

## Zniekształcenia w generatorach dudnieniowych \*)

### Zachowanie się oscylatora poza zakresem synchronizmu

Zygmunt Jelonek

(Państwowy Instytut Telekomunikacyjny)

#### 1. Różne rodzaje zniekształceń.

Generator dudnieniowy akustyczny stał się już niezbędnym przyrządem laboratoryjnym w radiotechnice. Składa się on zasadniczo z dwóch oscylatorów wielkiej częstotliwości, mieszacza ich częstotliwości, wzgl. detektora ich dudnień i wzmacniacza częstotliwości zdetektowanego.

Czystość sinusoidy napięcia wyjściowego zależy od wielu czynników. Jednym z elementów zniekształcających jest wzmacniacz napięcia zdetektowanego o częstotliwości akustycznej. Jego zniekształcenia były wielokrotnie badane w pracach dotyczących wzmacniaczy małej częstotliwości — nie będziemy się więc nimi zajmowali.

Drugim elementem zniekształcającym jest detektor. Jego zniekształcenia zależą od charakterystyki detekcji i od stosunku amplitud napięć przychodzących z obu oscylatorów, natomiast *nie zależą od częstotliwości*.

Jeśli napięcia obu oscylatorów doprowadzone do detektora są tego samego rzędu, to krzywa ich obwiedni jest bardzo zniekształcona, przy czym przeważa tu druga harmoniczna — brak natomiast harmonicznych nieparzystych. Zniekształcenia te wybitnie maleją, jeśli stosunek obu napięć oddala się od jedności. Pozostała wtedy niewielka zawartość drugiej harmonicznej może być jeszcze skompensowana przez dobranie punktu pracy na krzywiźnie charakterystyki detekcji.

Trzecim wreszcie czynnikiem zniekształcającym są harmoniczne obu oscylatorów. Dudnienia harmonicznych tego samego rzędu są źródłem harmonicznych napięcia zdetektowanego tegoż rzędu. Amplituda tych ostatnich jest proporcjonalna do iloczynu amplitud odpowiednich harmonicznych wielkiej częstotliwości. Żeby uniknąć tych zniekształceń wystarczy więc, aby jeden z oscylatorów nie miał harmonicznych. Poza tym zniekształcenia te *nie zależą od częstotliwości wyjściowej*.

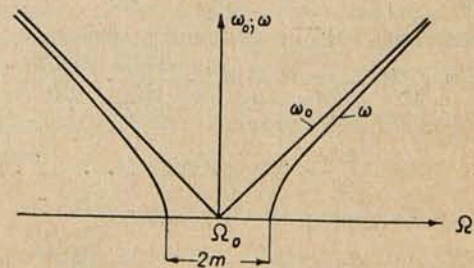
Po pobieżnym omówieniu tych kilku przyczyn zniekształceń zajmiemy się szczegółowo jeszcze jedną, występującą wybitnie przy częstotliwościach bardzo małych. Przyczyną tą jest wzajemne synchronizowanie się (przeciąganie się) obu oscylatorów, gdy ich częstotliwości mało się różnią od siebie tj. gdy częstotliwość różnicowa jest niewielka.

Jeden z oscylatorów posiada kondensator obrotowy którym zmieniamy jego częstotliwość, aby otrzymać pożądaną częstotliwość różnicową. Często spotyka się także równolegle dołączony precyzer wyskalowany w cyklach. Jego skalowanie może być ściśle tylko dla jednego położenia kondensatora głównego, gdyż zmiana częstotliwości jest proporcjonalna do *stosunkowej* zmiany pojemności. Wynikające stąd błędy są jednak niewielkie.

Elementy składowe drugiego oscylatora są niezmiennicze, toteż częstotliwość jego pozornie jest stała. Jednak przy niedostatecznym odekranowaniu obu oscylatorów przedostaje się do niego napięcie oscylatora pierwszego, które zakłóca jego pracę w ten sposób, że zmienia jego częstotliwość. Te zmiany częstotliwości są zależne od fazy przedostającego się napięcia i zmieniają swój znak. W ostatecznym jednak wyniku średnia częstotliwość oscylatora odchyła się w stronę częstotliwości zakłócającej. To samo zresztą dzieje się z oscylatorem pierwszym i ostatecznie częstotliwość różnicowa jest mniejsza od tej, która by była, w przypadku idealnego odekranowania oscylatorów. Jednak praktycznie najważniejszym wynikiem tych zakłóceń jest wprowadzenie zniekształceń w napięciu zdetektowanym. W dalszym ciągu zajmiemy się analizą tych zakłóceń i wyprowadzimy przybliżone wzory, pozwalające w łatwy sposób obliczyć zniekształcenie napięcia zdetektowanego (z pominięciem zniekształceń detekcji omówionych na wstępie).

#### 2. Zachowanie się oscylatora poza zakresem synchronizmu.

Rozpatrzmy to zagadnienie opierając się na założeniach, które posłużyły nam do zanalizowania zachowania się oscylatora wewnątrz zakresu synchronizmu<sup>1)</sup>. Jednym z tych założeń jest stałość amplitudy drgań. Jak wiadomo, założenie to jest słuszne jedynie przy stosunkowo małych napięciach synchronizujących. Lecz właśnie ta okoliczność ma miejsce w generatorze dudnieniowym.



Rys. 1.

Na rys. 1 na poziomej osi odłożona jest pulsacja oscylatora  $\Omega$ , w nieobecności napięcia synchronizującego. Będziemy ją nazywali nominalną. Pionowa oś wyprowadzona jest z punktu  $\Omega_0$ , który przedstawia pulsację napięcia synchronizującego. Na osi tej odkładamy  $\omega_0$  — nominalną pulsację różnicową i  $\omega$  — faktyczną pulsację różnicową. Przy jednakowych skalach obu osi funkcja  $\omega_0 = f(\Omega)$  jest prostą odchyloną o  $\pm 45^\circ$  od pionowej osi; natomiast funk-

\*) Referowane na zebraniu Sekcji Radiot. S. E. P. dn. 15.XII.1937 r.

<sup>1)</sup> Zygmunt Jelonek. Mechanizm synchronizowania i obniżania częstotliwości. Przegl. Radiotechn. XIII, z. 9—10 1935 r., s. 37—41.

cja  $\omega = f_1(\Omega)$  odchyła się od poprzedniej w stronę zera, a w pewnym zakresie  $\Omega$  znika. Zakres ten, którego wielkość oznaczymy przez  $2m$  jest zakresem synchronizmu (w  $c/s \times 2\pi$ ). Jest on tym większy, im większe jest napięcie synchronizujące.

Oznaczmy podstawową napięcia oscylatora przez

$$v = \bar{V} \sin \Phi, \dots \dots \dots (1)$$

gdzie faza  $\Phi = \Omega t + \psi + \alpha$ ;  $\Omega$  jest pulsacją nominalną,  $\psi$  jest dodatkiem fazy wywołanym wpływem napięcia synchronizującego i jest zmienną funkcją czasu;  $\alpha$  jest stałym składnikiem zależnym od początku liczenia czasu. Ponieważ interesują nas przebiegi ustalone, możemy rozpocząć liczenie czasu od takiego momentu, żeby dla  $t = 0$ , było  $\Phi = 0$  i  $\psi = 0$ ; wtedy  $\alpha = 0$  oraz

$$\Phi = \Omega t + \psi \dots \dots \dots (2)$$

Napięcie synchronizujące  $v_s = \bar{V}_s \sin \Omega_0 t$  powoduje, że charakterystyka oscylatora  $i_a = f(v_a)$  nie będzie „linią cienką”<sup>3)</sup>, a będzie krzywą zamkniętą o polu  $S$ . Wielkość tego pola jest zależna od różnicy faz  $\varphi$  napięć  $v$  i  $v_s$ ; jest ona też miarą zmiany częstotliwości oscylacji. Ta różnica faz jest

$$\varphi = \Omega_0 t - \Phi = (\Omega_0 - \Omega)t - \psi = \omega_0 t - \psi, \dots (3)$$

a jej pochodna

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 - \frac{d\psi}{dt}; \dots \dots \dots (4)$$

$\omega_0 = \Omega_0 - \Omega$  — nominalna pulsacja różnicowa.

W zakresie synchronizmu, gdy  $\varphi$  jest stałe, możemy napisać przybliżony wzór na zmianę częstotliwości oscylacji  $\Delta\Omega$ :

$$\frac{\Delta\Omega}{\Omega} = A_1 S = A \sin \varphi \dots \dots \dots (5)$$

gdzie  $A_1$  i  $A$  są współczynnikami proporcjonalności. O przybliżonej proporcjonalności  $S$  do  $\sin \varphi$  możemy łatwo przekonać się, rysując charakterystyki dowolnego oscylatora dla różnych  $\varphi$ , jak to było robione w cytowanej pracy<sup>3)</sup>. Zważywszy, że  $\Phi = \Omega t + \psi = (\Omega + \Delta\Omega)t$ , otrzymamy  $\psi = \Delta\Omega t$ ,

$$\text{a } \frac{d\psi}{dt} = \Delta\Omega. \text{ A więc: } \Delta\Omega = A \Omega \sin \varphi = \frac{d\psi}{dt}.$$

Poza zakresem synchronizmu, przy zmiennym  $\varphi$ , na ogół

$$\frac{d\psi}{dt} = \Delta\Omega + F\left(\Delta\Omega, \frac{d\Delta\Omega}{dt}, \frac{d^2\Delta\Omega}{dt^2}, \dots\right) \dots (6)$$

Jednak ponieważ  $\Delta\Omega$  jest zmienne z częstotliwością różnicową, a  $\omega_0 \ll \Omega$ , funkcję  $F\left(\Delta\Omega, \frac{d\Delta\Omega}{dt}, \frac{d^2\Delta\Omega}{dt^2}, \dots\right)$  pomijamy i piszemy tak jak dla stałego  $\varphi$

$$\frac{d\psi}{dt} = \Delta\Omega = A \Omega \sin \varphi \dots \dots \dots (7)$$

Po podstawieniu do (4) otrzymamy

$$\frac{d\varphi}{dt} + A \Omega \sin \varphi = \omega_0 \dots \dots \dots (8)$$

Współczynnik  $A$  wyznaczmy w ten sposób: na granicy zakresu synchronizmu  $\Delta\Omega$  ma wartość maksymalną równą  $m$  — połowie zakresu synchronizmu. Wtedy więc  $\sin \varphi = 1$ ;

$$\Delta\Omega_{\max} = A \Omega = m \dots \dots \dots (9)$$

Po podstawieniu do (8) otrzymamy ostatecznie równanie

$$\boxed{\frac{d\varphi}{dt} + m \sin \varphi = \omega_0} \text{ wzgl. } d\varphi = \omega_0 dt - m \sin \varphi dt. (10)$$

Równanie to rozwiążemy metodą kolejnych przybliżeń w założeniu, że  $m \ll \omega_0$ , czyli że oscylator jest daleko od zakresu synchronizmu. Pierwsze przybliżenie obliczymy w założeniu  $m = 0$ :

$$d\varphi_1 = \omega_0 dt; \varphi_1 = \omega_0 t + \alpha_1.$$

Już poprzednio zaczęliśmy liczyć czas od momentu, gdy  $\psi = 0$ , a więc z (3) i  $\varphi = 0$ ; na tej podstawie wyznaczmy stałą całkowania;  $\alpha_1 = 0$ ; a więc

$$\varphi_1 = \omega_0 t \dots \dots \dots (11)$$

Drugie przybliżenie obliczymy podstawiając do (10) wartość  $\varphi_1$ :

$$d\varphi_2 = \omega_0 dt - m \sin \omega_0 t \cdot dt; \\ \varphi_2 = \omega_0 t + \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t + \alpha_2 \dots \dots \dots (12)$$

Stałą  $\alpha_2$  wyznaczmy podobnie jak  $\alpha_1$  i otrzymamy

$$\alpha_2 = -\frac{m}{\omega_0} \dots \dots \dots (13)$$

Wzór (12) wskazuje na modulację fazy oscylatora

$$\Phi = (\Omega + \omega_0)t + \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t + \alpha_2$$

przy czym amplituda modulacji wynosi  $\frac{m}{\omega_0}$  (w radianach) a pulsacja modulacji —  $\omega_0$ .

Pulsacja drgań oscylatora (czyli  $\frac{d\Phi}{dt}$ ) jest również modulowana

$$\frac{d\Phi}{dt} = (\Omega + \omega_0) - m \sin \omega_0 t \dots \dots \dots (17)$$

a więc zmienia się od wartości  $\Omega + \omega_0 - m$  do  $\Omega + \omega_0 + m$ , z częstotliwością  $\frac{\omega_0}{2\pi}$ .

Korzystając ze wzorów (1), (2), (7) i (9) łatwo wprowadzić wzór na napięcie oscylatora

$$v = \bar{V} \sin \left( \Omega t + m \int_0^t \sin \varphi \cdot dt \right) \dots \dots (17a)$$

Wreszcie trzecie przybliżenie:

$$d\varphi_3 = \omega_0 dt - m \sin \left( \omega_0 t + \alpha_2 + \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t \right) dt.$$

Aby scałkować  $d\varphi_3$  rozwiemy

$$\sin \left( \omega_0 t + \alpha_2 + \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t \right) = \sin \left( \omega_0 t + \alpha_2 \right) \cdot \cos \left( \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t \right) + \\ + \cos \left( \omega_0 t + \alpha_2 \right) \cdot \sin \left( \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t \right).$$

Przy poprzednim założeniu, że  $\frac{m}{\omega_0} \ll 1$  możemy uprościć

$$\cos \left( \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t \right) \cong 1; \sin \left( \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t \right) \cong \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t.$$

Teraz z łatwością scałkujemy  $d\varphi_3$  i otrzymamy

$$\varphi_3 = \left( 1 - \frac{m^2}{2\omega_0^2} \cos \alpha_2 \right) \omega_0 t + \alpha_3 + \\ + \frac{m}{\omega_0} \cos \left( \omega_0 t + \alpha_2 \right) - \frac{m^2}{4\omega_0^2} \sin \left( 2\omega_0 t + \alpha_2 \right) \dots (14)$$

Na tym przybliżeniu poprzestaniemy; otrzymaliśmy drugie przybliżenie na pulsację różnicową:

$$\omega_3 = \omega_0 \left( 1 - \frac{m^2}{2\omega_0^2} \cos \alpha_2 \right)$$

lub prościej, wobec  $\alpha_2 = -\frac{m}{\omega_0} \ll 1$

$$\omega_3 \cong \omega_0 \left( 1 - \frac{m^2}{2\omega_0^2} \right) \dots \dots \dots (15)$$

<sup>3)</sup> „Mechanizm synchronizowania i obniżania częstotliwości” l. c.

<sup>3)</sup> Widać stąd, że synchronizowanie oscylatora można także wykorzystać tam, gdzie potrzebne są oscylacje o periodycznie zmiennej częstotliwości.

Otrzymany przyrost

$$\Delta \omega = -\frac{m^2}{2\omega_0} \text{ wzgl. } \boxed{\frac{\Delta \omega}{\omega_0} = -\frac{m^2}{2\omega_0^2}} \dots (16)$$

daje nam wartość zmniejszenia się pulsacji drgań oscylatora wywołanego napięciem synchronizującym.

3. Zniekształcenia w generatorze dudnieniowym.

Zastosujmy poprzednie rozumowanie do generatora dudnieniowego. Nie mamy teraz napięcia synchronizującego o stałej częstotliwości lecz każdy z oscylatorów otrzymuje napięcie synchronizujące z drugiego oscylatora. Zakładamy, że oba oscylatory są jednakowo zbudowane i oba napięcia przedostające się z jednego oscylatora do drugiego mają jednakowe amplitudy, a wtedy oba oscylatory będą w tym samym stopniu synchronizowane.

W celu wyprowadzenia równania na różnicę faz obu oscylatorów będziemy wypisywali kolejno poprzednie wzory z uwzględnieniem obecnych warunków. A więc zamiast wzoru (1) napiszemy

$$v_1 = \bar{V}_1 \sin \Phi_1; \quad v_2 = \bar{V}_2 \sin \Phi_2; \quad \dots (1a)$$

gdzie wskaźniki 1 i 2 odpowiadają obu oscylatorom.

Dalej

$$\Phi_1 = \Omega_1 t + \psi_1; \quad \Phi_2 = \Omega_2 t + \psi_2 \dots (2a)$$

Różnica faz obu oscylatorów i jej pochodna

$$\varphi = \Phi_2 - \Phi_1 = (\Omega_2 - \Omega_1)t + (\psi_2 - \psi_1) = \omega_0 t + (\psi_2 - \psi_1); \quad (3a)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 + \frac{d\psi_2}{dt} - \frac{d\psi_1}{dt} \dots (4a)$$

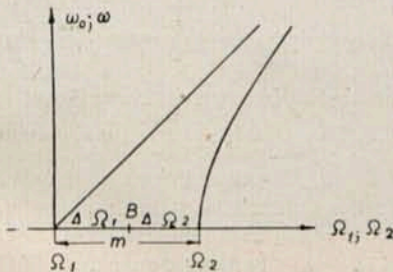
Sprzężenie między oscylatorami przesuwa fazę napięcia synchronizującego względem napięcia oscylatora, z którego pochodzi, o kąt  $\beta$ . Wtedy

$$\frac{\Delta \Omega_1}{\Omega_1} = A \sin(\varphi + \beta); \quad \frac{\Delta \Omega_2}{\Omega_2} = A \sin(-\varphi + \beta); \quad (5a)$$

$$\frac{d\psi_1}{dt} = \Delta \Omega_1 = A \Omega_1 \sin(\varphi + \beta); \quad \frac{d\psi_2}{dt} = \Delta \Omega_2 = A \Omega_2 \sin(-\varphi + \beta). \quad (7a)$$

Po podstawieniu (7a) do (4a) i wobec  $\Omega_1 \cong \Omega_2$  otrzymamy

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi}{dt} &= \omega_0 + A \Omega_2 \sin(-\varphi + \beta) - A \Omega_1 \sin(\varphi + \beta) = \\ &\cong \omega_0 + A \Omega_1 [\sin(-\varphi + \beta) - \sin(\varphi + \beta)] = \\ &= \omega_0 - 2A \Omega_1 \cos \beta \cdot \sin \varphi \dots (8a) \end{aligned}$$



Rys. 2.

Na granicy zakresu synchronizmu (rys. 2) faktyczne pulsacje obu oscylatorów są sobie równe i znajdują się w p. B, a  $\Delta \Omega_1 - \Delta \Omega_2$  osiąga swoją maksymalną wartość równą  $m$ .

$$(\Delta \Omega_1 - \Delta \Omega_2)_{\max} = 2A \Omega_1 \cos \beta = m.$$

Po podstawieniu do (8a) otrzymamy ostatecznie równanie

$$\frac{d\varphi}{dt} + m \sin \varphi = \omega_0 \dots (10a)$$

identyczne z tym, które otrzymaliśmy w poprzednim rozdziale. Skorzystamy więc z przybliżonych rozwiązań tego równania (11), (12) i (14).

Napięcia obu oscylatorów doprowadzone są do detektora poprzez czwórniki przesuwające je w fazie o kąty  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$  odpowiednio. Jeżeli  $\gamma_2 - \gamma_1 = \gamma$ , to napięcie zdetektowane

$$v = \bar{V}_1 \cos(\varphi + \gamma) \text{ wzgl. } \frac{v}{\bar{V}_1} = \cos(\varphi + \gamma); \dots (18)$$

gdzie  $\bar{V}_1$  — amplituda podstawowa.

Po podstawieniu pierwszego przybliżenia  $\varphi$  ze wzoru (11) otrzymamy

$$\frac{v}{\bar{V}_1} = \cos(\omega_0 t + \gamma) \dots (19)$$

Jest to pierwsze przybliżenie napięcia zdetektowanego, którego pulsacja jest równa nominalnej, jakgdyby nie było synchronizowania. Dopiero trzecie przybliżenie  $\varphi_3$  dało wzór na odchylenie pulsacji od nominalnej.

Z drugiego przybliżenia (12) na  $\varphi$  obliczymy zawartość drugiej harmonicznej napięcia zdetektowanego w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \frac{v}{\bar{V}_1} &= \cos(\varphi_2 + \gamma) = \cos\left(\omega_0 t + \alpha_2 + \gamma + \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t\right) = \\ &= \cos(\omega_0 t + \alpha_2 + \gamma) \cdot \cos\left(\frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t\right) - \\ &\quad - \sin(\omega_0 t + \alpha_2 + \gamma) \cdot \sin\left(\frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t\right). \end{aligned}$$

W założeniu, jak dawniej, że  $\frac{m}{\omega_0} \ll 1$  uprościmy

$$\begin{aligned} \frac{v}{\bar{V}_1} &= \cos(\omega_0 t + \alpha_2 + \gamma) - \sin(\omega_0 t + \alpha_2 + \gamma) \cdot \frac{m}{\omega_0} \cos \omega_0 t = \\ &= \cos(\omega_0 t + \alpha_2 + \gamma) - \frac{m}{2\omega_0} \sin(2\omega_0 t + \alpha_2 + \gamma) - \frac{m}{2\omega_0} \sin(\alpha_2 + \gamma). \end{aligned}$$

A więc zawartość drugiej harmonicznej przedstawia się prosto

$$\boxed{\frac{\bar{V}_2}{\bar{V}_1} = \frac{m}{2\omega_0}} \dots (20)$$

Z trzeciego przybliżenia (14) na  $\varphi$  obliczymy, przy podobnych uproszczeniach zawartość trzeciej harmonicznej

$$\boxed{\frac{\bar{V}_3}{\bar{V}_1} = \frac{m^2}{8\omega_0^2}} \dots (21)$$

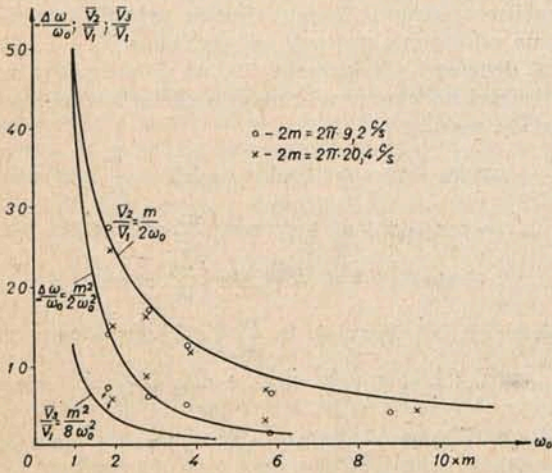
Można się spodziewać, że dalsze harmoniczne będą coraz mniejsze; poprzestaniemy więc na wzorach (16), (20) i (21), które pozwalają łatwo obliczyć zniekształcenia napięcia zdetektowanego i odchylenie jego częstotliwości, znając zakres synchronizmu  $2m$ . Wielkość tę łatwo można zmierzyć przy pomocy precyzera wzgl. korektora, które każdy generator dudnieniowy posiada, obserwując prąd anodowy lampy detekcyjnej lub wzmacniającej, wzgl. napięcia wyjściowe.

4. Sprawdzenie doświadczalne.

Otrzymane wzory końcowe (16), (20) i (21) zostały sprawdzone w zastosowaniu do generatora dudnieniowego firmy General Radio Co typ 613-B z roku 1935. Z generatora tego wyprowadzono napięcie wprost z detektora, z pominięciem wzmacniacza. W ten sposób pozbyto się zniekształceń wzmacniacza. Pozostały tylko zniekształcenia wywołane harmonicznymi oscylatorów i detekcją, a więc niezależne od częstotliwości wyjściowej, oraz zniekształcenia wywołane zbadanym przez nas synchronizowaniem. Wyprowadzone napięcie wzmocniono bez zniekształceń i doprowadzono do pętlicy oscylografu. Wzmacniacz oporowy zaprojektowano ze szczególnym zwróceniem uwagi na zniekształcenia przy b. małych częstotliwościach (rzędu 5 c/s). Do innej pętlicy dołączono napięcie sieci 50c/s dla obliczenia faktycznej długości okresu.

Zakres synchronizmu zmierzony przy pomocy przeskalowanego precyzyera (G. R. typ 539 P) wynosił  $2m = 2\pi \cdot 9,2 \text{ c/s}$ . Zdjęcia oscylograficzne robiono dla różnych wartości  $\omega_0$ , a obliczone wyniki zestawione są na rys. 3. Na rysunku tym wartości obliczone ze wzorów (16), (20) i (21) przedstawione są w postaci krzywych, a wartości obliczone ze zdjęć naniesiono w postaci krzyżyków.

Chcąc przekonać się, czy interesujące nas wzory będą dostatecznie dokładne także w przypadku innej wartości  $m$ , zwiększono sztucznie, przez dodatkowe sprzężenie oscylatorów, zakres synchronizmu do wartości  $2m = 2\pi \cdot 20,4 \text{ c/s}$ . Zmierzone dla tego przypadku wartości są na rys. 3 w postaci kółek.



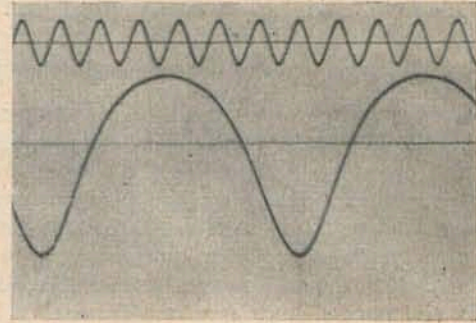
Rys. 3.

Zawartość drugiej harmonicznej określono do  $\omega_0 \cong 10m$ . Odchylenie częstotliwości określono tylko do  $\omega_0 \cong 6m$ , ze względu na zbyt duże już błędy pomiaru w porównaniu z wielkością mierzoną. Z tych samych powodów zawartość trzeciej harmonicznej określono tylko dla jednego przypadku.

Rys. 4 przedstawia zdjęcie dla

$$m = 2\pi \cdot 4,6 \text{ c/s}; \omega_0 = 2\pi \cdot 9,0 \text{ c/s}; -\frac{\Delta \omega}{\omega_0} = 0,144; \frac{V_2}{V_1} = 0,24.$$

Otrzymane wyniki wskazują, że wzory (16), (20) i (21) są dość dokładne, przynajmniej dla  $\omega_0 \geq 2m$ . Pozwalają one określić, jak mały zakres synchronizmu powinniśmy osiągnąć przy konstruowaniu generatora dudnieniowego,



Rys. 4.

aby zniekształcenia wywołane synchronizowaniem, dla interesującego nas zakresu częstotliwości, nie przekraczały danej wielkości. Pozwalają one też w łatwy sposób skontrolować nasz sąd o zniekształceniach posiadanego generatora dudnieniowego, przy małych częstotliwościach.

Dla coraz większych wartości  $\frac{\omega_0}{m}$  można się spodziewać coraz większej dokładności wzorów, gdyż poczynione przybliżenia stają się coraz lepsze. Z tego samego powodu dla zakresu  $m < \omega_0 < 2m$  wzory te będą mniej dokładne. Łatwo to sprawdzić dla przypadku granicznego  $\omega_0 \cong m$  ( $\omega_0 > m$ ), a więc nieskończenie blisko synchronizmu: np. odchylenie częstotliwości wynosi wtedy  $\frac{\Delta \omega}{\omega_0} = -1$ , a nie jak wynika ze wzoru (16)  $\frac{\Delta \omega}{\omega_0} = -0,5$

W zakończeniu chciałbym podziękować Dyrektorowi P. I. T., prof. Dr J. Groszkowskiemu za cenne uwagi udzielane mi w trakcie wykonywania niniejszej pracy.

## Urządzenia radiotelefoniczne centrali nadbrzeżnej w Gdyni \*)

### Les dispositifs radiotéléphoniques du Centre Maritime des Radiocommunications à Gdynia

Inż. Adam Smoliński

#### 5. Biuro operacyjne — obwody sygnalizacyjne i telefoniczne.

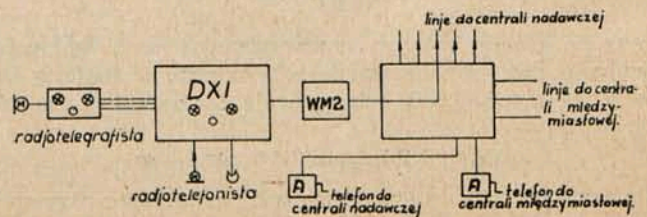
Na rys. 5 mamy podane, jak została rozwiązana wyżej podana zasada sygnalizacji. Radiotelefonista przełącza swój mikrofon raz na sygnalizację, a drugi raz na pracę na nadajnik. Przycisk i żarówka sygnalizacyjna są umieszczone na wyżej opisanej tablicy manipulacyjnej DX1.

Radiotelegrafista mają przed sobą pudełko sygnalizacyjne z przyciskiem i lampkami sygnalizacyjnymi, oraz mikrofon. Obwód sygnalizacyjny poprzez wzmacniacz WM2 dostaje się na przełącznicę gniazdkową, a stamtąd na linie kablowe do centrali nadawczej.

Biuro operacyjne jest również wyposażone w dwa aparaty telefoniczne MB, jednak dla komunikacji z centralą nadawczą, a drugi z centralą międzymiastową.

Na zakończenie pierwszej części kilka fotografii z biura operacyjnego i centrali nadawczej.

- Rysunek 6 pokój radiotelegraficzny.
- „ 7 „ radiotelefoniczny.
- „ 8 biuro manipulacyjne.

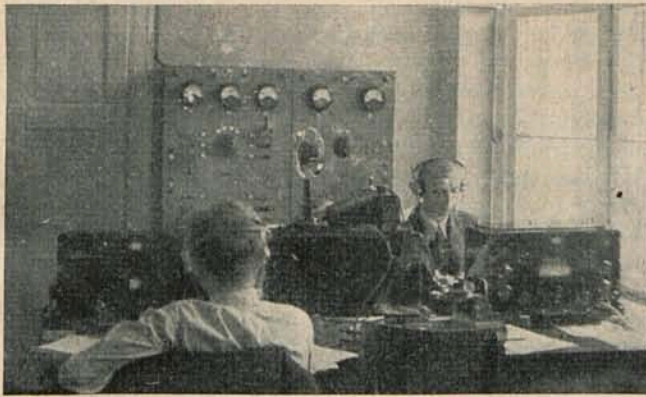


Biuro Operacyjne  
Obwody sygnalizacyjne i telefoniczne

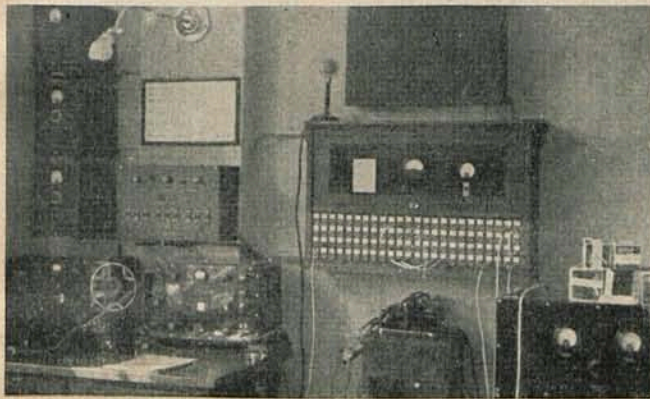
Rys. 5.

\*) Dokończenie artykułu do str. 24 „P. R.” Nr. 5—6 r. b.

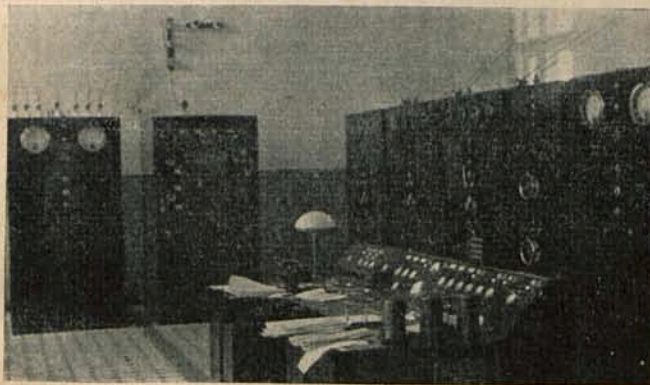
Po ogólnym opisie części fonicznej centrali nadbrzeżnej nastąpi krótki opis poszczególnych urządzeń.



Rys. 6.



Rys. 7.

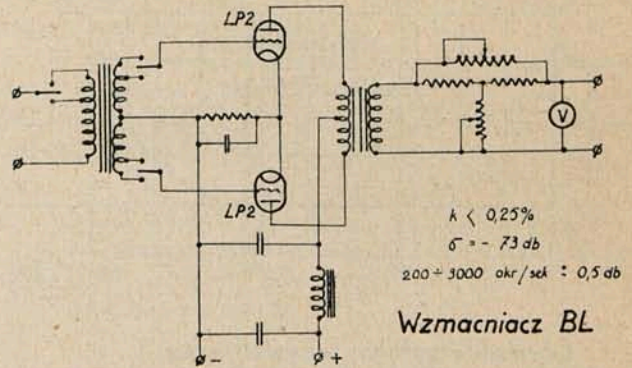


Rys. 8.

**6. Wzmacniacz liniowy BL.**

Wzmacniacz liniowy BL, którego schemat zasadniczy podany jest na rys. 9 służy do wzmocnienia napięć, dostarczonych z mikrofonu węglowego, lub z linii telefonicznej. Wzmacniacz posiada jeden stopień wzmocnienia, pracujący w układzie przeciwobnym. Na wejściu posiada on transformator ekranowy o trzech przekładniach, umożliwiających zmianę zakresu regulacji wzmocnienia, dokonywanej na wejściu zapomocą regulatora typu T, pracującego skokami. Największe wzmocnienie wzmacniacza wynosi 20 V/V. Charakterystyka częstotliwości przenoszonych jest zawarta w granicach 200 — 3000

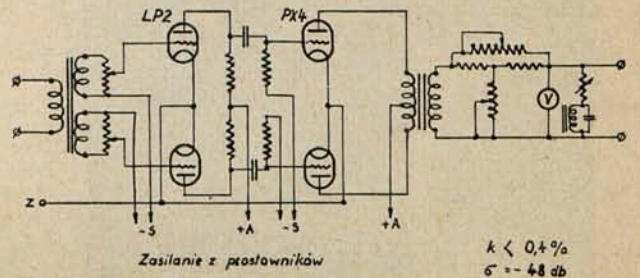
okr/sek przy  $\pm 0,5$  db, zawartość harmoniczných wynosi około 0,25%, poziom zaś szumów — 73 db. Wzmacniacz jest zasilany z baterii akumulatorów anodowych i żarzenie poprzez filtry przeciwzakłóceń, umożliwiające cichą pracę mimo, że z powyższych akumulatorów są zasilane odbiorniki i sygnalizacja.



Rys. 9.

**7. Wzmacniacz liniowy AL.**

Oprócz wzmacniacza BL, przeznaczonego do pracy w zakresie częstotliwości telefonicznych, biuro operacyjne jest wyposażone w lepszy wzmacniacz liniowy, mianowicie AL. Schemat jego jest podany na rys. 10. Jak



Rys. 10.

widać z niego, jest to układ dwustopniowy przeciwobny, posiadający wyjście i wejście transformatorowe, a sprzężenie międzystopniowe odporowe. Na wejściu przewidziana jest regulacja ciągła, a na wyjściu skokami. Na wyjściu znajduje się również woltomierz, oraz korektor dla wyrównania charakterystyki linii kablowej.

Wzmacniacz zasilany z prostownika anodowego lampowego, oraz z prostownika żarzenia kuprytowego.

Normalna moc wyjściowa może dosięgać 40 mW, wzmacniacz jednak posiada znaczny zapas mocy (około 1W. przy poniżej 1% zawartości harmoniczných). Wzmocnienie wynosi około 70 V/V, zawartość harmoniczných przy normalnej mocy jest mniejsza od 0,4%, szumy zaś wynoszą — 48 db.

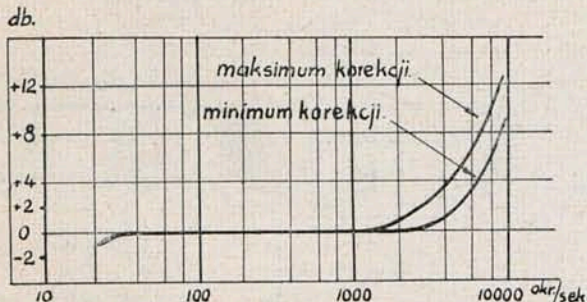
Charakterystyka częstotliwości podana jest na rys. 11. Krzywa dolna odnosi się do pracy bez korektora, górna zaś do jego pełnego wykorzystania.

Krzywa wznosząca się na wysokich tonach została przewidziana w celu skompensowania opadającej charakterystyki kabla.

Rys. 12 wskazuje zewnętrzny wygląd wzmacniacza.

**8. Wzmacniacz submodulacyjny AS3 i modulator MR60.**

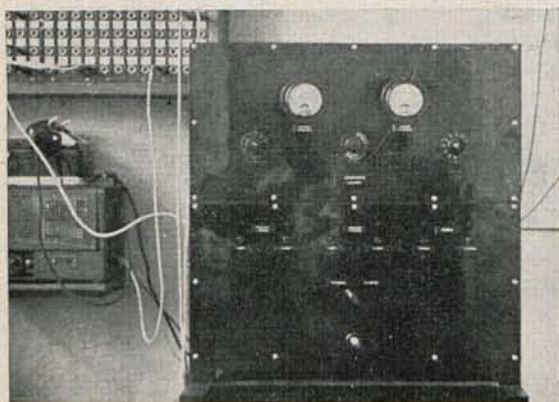
Znajdujący się w centrali nadawczej wzmacniacz submodulacyjny AS3 ma układ podobny do wzmacniacza AL. Różni się on jednak następującymi szczegółami (rys. 14). Na wejściu znajduje się wyłączalny filtr telefo-



**Charakterystyka częstotliwości wzmacniacza AL**

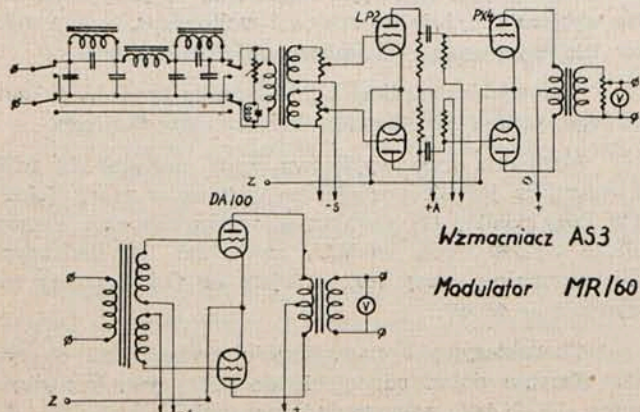
Rys. 11.

niczny obejmujący wszystkie częstotliwości powyżej 3 000 okr./sek. Po filtrze włączony jest korektor, taki sam jak we wzmacniaczu AL. Układ wzmacniacza AS3 jest dwu-



Rys. 12.

stopniowy przeciwsobny, wejście i wyjście transformatorowe, a sprzężenie międzystopniowe odporowe. Wzmocnienie regulowane jest w sposób ciągły na wyjściu i wej-



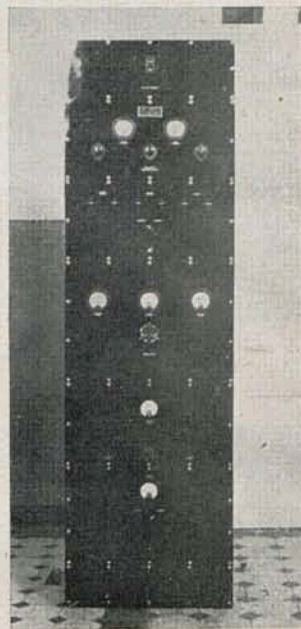
Rys. 13.

ściu. Wzmacniacz AS3 posiada charakterystykę częstotliwości wznoszącą się podobnie jak charakterystyka częstotliwości wzmacniacza AL (wyżej podana). Korektory obu

wzmacniaczy są tak ustawione, aby wyrównać opadającą charakterystykę linii kablowej. Zawartość harmonicznych wzmacniacza AS3 zawiera się poniżej 0,3%, a szумы wynoszą — 78 db. Wzmacniacz zasilany jest z prostowników anodowego, lampowego i żarzenia kuprytowego.

Modulator MR60 posiada również układ przeciwsobny, ale jednostopniowy. Pracuje on w klasie AB bez prądu siatki ze stałym minusem.

Modulator zasilany jest z prostownika anodowego lampowego trójfazowego i prostownika siatkowego lampowego, jednofazowego, dwupołkowego, oraz z prostownika żarzenia kuprytowego trójfazowego dwupołkowego. Wskutek tak starannie dobranego zasilania, oraz właściwości układów przeciwsobnych, kompensujących tętnienie szумы wynoszą — 68db., zawartość harmonicznych 1% przy 80 W. Charakterystyka częstotliwości posiada odchylenie ± 1db. w granicach 30 — 10000 okr./sek.



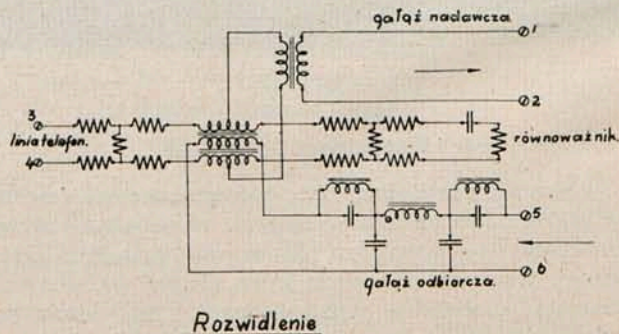
Rys. 14.

Aby przedłużyć trwałość lamp modulatora napięcie anodowe włącza się dopiero po 7 sekundach po włączeniu napięć żarzenia i siatek. Opóźnienie to otrzymuje się za pomocą przekaźnika wahadłowego, którego kotwica drga przez 7 sekund i przez ten czas nie pozwala na włączenie przekaźnika z opóźnionym łapaniem, który uruchamia włączenia wysokiego napięcia.

Na rys. 14 mamy fotografię wzmacniacza AS3 i modulatora MR60. Górna piąta zawiera filtry, druga wzmacniacz AS3, trzecia jego prostownik, czwarta modulator MR60, piąta prostownik żarzenia i siatkowy, a szósta anodowy.

**9. Rozwidlanie.**

Po opisanju wzmacniaczy chciałbym zwrócić uwagę na urządzenia, łączące czterodrut radiotelefoniczny z dwudrutową linią telefoniczną, tak zwane rozwidlenie,



Rys. 15.

którego schemat podany jest na rys. 15. Podstawą powyższego układu jest transformator rozwidlający, który przepuszcza energię w kierunku 3—4 na 1—2, oraz 5—6

i z powrotem (1—2 oraz 5—6 na 3—4), a nie przepuszcza w kierunku 1—2 na 5—6 i z powrotem (5—6 na 1—2). Różnica tłumień wynosi 53db. Dodatkowe opory tłumiące ze strony linii telefonicznej i równoważnika służą do ułatwienia równoważenia linii telefonicznej. Do tego samego celu służy filtr w gałęzi odbiorczej o częstotliwości granicznej około 3000 okr./sek. Zastosowanie tak prostego urządzenia jak nieblokowane rozwidlenie zostało umożliwione z następujących powodów. Po pierwsze radiostacja współpracująca na statku posiada czterodrut, więc unika się sprzężenia poprzez nią. Dalej dosyć znaczne rozstawienie nadajnika i odbiornika centrali nadbrzeżnej, oraz różnica częstotliwości nadawanej od odbieranej, wynosząca na falach pośrednich powyżej 150 kc/sek., a więc większa od wyżej podanej cyfry 50 kc/sek. minimalnej różnicy, umożliwiającej pracę centrali, powodują, że nadawanie własne nie przeszkadza odbiorowi. Trudności występują dopiero przy równoważeniu linii telefonicznej. W czasie prób okazało się, że o ile abonent gdyński mógł rozmawiać bez przeszkód ze

statkiem, to w czasie rozmów abonentów warszawskich występowały zjawiska chwilowego psucia się równoważenia. W odbiorniku na statku występowało echo o poziomie znacznie wyższym niż poziom nadawania z linii telefonicznej.

Ta zmiana równoważenia była dosyć wolna, całe zjawisko trwało zwykle kilka minut i przy niektórych próbach często się powtarzało.

W celu usunięcia tych trudności należałoby zastosować urządzenia blokujące tak, żeby tylko jedna gałąź była czynna. Urządzenia powyższe pracują we wszystkich zagranicznych centralach nadbrzeżnych.

Na zakończenie chciałbym złożyć podziękowanie p. inż. S. Manczarskiemu za szereg cennych rad, których nie szczędził nam przy opracowaniu i eksperymentowaniu wyżej opisanych urządzeń.

## Komunikaty Zarządu Sekcji Radiotechnicznej SEP

**Protokół**  
**Walnego Zgromadzenia Sekcji Radiotechnicznej**  
**S. E. P.**  
**w dn. 30 marca 1938 r.**

Zebrań otworzył prezes Sekcji kol. kpt. S. Jasiński, proponując na przewodniczącego mjr. T. Huberta. Wybór mjr. Huberta przyjęto przez aklamację.

Sekretarzem Walnego Zebrania został, w myśl regulaminu Sekcji, kol. inż. S. Ryżko sekretarz Sekcji.

Przed przystąpieniem do porządku dziennego, przewodniczący podkreślił w kilku słowach wielkie znaczenie — dla Radiotechniki — zasług ś. p. Senatora G. Marconi'ego członka honorowego S.E.P., oraz wezwał Zebranych do uczczenia Jego pamięci przez powstanie.

Przystępując do porządku dziennego, przewodniczący wezwał Zarząd Sekcji do przedstawienia Zebrany sprawozdania z działalności Zarządu za rok ubiegły.

Na wezwanie przewodniczącego kol. kpt. Jasiński, jako prezes Zarządu, odczytał ogólne sprawozdanie z działalności Zarządu (załącznik 1). Następnie kol. kpt. Jasiński — w zastępstwie referenta odczytowego Sekcji — omówił pokrótce działalność odczytową Sekcji oraz przedstawił opracowane przez kol. inż. S. de Waldena wyniki ankiety odczytowej przeprowadzonej w roku ubiegłym.

Następnie kol. inż. S. Wolski, jako skarbnik Sekcji, odczytał „Rachunek Strat i Zysków“, oraz „Bilans Zamknięcia“, (zał. 2 i 3).

Wreszcie kol. kpt. S. Jasiński odczytał sprawozdanie redaktora Przeglądu Radiotechnicznego (zał. 4).

Sprawozdanie Zarządu przyjęto bez dyskusji.

Przystępując do następnego punktu porządku dziennego, przewodniczący odczytał sprawozdanie Komisji Rewizyjnej (zał. 5).

Wnioski Komisji Rewizyjnej: o „udzielenie absolutorium Zarządowi z działalności finansowej w r. 1937“ i o „wyrażenie podziękowania za dokonane prace“ zostały przyjęte przez aklamację.

Następnie kol. inż. S. Wolski, jako Skarbnik Sekcji odczytał projekt preliminarza budżetowego Sekcji na rok 1938 (zał. 6), wyjaśniając iż projekt ten w głównych rysach nie odbiega od preliminarza za rok ubiegły.

Projektowany przez Zarząd preliminarz budżetowy został jednogłośnie uchwalony.

Następnie przystąpiono do wyboru Prezesa Sekcji i nowych członków Zarządu Sekcji, na miejsce ustępujących. Na wniosek kol. inż. T. Jaskólskiego na stanowisko Prezesa Sekcji wybrano ponownie przez aklamację kol. kpt. S. Jasińskiego. Na członków Zarządu wybrano przez aklamację ponownie kol. inż. S. Wolskiego, oraz kol. inż. Sypniewskiego na miejsce ustępującego kol. inż. T. Jaskólskiego.

Przed wyborem członków Komisji Rewizyjnej, inż. T. Jaskólski w imieniu Zarządu Sekcji wystąpił z wnioskiem o wybór 5-ciu członków Komisji Rewizyjnej a nie trzech jak to było dotychczas. Wybór 5-ciu członków nie koliduje z regulaminem Sekcji (który przewiduje minimalną liczbę trzech członków), natomiast znakomicie ułatwi normalny tok prac Komisji.

Przychylając się do prośby Zarządu i na wniosek Zarządu, do Komisji Rewizyjnej wybrano oprócz dotychczasowych członków kol. kol. inż. K. Jackowskiego, inż. A. Krzyczkowskiego i mjr. S. Mrazka, jeszcze kol. kol. inż. Struszyńskiego i inż. Rabęckiego. Wyboru dokonano przez aklamację.

Przystępując do ostatniego punktu obrad, przewodniczący odczytał wolny wniosek zgłoszony przez kol. inż. T. Jaskólskiego o treści następującej: Walne Zebranie Członków Sekcji Radiotechnicznej w dn. 30.III.38 roku wzywa Zarząd Sekcji do przestudiowania sprawy powiększenia objętości Przeglądu Radiotechnicznego i w miarę możliwości do wprowadzenia tego w życie już w roku bieżącym. Wniosek ten wywołał ożywioną dyskusję, w której zabierali głos kol. kol. kpt. Jasiński, mjr. Hubert i inż. Trembiński. Po wyczerpaniu dyskusji wniosek został jednogłośnie uchwalony.

Wreszcie przyjęto przez aklamację wniosek kol. inż. T. Jaskólskiego o wyrażenie podziękowania przewodniczącemu Zebrania mjr. Hubertowi.

Ponieważ inne wolne wnioski nie wpłynęły, przewodniczący podziękował obecnym za udział w Zebraniu i zamknął je.

Sekretarz:  
(—) S. Ryżko

Przewodniczący:  
(—) T. Hubert

#### Załącznik 1.

### Sprawozdanie Zarządu Sekcji Radiotechnicznej SEP. za okres 1937/38 r.

Działalność Zarządu Sekcji w roku sprawozdawczym była skierowana, jak zazwyczaj w kierunku organizowania zebrań odczytowych, wycieczek i pracy wydawniczej.

Pragnąc ulepszyć organizację i ożywić zebrania odczytowe Zarząd Sekcji poświęcił temu zagadnieniu szczególną uwagę. O przeprowadzonych pracach w tym kierunku i uzyskanych wynikach poinformuje kolegów w swym sprawozdaniu referent odczytowy.

Wydawnictwo dzieła ś. p. Kazimierza Krulisza p. t. „Lampy Elektronowe“ zostało zakończone. W ubiegłym

roku pierwsze osiem arkuszy wydanych, w swoim czasie w postaci pierwszego zeszytu zostały wyczerpane a przez to pierwszy tom wymienionego dzieła okazał się zdekompletowany, tracąc na wartości. Wskutek tego Zarząd Sekcji, zgodnie z zapowiedzią, ponownie wydał brakujące arkusze, przywracając w ten sposób wartość handlową posiadanego na składzie zapasu.

Sekcja nadal udostępnia swym członkom literaturę zagraniczną przez prenumeratę czasopism i łoży na bibliotekę Stowarzyszenia.

Ponadto Sekcja bierze udział w pracach przepisowych Komisji XII Radiotechnicznej. Przez swych delegatów Sekcja podtrzymuje kontakt z Centralną Komisją Normalizacji Elektrotechnicznej oraz posiada głos w Radzie Opiekuńczej Wyższej Szkoły Budowy Maszyn i Elektrotechniki.

Liczba członków Sekcji wynosi w chwili obecnej 74, t. j. więcej o 8 od roku zeszłego.

Prezes Sekcji Radiotechnicznej  
(—) St. Jasiński

#### Załącznik 2.

### RACHUNEK STRAT I ZYSKÓW SEKCJI RADIOTECHNICZNEJ S. E. P. za 1937 rok.

#### Wpływy.

	Prelimino- wano na 1937 r.	Otrzymano w 1937 r.
	Zł.	Zł.
<b>1. Składki:</b>		
Członkowie zwyczajni: . . . . .	2 500.—	
za pobrane składki . . . . .		2 333.—
składki zaległe do pobrania . . . . .		197.—
		<u>2 530.—</u>
Członkowie zbiorowi:		
Państw. Zakł. Tele- i Radio- techniczne . . . . .	300.—	300.—
Korpus Ofic. Pułku Radiotele- graficznego . . . . .	120.—	120.—
<b>2. Dotacje:</b>		
Polskie Radio . . . . .	600.—	600.—
<b>3. Różne wpływy . . . . .</b>	<b>50.—</b>	<b>189.—</b>
		<u>3 570.—</u>
<b>Razem:</b>	<b>3 570.—</b>	<b>3 739.—</b>

#### Wydatki.

	Prelimino- wano na 1937 r.	Otrzymano w 1937 r.
	Zł.	Zł.
<b>1. Prenumerata czasopism . . . . .</b>	<b>100.—</b>	<b>100.—</b>
<b>2. Wydatki na bibliotekę . . . . .</b>	<b>200.—</b>	<b>200.—</b>
<b>3. Zwrot części dotacji Polskiego Radia do SEP. . . . .</b>	<b>200.—</b>	<b>200.—</b>
<b>4. Zwrot części składek członków zbior. do SEP:</b>		
od Państw. Zakł. Tele- i Ra- diotechnicznych . . . . .	100.—	100.—
od Korpusu Ofic. Pułku Ra- diotelegraficzn. . . . .	40.—	40.—
<b>5. Składki członków zwyczajnych do S. E. P. . . . .</b>	<b>1 800.—</b>	<b>1 841.—</b>
<b>6. Zwroty do SEP za lokal, światło, opał, kancel. . . . .</b>	<b>600.—</b>	<b>600.—</b>
<b>7. Wydatki administracyjne . . . . .</b>	<b>150.—</b>	<b>176.53</b>
<b>8. Składki Sekcji Radiotechnicznej do: Muzeum Techniki i Prze- mysłu i Tow. Przyjaciół Pułku Radiotelegraficznego . . . . .</b>	<b>100.—</b>	<b>100.—</b>
<b>9. Nieprzewidziane . . . . .</b>	<b>50.—</b>	<b>66.63</b>
<b>10. Różne wydatki . . . . .</b>		
<b>11. Odpis nieściągalnych składek . . . . .</b>	<b>100.—</b>	<b>—</b>
	<u>3 440.—</u>	<u>3 424.16</u>
<b>Nadwyżka dochodów za 1937 rok</b>	<b>130.—</b>	<b>314.84</b>

Zarząd Sekcji Radiotechnicznej:

Prezes: (—) Stefan Jasiński  
Skarbnik: (—) Stanisław Wolski  
Sekretarz: (—) Stanisław Ryżko

Komisja Rewizyjna Sekcji Radiotechnicznej:

(—) Inż. Kazimierz Jackowski

Pozostałe załączniki będą umieszczone w najbliższym zeszycie Przegl. Radiotechnicznego

PRZEDPŁATA:  
kwartalnie . . . . . zł. 9.—  
rocznie . . . . . zł. 36.—  
zagranicą + 50%  
za zmianą 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  
Redaktor przyjmuje we wtorki od godziny 19 - ej do 20 - ej  
Konto czekowe w P. K. O, Nr. 363

Cennik ogłoszeń  
przesyła administracja  
na żądanie.  
Telefon działu ogłoszeń 648-65.

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przeгляд Elektrotechniczny“, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.