac{1}{2} S_2$ , które jest funkcją napięcia oscylatora  $e_2$  i reprezentuje stosunek prądu anodowego pośredniej częstotliwości do napięcia wej-



Rys. 2.

ściowego wielkiej częstotliwości. Ponieważ wyrażenie to charakteryzuje proces przemiany częstotliwości, więc nazwiemy je *nachyleniem przemiany częstotliwości*, które oznaczmy symbolem  $S_p$

$$S_p = \frac{1}{2} S_2.$$

Na podstawie wzoru (3) można określić stosunek t. j. *wzmocnienie przemiany częstotliwości*  $k_p$

$$K_p = S_p \cdot \frac{\rho Z}{\rho + Z}.$$

Zastosujmy teraz inną metodę obliczenia nachylenia przemiany częstotliwości. Prąd anodowy lampy można przedstawić zapomocą następującego równania:

$$i_a = i_0 + \alpha v_s + \beta v_s^2 + \gamma v_s^3 + \dots \quad (4)$$

lub

$$i_a = i_0 + s_1 v_s + \frac{1}{2} s_2 v_s^2 + \frac{1}{6} s_3 v_s^3 \dots \quad (5)$$

gdzie

- $i_a$  = prąd anodowy,
- $i_0$  = składowa stała prądu anodowego,
- $v_s$  = zmienne napięcie siatki,
- $s_1 = \alpha$  = nachylenie charakterystyki,
- $s_2 = 2\beta$  = nachylenie krzywej, która przedstawia nachylenie charakterystyki w funkcji ujemnego napięcia siatki;
- $s_4 = 6\gamma$  = nachylenie krzywej, która przedstawia  $s_2$  w funkcji ujemnego napięcia siatki.

W przypadku modulotara

$$v_s = v_1 \cos \omega_1 t + v_2 \cos \omega_2 t$$

gdzie  $v_1 \cos \omega_1 t$  oznacza napięcie sygnału, a  $v_2 \cos \omega_2 t$  — napięcie oscylatora.

Podstawiając do równania (4) powyższe wyrażenie i pomijając wyrazy w trzeciej i wyższej potęgze, otrzymamy

$$i_a = \alpha v_1 \cos \omega_1 t + \alpha v_2 \cos \omega_2 t + \beta v_1^2 \cos^2 \omega_1 t + \beta v_2^2 \cos^2 \omega_2 t + 2\beta v_1 v_2 \cos \omega_1 t \cdot \cos \omega_2 t$$

Po przekształceniu ostatniego wyrazu

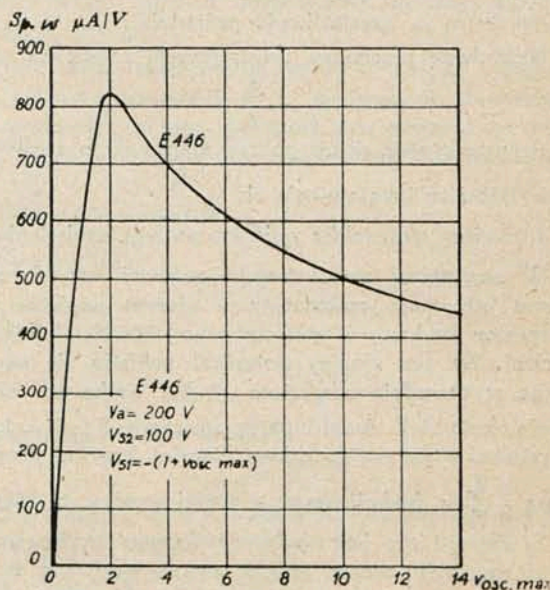
$$i_a = \alpha v_1 \cos \omega_1 t + \alpha v_2 \cos \omega_2 t + \beta v_1^2 \cos^2 \omega_1 t + \beta v_2^2 \cos^2 \omega_2 t + \beta v_1 v_2 \cos(\omega_2 - \omega_1) t + \beta v_1 v_2 \cos(\omega_2 + \omega_1) t$$

Ponieważ wzmocniona zostaje tylko częstotliwość  $\omega_2 - \omega_1$  więc w grę wchodzi jedynie wyrażenie

$$i_a = \beta v_1 v_2 \cos(\omega_2 - \omega_1) t \dots \quad (6)$$

Oczywiście we wzorze (6) nachylenie przemiany częstotliwości równa się  $\beta v_2$ , co jest równoważne  $Z \frac{1}{2} s_2 v_2$  i równe  $S_2$  z równania (2).

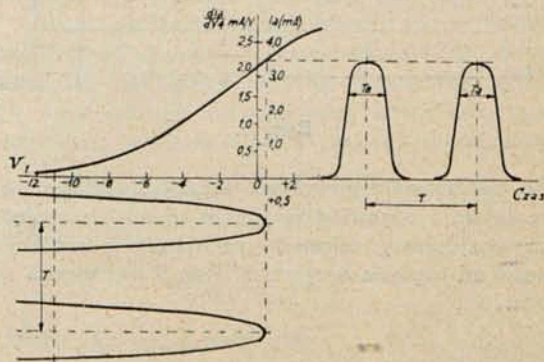
Dla obliczenia nachylenia przemiany częstotliwości należy wiedzieć, jaka jest wielkość napięcia oscylatora oraz współczynnika  $\beta$  (lub  $s_2$ ). W praktyce często stosuje się napięcia oscylatora  $v_2$  rzędu 1-10 V. Wówczas jednak nie można pominąć wyrazów w wyższych potęgach, wobec czego należy uwzględnić nie tylko współczynnik  $\beta$ , lecz i  $\gamma$  i t.d. Można jednak w tym przypadku łatwo zmierzyć nachylenie przemiany częstotliwości.



Rys. 3.

Rys. 3 uwidacznia dla pentody E 446  $S_p$  w funkcji amplitudy napięcia oscylatora. W każdym punkcie ujemne napięcie siatki jest o 1 Volt większe niż ta amplituda.

Rozważmy teraz nachylenie przemiany częstotliwości w *oktoidzie*. Proces przemiany częstotliwości polega w tej lampie na tym, że nachylenie części modulacyjnej lampy  $\frac{d I_a}{d V_4}$  nie jest stałe, lecz zależy od napięcia na pierwszej siatce, t. j. siatce sterującej oscylatora. Ponieważ napięcie pierwszej tej siatki zmienia się periodycznie, więc nachylenie modulotara waha się w rytmie napięcia oscylatora na pierwszej siatce ( $v_1$ ).



Rys. 4.

Rys. 4-ty ilustruje przebieg nachylenia  $\frac{d I_a}{d V_4}$  w funkcji  $v_1$ . Z pewnym przybliżeniem można przyjąć, że nachylenie to jest proporcjonalne do  $v_1$ .

$$S = k v_1.$$

Jeśli  $\omega_1$  oznacza częstotliwość oscylatora

$$S = S_0 \sin \omega_1 t, \text{ gdzie } S_0 = k v_1.$$

Ponieważ  $i_a = S v_4$  i  $v_4 = e_4 \sin \omega_4 t$  (napięcie wejściowe),

$$I_a = S_0 e_4 \sin \omega_4 t \cdot \sin \omega_1 t$$

lub

$$i_a = S_0 e_4 \cdot \frac{1}{2} [\cos(\omega_1 - \omega_4)t + \cos(\omega_1 + \omega_4)t].$$

Prąd anodowy zawiera więc składową pośredniej częstotliwości

$$i = \frac{S_0}{2} e_4 \cos(\omega_1 - \omega_4)t$$

gdzie  $\omega_1 - \omega_4 =$  częstotliwość pośrednia.

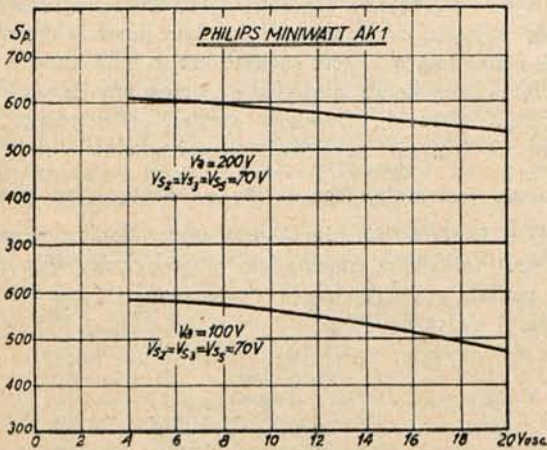
Nachylenie przemiany częstotliwości równa się więc

$$S_p = \frac{S_0}{2}.$$

$S_p$  przedstawia zatem połowę amplitudy o częstotliwości oscylatora, z jaką zmienia się  $\frac{d I_a}{d V_4}$ .

Rozważmy teraz jakim zmianom podlega nachylenie  $\frac{d I_a}{d V_4}$ .

W oscylującej części trójelektrodowej oktody siatka pierwsza otrzymuje automatycznie ujemne napięcie przez kondensator siatkowy i opór upływowy 50.000  $\Omega$  (detekcja siatkowa). Na ten ujemny potencjał nakłada się napięcie zmienne w obwodzie oscylatora (8 V), siatka ma ujemne napięcie około 11 V. Amplituda drgań wynosi  $8\sqrt{2} = 11,3$  V. Na rysunku 4-tym uwidoczniło również krzywą, przedstawiającą  $\frac{d I_a}{d V_4}$  w funkcji czasu, z której wynika, że równanie  $S = S_0 \sin \omega_1 t$  nie jest spełnione, krzywa ta bowiem nie stanowi sinusoidy; można jednak metodą graficzną określić falę podstawową tej krzywej i stąd znaleźć wartość nachylenia przemiany częstotliwości.



Rys. 5.

Po zastosowaniu powyższej metody dla różnych amplitud oscylatora i odpowiadających im ujemnych napięć siatkowych, znajdujemy zależność nachylenia przemiany częstotliwości od napięcia oscylatora. Rys. 5 uwidacznia wyniki pomiarów  $S_p$ .

A. L.

#### Międzynarodowe porównania częstotliwości zapomocą Modulowanych nadawań. — L. Essen.

(The Journal of the Institution of Electrical Engineers, Vol. 75, Nr. 453, Wrzesień 1934).

Porównanie pomiędzy wzorcami angielskim, amerykańskim i niemieckim w 1925 r. polegało na tem, że trzy

krajowe laboratorja robiły jednoczesne pomiary częstotliwości nośnych pewnych wybranych stacji nadawczych, mając jako podstawową — częstotliwość własnego wzorca. Z pomiarów tych wynikało, że wzorce są zgodne do 0,1% ( $1000 \times 10^{-6}$ ) i zgodność ta była w owym czasie uważana za bardzo zadawalającą.

W 1929 roku porównanie wzorców Francji, Italji, Niemiec, Anglii i Stanów Zjednoczonych dało zgodność 0,006% ( $60 \times 10^{-6}$ ). Porównanie polegało na pomiarze częstotliwości kursującego pomiędzy laboratorjami kwarcowego oscylatora. Podobne pomiary częstotliwości rezonatora kwarcowego w 1929 i 1930 r. wykazały zgodność do 0,0015% ( $15 \times 10^{-6}$ ).

Konieczność stosowania pomocniczego oscylatora była źródłem najpoważniejszych błędów w tych pomiarach. Dlatego od 1931 r. zaczęto stosować bezpośrednie porównania częstotliwości wzorców przez wytworzenie dudnień pomiędzy nimi. Dzięki takiej bezpośredniej metodzie błędy, zawsze obecne w poprzednich, zostały wyeliminowane.

Ponieważ przeważająca ilość organizacji przyjęła 1 000 c/s jako podstawową częstotliwość dla swoich wzorców, zorganizowano pomiary w sposób następujący:

Fala nośna (zasadniczo obojętna co do swej wartości) odpowiedniej stacji nadawczej zostaje zmodulowana częstotliwością 1 000 c/s, otrzymaną z wzorcowego kamertonu. Częstotliwość modulacji zostaje odebrana w zakładach biorących udział w pomiarach i porównana z miejscowym wzorcem. Porównanie to składa się z dwóch odrębnych pomiarów: a) pomiaru  $\Delta f$ , t. j. różnicy pomiędzy częstotliwością odebranej modulacji a wzorcową częstotliwością lokalną, i b) pomiaru częstotliwości lokalnego wzorca, wyrażonej w jednostkach bezwzględnych.

Ażeby określić  $\Delta f$  należy wytworzyć dudnienia pomiędzy odebrany sygnałem a częstotliwością lokalną. Ilość dudnień w jednostce czasu może być określona (na słuch, na „oko“ lub automatycznie) z dokładnością rzędu  $10^{-7}$ .

Ażeby częstotliwość lokalnego wzorca wyrazić w wartościach średniej sekundy słonecznej niezbędnym jest zsumować ilość drgań w przeciągu czasu mierzonego przy pomocy sygnałów czasu. Taki pomiar rozciągnięty na 24 godziny może dać względną dokładność rzędu  $10^{-7}$ . Jednak same sygnały czasu są obciążone błędami, które przeważnie nie przekraczają  $4 \times 10^{-7}$ .

Znajomość bezwzględnej wartości częstotliwości lokalnego wzorca w połączeniu ze znajomością wartości różnicy częstotliwości  $\Delta f$  daje wartość częstotliwości odbieranego sygnału, o ile znak przed  $\Delta f$  jest znany. W celu umożliwienia określenia tego znaku specjalnie zmieniano na krótki przeciąg czasu częstotliwość nadawania o znaczącej i niewielkiej wartości.

Aż do 1932 r. włącznie przeprowadzono 11 porównań zapomocą modulowanych wzorcową częstotliwością nadawań. Autor przytacza wyniki jednej wcześniejszej i dwóch ostatnich. Wszystkie trzy były nadawane przez stacje radiofoniczną Daventry 5XX na częstotliwości nośnej 193 kc/s.

a) Nadawanie z dnia 30 września 1931, 10.00 — 11.00 GMT: fala modulowana kamertonem, zainstalowanym w laboratorjum British Broadcasting Corporation w Tatsfield. Częstotliwość kamertonu, jak to wykazały pomiary nie była stała w ciągu nadawania. Pomimo to wyniki pomiarów zrobionych w National Physical Laboratory (Teddington), Laboratoire National de Radioélectricité (Paryż) i Union Internationale de Radiodiffusion (Bruksela) są

zgodne do  $2 \times 10^{-6}$ . Obserwacje były również robione przez Instytut Radjotechniczny, lecz ze względu na złe warunki odbioru, pomiary trwały zaledwie 8 minut. Wartości otrzymane z pomiaru różnią się o  $5 \times 10^{-6}$  od wyżej wymienionych.

b) Nadawanie z dnia 29 — 30 czerwca 1932, 23.55 — 01.45 GMT. Modulację otrzymano ze wzorcowego kamertonu w NPL (Teddington). Stwierdzono zapomocą oscylatora kwarcowego (20 000 c/s), że średnie wartości częstotliwości kamertonu zmierzone w odstępach dziesięciominutowych są zgodne do  $1 \times 10^{-8}$ , chociaż chwilowe odchylenia od średnich wartości dochodziły do  $6 \times 10^{-8}$  w najgorszym wypadku.

Tabela I.

Laboratorium	Przeciętna częstotliwość
National Physical Laboratory, Teddington	1 000.0001 c/s
Physikalisch - Technische Reichsanstalt, Berlin . . . . .	1 000.0002 „
Laboratoire National de Radioélectricité, Paryż . . . . .	1 000.0001 „
Instytut Radjotechniczny, Warszawa . . . . .	999.9997 „

W tabeli I podane są wyniki pomiaru częstotliwości modulacji w różnych zakładach.

c) Nadawanie z dnia 21 grudnia 1932, 02.00 — 03.30 GMT. Modulacja otrzymana z wzorcowego kamertonu w NPL. Wyniki pomiarów podane są w tabeli II.

Tabela II.

Laboratorium	Częstotliwość
National Physical Laboratory. . . . .	999.9999 c/s
Physikalisch - Technische Reichsanstalt . . . . .	999.9998 „
Instytut Radjotechniczny . . . . .	999.9999 „

W celu przekonania się, czy istnieje dająca się zmierzyć różnica pomiędzy częstotliwością modulacji emitowanej fali a częstotliwością modulującego wzorca, przeprowadzono w NPL następujące doświadczenie w dniu 21 grudnia 1932.

Z multiwibratora, synchronizowanego wzorcowym kamertonem wybrano 20-ą harmoniczną. Różnica częstotliwości tej 20-jej harmonicznnej i częstotliwości oscylatora kwarcowego 20 kc/s była mierzona. W tym samym czasie mierzono różnicę pomiędzy 20-ą harmoniczną tonu odebranego z Daventry a tym samym oscylatorem kwarcowym. Wyniki pierwszego pomiaru leżą na ciągłej krzywej z dokładnością do kilku na  $10^9$  (dokładność pojedynczego pomiaru ok.  $1 \times 10^{-9}$ ). Dokładność drugiego pomiaru była zaledwie rzędu  $1.5 \times 10^{-8}$ , ponieważ sygnał odbierany był z zakłóceniami. Zestawiając wyniki okazało się, że pierwsze zgadzają się z drugimi do  $1.5 \times 10^{-8}$ . Ponieważ modulacja stacji Daventry była sterowana tym samym wzorcowym kamertonem, można więc uważać, że kamerton steruje częstotliwość modulacji wysyłanej przez antenę z dokładnością nie gorszą niż  $2 \times 10^{-8}$ .

W konkluzji autor stwierdza, że porównania pierwotnych wzorców częstotliwości przy pomocy modulowanych nadawań może być robiona z dokładnością do  $2 \times 10^{-8}$ . Przy pomocy takich nadawań pomiary podstawowych wzor-

ców używanych w Anglii, Francji, Niemczech i Polsce wykazują zgodność do  $1 \times 10^{-7}$ , jest to dokładność tego samego rządu, jaki osiąga się przy bezwzględnym wyznaczeniu częstotliwości w zależności od średniej sekundy słonecznej.

Jerzy Kahan.

**Sprawność wzmacniacza klasy B.**

W artykule inż. A. Smolińskiego, zamieszczonym w zeszycie 9-10 „Przeгляdu Radjotechnicznego” z r. 1934 została wszechstronnie omówiona teoria wzmacniaczy klasy B. Jednakże warto tytułem uzupełnienia dorzucić kilka następujących uwag.

Przy ocenie wzmacniacza należy wziąć pod uwagę dwa różne pojęcia sprawności, t. j. stosunek  $\eta_z$  maksymalnej mocy wyjściowej do mocy zasilania oraz stosunek  $\eta_a$  maksymalnej mocy wyjściowej do maksymalnej mocy admisyjnej.

*Wzmacniacz klasy A.*

Moc zasilania

$$P_z = E_a \cdot I_{a0} \dots \dots \dots (1)$$

Maksymalna moc wyjściowa

$$P_{w \max} = \frac{E_a \cdot I_{a0}}{2} \dots \dots \dots (2)$$

Maksymalna moc admisyjna

$$P_{a \max} = E_a \cdot I_{a0} \dots \dots \dots (3)$$

We wzorach tych  $E_a$  oznacza stałe napięcie anodowe, a  $I_{a0}$  stały prąd anodowy.

Z równań (1) i (2) wynika

$$\eta_z = \frac{P_{w \max}}{P_z} \times 100 = 50\%.$$

Zatem w najkorzystniejszym teoretycznym przypadku conajwyżej połowa mocy doprowadzonej do anody lampy może być przekształcona na moc użyteczną.

Sprawdzianem przy wyborze lampy określonej wielkości jest maksymalna moc admisyjna. Stosunek  $\eta_a$  stanowi więc pierwszorzędny wskaźnik dla oceny lampy, posiadającej określoną moc admisyjną.  $\eta_a$  przedstawia iloraz wartości (2) i (3).

$$\eta_a = \frac{P_{w \max}}{P_{a \max}} \times 100 = 50\%.$$

Wartość współczynnika  $\eta_a$  wskazuje, że dla wzmacniacza klasy A moc admisyjna powinna równać się podwójnej maksymalnej mocy użytecznej. Wzmacniacze klasy A są więc nieekonomiczne, przyczem zachodzi konieczność stosowania drogich lamp wskutek wysokiej mocy admisyjnej, ponieważ dla małej mocy użytecznej trzeba używać dużych lamp.

*Wzmacniacz klasy B.*

Moc zasilania

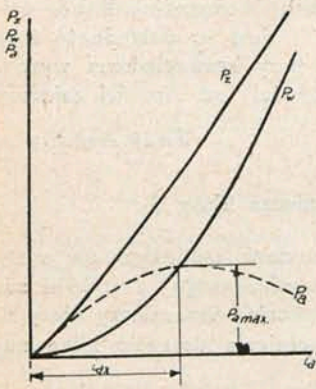
$$P_z \max = \frac{2 E_a I_{a \max}}{\pi} \dots \dots \dots (4)$$

Maksymalna moc wyjściowa

$$P_w \max = \frac{E_a I_{a \max}}{2} \dots \dots \dots (5)$$

Maksymalną moc admisyjną wyznaczamy w sposób następujący:

Chwilowa moc stracona w anodzie przy określonym prądzie  $i$  stanowi różnicę między mocą zasilania, odpowia-



Rys. 1.

anodowego  $i_{ax}$ , który nie równa się wartości maksymalnej  $i_a$ .

Celem znalezienia  $i_{ax}$  różniczkujemy równanie i przyrównujemy pochodną do zera.

$$\frac{dP_a}{di_a} = \frac{2E_a}{\pi} - \frac{E_a}{2I_{a\max}} \cdot 2i_a = 0.$$

Stąd

$$i_{ax} = \frac{2}{\pi} I_{a\max}.$$

Podstawiając tę wartość do równania, otrzymujemy maksymalną moc admissyjną  $P_{a\max}$ .

$$P_{a\max} = \frac{2}{\pi^2} E_a I_{a\max} \dots \dots \dots (6)$$

gdzie  $I_{a\max}$  = maksymalna amplituda zmiennego prądu anodowego. W porównaniu ze wzmacniaczem klasy A maksymalna moc admissyjna wzmacniacza klasy B jest  $\frac{2}{\pi^2}$  razy mniejsza.

Z równań (4) i (5) wynika:

$$\eta_{1z} = \frac{\pi}{4} \times 100 = 78,5\%.$$

Porównyując odpowiednie wyrażenia, stwierdzamy, że moc wyjściowa klasy A wynosi tylko 50% mocy zasilania, podczas gdy dla wzmacniacza klasy B wartość ta równa się 78,5%. Zapomocą układu klasy B można więc przy tej samej mocy zasilania uzyskać moc wyjściową o połowę większą, niż przy klasie A. Wyrażenie ostatnie wskazuje, że wzmacniacz klasy B jest ekonomiczniejszy niż wzmacniacz klasy A, lecz ta okoliczność nie jest tak ważna. Spółczynnik  $\eta_{1z}$  nie

nie mówi o mocy admissyjnej, a więc i o wielkości lamp, na co rzuca światło współczynnik  $\eta_{1a}$ . Z równań (5) i (6) wynika:

$$\eta_{1a} = \frac{\pi^2}{4} \times 100 = 246\%.$$

Spółczynnik  $\eta_{1a}$  dla klasy B wynosi 246% zamiast 50% dla klasy A, t. j. z tej samej lampy otrzymuje się w klasie A moc wyjściową, równą 50%, a w klasie B — 246% mocy admissyjnej. Duża wartość współczynnika  $\eta_{1a}$  stanowi zasadniczą zaletę wzmacniacza klasy B, polegającą na możliwości wyciągnięcia z małych i tanich lamp wzmacniających znacznej mocy wyjściowej, co jest zwłaszcza ważne przy wzmacniaczach dużej mocy.

A. L.

## KOMUNIKATY ZARZĄDU SEKCJI RADJOTECHNICZNEJ SEP.

Dn. 13 marca w lokalu SEP odbyło się zebranie odczytowe Sekcji, na którym kol. Z. Jelonek wygłosił referat p. t. „Fizyczne ujęcie synchronizowania częstotliwości”.

Prelegent przedstawił nowy sposób ujęcia zjawisk synchronizacji i powielania częstotliwości, ilustrując swoje wywody szeregiem wykresów. Pod koniec odczytu został zademonstrowany układ doświadczalny, przyczem poprzednio omawiane zjawiska były wykazane na oscylografie.

Po odczycie wywiązała się obszerna dyskusja.

— o —

Dn. 27 marca w lokalu SEP odbyło się zebranie odczytowe Sekcji, na którym kol. Rabęcki wygłosił referat p. t. „24 kW stacja radjofoniczna w Toruniu”.

Prelegent omówił warunki w jakich została zbudowana całkowicie w kraju stacja radjofoniczna poczem rozpa-trzył szczegółowo układ nadawczy oraz system antenowy. Omówienie układu zasilającego oraz sposobu montażu stacji i anteny uzupełniło wygłoszony referat.

Po odczycie wywiązała się ożywiona dyskusja, podczas której poruszono szereg ciekawych szczegółów technicznych i konstrukcyjnych.

— o —

Dn. 27 marca w lokalu SEP odbyło się Walne Zebranie Sekcji Radjotechnicznej SEP. Protokół Walnego Zebrania będzie ogłoszony w jednym z najbliższych zeszytów Przeglądu Radjotechnicznego.

PRZEDPŁATA:  
kwartalnie . . . . . zł. 9.—  
rocznie . . . . . zł. 36.—  
zagranicą + 50%  
za zmianę adresu  
(znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa Królewska 15, II piętro  
telefon № 690-23.

Administracja otwarta codz. od godz. 9 do 15 w soboty od 9 do 13

**Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363**

**Ceny ogłoszeń  
podaje administracja  
na zapytanie.**

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przegląd Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.

S. A. Z. G. „Drukarnia Polska”, Warszawa, Szpitalna 12. Tel. 5.87-98 w dzierżawie Spółki Wydawniczej Czasopism Sp. z o. o.