

# WIADOMOŚCI

# TELEKOMUNIKACYJNE

## MIESIĘCZNIK POPULARNY

WYDAWANY PRZEZ SEKCJĘ TELEKOMUNIKACYJNĄ STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
przy poparciu  
MINISTERSTWA POCZT I TELEGRAFÓW oraz MINISTERSTWA KOMUNIKACJI

### KOMITET REDAKCYJNY:

Przewodniczący: inż. E. SZACKI — Sekretarz: inż. R. STEFAŃSKI — Członkowie: inż. ST. JUDYCKI  
inż. ST. KIELAN, inż. K. KONWERSKA, inż. K. KONWERSKI, inż. J. PLEBAŃSKI

### TREŚĆ Nr 10 — 11 — 12

- |  |  |
|--|--|
| 1. Automatyczne centrale telefoniczne systemu S 22 (powyżej N) — St. Kobus . . . . . | 2. Pomiary linii telekomunikacyjnych — inż. W. Żochowski . . . . . |
|  | 3. Uczmy się podstaw telekomunikacji. . . . .                      |

STANISŁAW KOBUS  
Gliwice

## Automatyczne centrale telefoniczne

### Systemu S 22 (powyżej 100 N)

(d. c. do str. 106 W. T. Nr. 7—8—9/47)

#### W. L. (WYBIERAK LINIOWY RYS. 6)

Sam wybierak jako taki jest skokowo - obrotowy i niczym się nie różni w swej zasadniczej budowie od opisanych I/II/III/IV.W.G. W zespole przekaźnikowym posiada jednak dodatkowy wybieraczek obrotowy, o pięciu rzędach po 11×2 styków. Każdy rząd posiada po obu stronach przekładki izolacyjnej styki, po których przesuwające się szczotki dokonywują zwarć leżących naprzeciw siebie.

Szczotki te są zbudowane tak, że obie połowy każdej z nich są ze sobą zwarte, nie posiadają żadnego doprowadzenia elektrycznego, a służą jedynie do zwierania styków. Ponadto końce ich są wydłużone tak, że schodząc z pewnych styków rozwierają je dopiero wtedy, kiedy następne zostaną zwarte (przejście ze styku na styk pod prądem).

Szczotki rozdzielacza ze styku 11-go wchodzą znów na 1-szy, a ich przesuwania dokonywuje elektromagnes S. Styki rozdzielacza (z niem. Steuerschalter) są na schemacie oznaczone dwoma naprzeciw siebie leżącymi punktami. Znajdująca się obok nich cyfra rzymska oznacza

szczotkę, a arabska pozycję w której nastąpi elektryczne zwarcie oznaczonych punktów.

Tak np. oznaczenie II-5 wskazuje, że połączenie elektryczne danego obwodu nastąpi gdy druga szczotka ustawi się na piątym styku pola rozdzielacza. W swym ruchu obrotowym, rozdzielacz ustawia szczotkę kolejno na odpowiednich stykach, stwarzając obwody dla podnoszenia, obrotu badania na zajętość, zwolnienia itp.

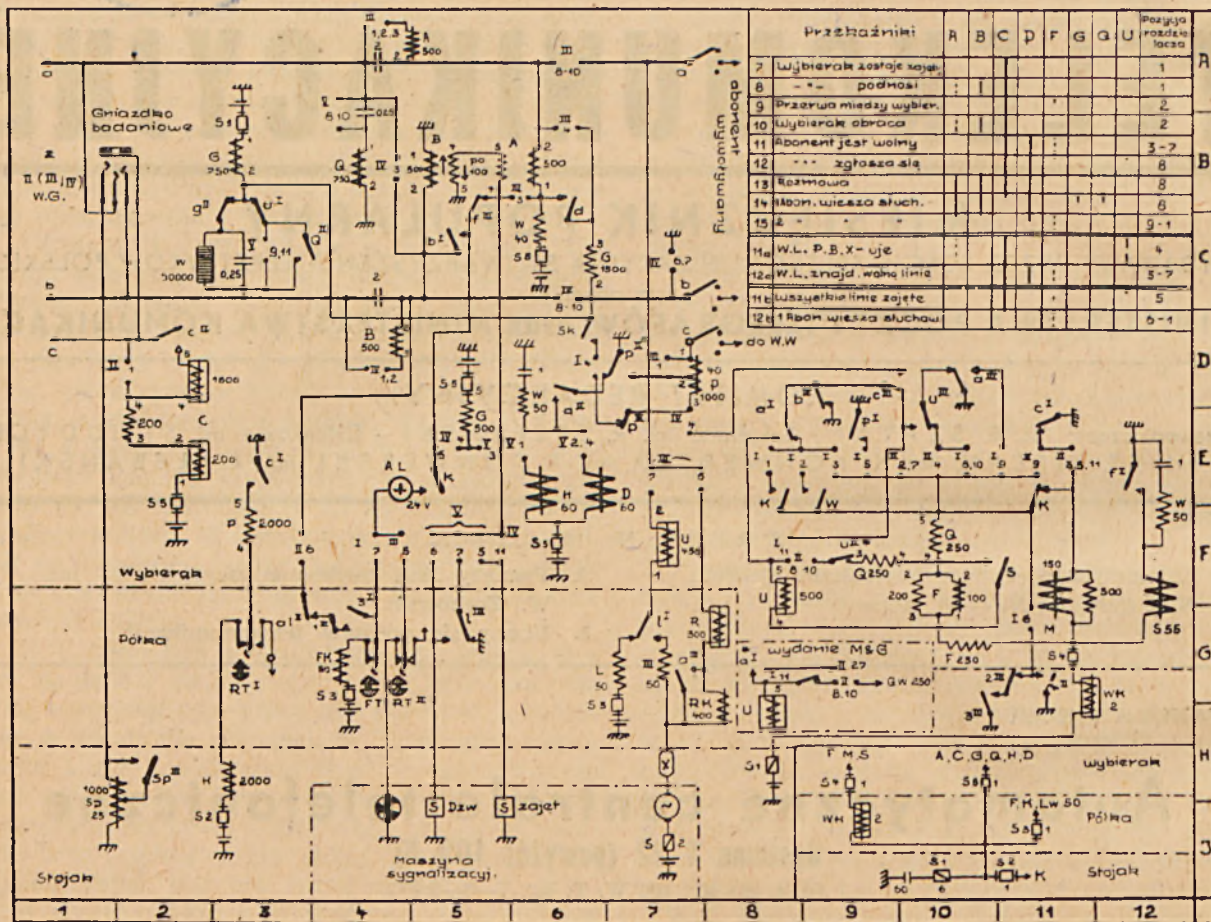
Praca rozdzielacza mogłaby być zastąpiona przekaźnikami, ten jednak sposób rozwiązania gwarantuje większą pewność działania. (Zmniejsza się możliwość powstawania złych lub zanieczyszczonych styków, rozregulowania się przekaźników itp.).

Po zajęciu zatem wybieraka liniowego przez poprzedni organ połączeniowy, otrzymuje  $C_1 - 2$  200  $\Omega$  + z przewodu c, poprzez styk 1,II szczotki rozdzielacza, oraz oporowe uzwojenie  $C_4 - 3$  200  $\Omega$ . C działa i stykami C III zapewnia sobie podtrzymanie bez względu na położenie szczotek rozdzielacza.

Poprzez III 1, 2 i IV 1, 2 rozdzielacza zostaje przygotowany obwód dla A i B. Gdy zatem

abonent wykręci przedostatnią cyfrę, W.L. po żyły a otrzymuje impulsy plusowe z I.W.G. poprzez III 1, 2,  $A_{3-1}$  500  $\Omega$ ,  $A_{2-1}$  500  $\Omega$ , opór w 40  $\Omega$  do —; oraz po żyły b poprzez czas trwania serii impulsów — z I.W.G. ( $A_{1-5}$  40  $\Omega$  C II, w 500  $\Omega$ ,

serii B. Przekaznik A swymi a II daje teraz impulsy plusowe poprzez  $V_2$  rozdzielacza na elektromagnes obrotowy D. Szczotki W.L. ustawiają się wreszcie na stykach żadanego abonenta. Jak widać z powyższego w W.L. tak podnoszenie



Rys. 6.

$V_2$  III, p II); poprzez IV 1, 2 rozdzielacza,  $B_{3-2}$  500  $\Omega$ ,  $B_{2-1}$  500  $\Omega$  do +. A zatem impulsuje, B trzyma przez ten czas bez przerwy. Elektromagnes podnoszący H otrzymuje impulsy plusowe z p II poprzez a II, V 1 rozdzielacza i podnosi szczotki na odpowiedni do wykręconej przez abonenta cyfry poziom. B styka b III uniemożliwia przedwczesne działanie  $U_{5-4}$  500  $\Omega$ , lub  $F_{1-2}$  100  $\Omega$ . Po skończonej jednak serii odpuszcza A i B i powstaje +, b III, a I, I<sub>1</sub> rozdzielacza, styki czołowe K, (oś wybieraka podniesiona)  $Q_{5-4}$  250  $\Omega$ , równoległe  $F_{2-1}$  100  $\Omega$  i oporowe  $F_{2-3}$  200  $\Omega$ ,  $F_{5-4}$  250  $\Omega$ , bezpiecznik półki, WK 2  $\Omega$ , bezpiecznik stojaka, —;

Działa F i stykami f I przekazuje + na elektromagnes rozdzielacza S 55  $\Omega$ . S przyciąga i przesuwaa szczotki na styk drugi, F w wyniku tego traci + (szczotka I nie daje już zwarcia styków 1-szych) i odpuszcza.

Abonent wykręca teraz ostatnią cyfrę. Znów impulsuje A i trzyma przez cały czas trwania

szczotek jak i ich obrót jest spowodowany przez abonenta, w przeciwieństwie do wszystkich W.G., gdzie tylko podnoszenie osi było ruchem wymuszonym, obrót zaś swobodnym.

F otrzymuje nowy impuls: +, b III, a I (po skończonej serii znów A i B odpuszcza) I 2 rozdzielacza, styki obrotowe w (zwierają się natiychmiast po obróceniu się osi wybieraka na pierwszy styk)  $Q_{5-4}$  250  $\Omega$   $F_{2-1}$  100  $\Omega$   $F_{2-3}$  200  $\Omega$   $F_{4-5}$  250  $\Omega$  poprzez WK 2  $\Omega$  do —; S przesuwaa szczotki (dzięki f I) na styk 3-ci. Tu poprzez I<sub>3</sub> rozdzielacza F otrzymuje dalszy impuls i S przesuwaa szczotki również dalej (na czwarty styk).

Ponieważ w momencie przejścia szczotek rozdzielacza ze styku drugiego na trzeci F nie otrzymywałby przerwy, a zatem S nie mógłby przesunąć szczotek na styk czwarty, styki s (zwierające się w chwili pracy elektromagnesu rozdzielacza) zwierają  $F_{2-1}$  100  $\Omega$ . F musi odpuszczać. Na stykach czwartych rozdzielacza W.L. ba-

da, czy wybrany abonent jest wolny. Mogą tu zachodzić trzy następujące wypadki:

- 1) wybrany abonent jest zajęty rozmową wychodzącą,
- 2) wybrany abonent jest zajęty rozmową przychodzącą,
- 3) wybrany abonent jest wolny.

W wypadku pierwszym, przekaźnik próbny  $P_{3-1}$  100 + 40  $\Omega$  W.L. nie otrzymuje z przewodu C abonenta minusa, ponieważ jego I.W.W. nie znajduje się w pozycji wyjściowej) — poprzez T 600  $\Omega$  i T 12  $\Omega$  indywidualnego układu abonenta dostaje przerwę szczotka C I.W.W.).

W wypadku drugim T 1012  $\Omega$  układu abonenta w I.W.W. ( $T_{3-2}$  600  $\Omega$ ,  $T_{2-1}$  12  $\Omega$  i  $T_{4-5}$  400  $\Omega$  połączone szeregowo) trzyma na + poprzez tylko 40  $\Omega$  przekaźnika próbnego P tego W.L. przez który dany abonent został zajęty już wcześniej. Oczywiście w takim wypadku 1040  $P_{3-1}$  omawianego W.L. nie przyciągnie mając do siebie równolegle włączone tylko 40  $\Omega$  innego W.L.

W obu tych zatem wypadkach P nie przyciąga, F otrzymuje + poprzez a III, u III, II, rozdzielacza. S przesuwa szczotki na styki piąte i zatrzymuje je na nich (dzięki spoczynkowej pozycji styków p I).

Powstaje: uziemniony sygnał zajętości maszyny dzwonienia, IV 5 rozdzielacza, indukcyjnej uzwojenia  $A_{1-5}$  100  $\Omega$  i  $B_{1-5}$  100  $\Omega$  do +.

Indukowany sygnał zajętości na  $B_{1-2}$  500  $\Omega$  i  $A_{1-2}$  500  $\Omega$  słyszy abonent w swej słuchawce poprzez 2  $\mu$  F kondensatory na żyłach a i b.

Abonent jest zmuszony do powieszenia słuchawki. W.L. traci + na przewodzie c i  $C_{1-2}$  200  $\Omega$  +  $C_{4-5}$  1600  $\Omega$  odpuszcza. Stykami c I zostaje włączony +, poprzez II, rozdzielacza na elektromagnes zwalnający M 150  $\Omega$  i równolegle jego oporowe uzwojenie 500  $\Omega$ , WK 2 do —: M przyciąga i zwalnia oś wybieraka. Styki K wracają do położenia spoczynku. Elektromagnes S rozdzielacza przesuwa szczotki do pozycji wyjściowej (na stykach pierwszych) dzięki temu, że F otrzymuje kolejne impulsy plusowe: na styku piątym poprzez CI, II 5 rozdzielacza, spoczynkowe k; na szóstym poprzez I b rozdzielacza i styki powolnego przerywacza 3 III, 2 III; na siódmym II 7, c III, b III; na ósmym: I 8, u III, a III; na dziewiątym II 9, c I; na dziesiątym I 10, u III, a III i na jedenastym II 11, c I.

Wybierak liniowy gotów do przyjęcia nowego wywołania.

Nieco odmiennie jest w wypadku, gdy wybrany abonent posiada kilka linii w układzie P.B. Wybierak liniowy musi wtedy, nim przeszle abonentowi wywołającemu sygnał zajętości, wybać wszystkie linie należące do tego układu. O ile pierwsza linia jest zajęta P oczywiście nie przyciąga w pozycji 4, działa natomiast A w obwodzie: —; w 40  $\Omega$ ,  $A_{1-2}$  500  $\Omega$ , III 4 rozdzielacza oporowe  $G_{3-2}$  1500  $\Omega$  styki P.B.x. sk, I, rozdzielacza, III, IV, rozdzielacza c III, b III do

+; A stykami a II poprzez p II i V 4 rozdzielacza daje + na elektromagnes obrotowy. D przesuwa szczotki na następny styk. Jednocześnie stykami d elektromagnesu obrotowego zostaje zwarte  $A_{-2}$ , 500  $\Omega$  i odpuszcza. Znw zostaje przerwany obwód dla D. O ile druga linia układu P.B.x. abonenta jest również zajęta, znów działa jak poprzednio A i D, a szczotki zostają przesunięte na trzecią z kolei linię. Dzięki grze przekaźnika A, elektromagnesu D i jego styków d zostają wybadane wszystkie linie abonenta załączone do wspomnianego układu P.B.x.

Aby w czasie szukania wolnej linii abonentowej uniemożliwić rozdzielaczowi przesunięcie szczotek z pozycji czwartej, A stykami a I daje + poprzez b III,  $U_{5-4}$  500  $\Omega$ ,  $F_{4-5}$  250  $\Omega$ , K 2  $\Omega$  do —. Działa C. Dzięki temu, że jest przekaźnikiem z opóźnionym działaniem trzyma przez cały czas wyszukiwania wolnej linii (impulsami a I) i stykami u III uniemożliwia zadziałanie F, a tym samym i S.

Na ostatniej linii abonenta układu P.B.x. styki sk nie zewrą się już i nie zapracuje  $A_{1-2}$  500  $\Omega$ . Na osi W.L. dla układu P.B.x. zostaje założona specjalna tarcza posiadająca na swoim obwodzie dziesięć wystających występów, — które pod względem elektrycznym nie posiadają żadnego znaczenia. Jeśli np. pewien abonent posiada 4 linie o numeracji końcowej 53, 54, 55 i 56 wtedy tarcza ta musi być założona na osi tak, aby po podniesieniu się szczotek na poziom piąty znalazła się na wysokości styków sk umocowanych na stałe, na wysokości środkowego pola wielokrotnego. Ponadto kolejne wycinki 3, 4 i 5 tej tarczy muszą być odgięte tak, by po obróceniu się szczotek mechanicznie naciskały na styki sk i zwierzały je. Ostatni wycinek 6-ty musi być zagięty, a wtedy, po obróceniu się szczotek W.L. na abonenta 56, styki sk nie zostaną naciśnięte i nie zewrą się. Z opóźnieniem odpuszcza  $U_{5-5}$  500  $\Omega$ . Zapracuje teraz F a za nim elektromagnes rozdzielacza S, przesuując swe szczotki na styki piąte. Abonent wywołujący otrzymuje w słuchawce sygnał zajętości w sposób poprzednio już opisany.

Aby, (w czasie pracy A przy szukaniu wolnej linii układu P.B.x.) abonent w swej słuchawce nie otrzymywał szmerów lub trzasków, działa G w obwodzie: —  $G_{1-2}$  750  $\Omega$ , styki sk, I, rozdzielacza, p III, IV, rozdzielacza, C III, b III.

Stykami swymi g II przerywa dostęp do żyły b abonenta.

Wreszcie w trzecim najczęstszym wypadku, gdy szczotki W.L. staną na stykach wolnego abonenta, działa przekaźnik próbny P, z minusa I.W.W. wywołanego abonenta, poprzez  $T_{3-2}$  600  $\Omega$ ,  $T_{1-2}$  12  $\Omega$ , szczotka i styk pozycji wyjściowej I.W.W.,  $T_{4-5}$  400  $\Omega$ . T abonenta wywołującego stykami t I i t II odłącza linię od  $R_{1-3}$  2  $\times$  450  $\Omega$  i  $R_{4-5}$  900  $\Omega$  w szereg z LA 25  $\Omega$ , aby po jego zgłoszeniu się, nie wywołać fałszywego i zbędnego sygnału zgłoszenia centrali.

W wybieraku liniowym stykami p III zostaje przerwany obwód dla  $A_{1-2}$  500  $\Omega$ , stykami p II dla elektromagnesu obrotowego D, (o ile A i D pracowały dla układu P.B.x.). Styki p II zwiernają jednocześnie 1000  $\Omega$  uzwojenie  $P_{3-2}$ , cechując tym samym C żyłą abonenta + tylko poprzez 40  $\Omega$  drugiego 2-1 uzwojenia, a jednocześnie niezależniac się od + poprzez pozycję II<sub>4</sub> rozdzielacza. F działa teraz dwukrotnie na styku czwartym otrzymuje + z a III, u III i II<sub>4</sub> rozdzielacza, a na piątym poprzez p I. Elektromagnes S przesuwa swe szczotki na styki szóste.

Abonent wywołany otrzymuje teraz w aparacie swym dzwonięcie. System ten przewiduje natychmiastowe wysłanie pierwszego dzwonięcia, gdy tylko szczotki W.L. ustawia się na stykach wolnego abonenta, (w przeciwieństwie np. do Strowgera, gdzie dzwonięcie może przyjść zaraz, ale może też dopiero po upływie kilku sekund, w zależności od czasu przerwy trwającej pomiędzy jednym a drugim okresem dzwonięcia), drugie przychodzi w czasie od zaraz do 9 sekund. Wszelkie następne dzwonięcia przychodzą regularnie co 10 sekund i trwają 1 sekundę. Obwód dla pierwszego dzwonięcia jest następujący: — prądu dzwonięcia maszynowy sygnalizacyjny, poprzez lampę oporową, RK 400  $\Omega$ , R 300  $\Omega$ , III 6 rozdzielacza, szczotka styk a W.L. linia a abonenta, dzwonek aparatu, linia b, styk i szczotka b. W.L., IV<sub>6</sub> rozdzielacza do + przy układzie zwykłym abonenta i w układzie mostkowym: prąd dzwonięcia, lampa oporowa, RK 400  $\Omega$ , R 300  $\Omega$ , III<sub>6</sub> rozdzielacza, szczotka i styk a W.L., linia a abonenta, dzwonek i ziemia aparatu.

Abonent wywołujący w słuchawce swej słyszy sygnał dzwonięcia w obwodzie: uziemiony sygnał maszyny dzwonięcia, V<sub>6</sub> rozdzielacza, indukcyjne uzwojenie  $A_{4-5}$  100  $\Omega$ ,  $B_{4-5}$  100  $\Omega$  do +.

Po małej chwili, powolny przerywacz stykami 3 III i 2 III włącza + poprzez I<sub>6</sub> rozdzielacza na F. Działa S i ustawia szczotki na stykach siódmych. Zostaje przerwane dzwonięcie u abonenta wywołującego i sygnał dzwonięcia abonentowi wywołującemu.

Zespół powolnego przerywacza składa się z trzech przekładników: I<sub>1-2</sub> 2000  $\Omega$  oporowe 4-2 200  $\Omega$ ; II<sub>1-5</sub> 1000  $\Omega$  i III<sub>1-5</sub> 1000  $\Omega$  oraz oporowe 4-5 50  $\Omega$ . Każda półka wybieraków liniowych (a zatem każda obsługiwana przez W.L. grupę stu abonentów) posiada jeden zespół przerywacza. W chwili kiedy szczotki rozdzielacza ustawia się na stykach szóstych działa I przerywacza w obwodzie: +, I<sub>2-1</sub> 2000  $\Omega$ , styki 2 III, I<sub>6</sub> rozdzielacza,  $\Omega_{5-4}$  250  $\Omega$ , równoległe  $F_{2-1}$  200  $\Omega$  i  $F_{2-1}$  100  $\Omega$ ,  $F_{4-5}$  250  $\Omega$ , WK 2  $\Omega$  do —: F w szeregu z 2500  $\Omega$  nie może zapracować, działa natomiast I i swymi stykami (rys. 13 wyposażenia stołkowego II.W.G. i W.L.) 1 I uruchamia II<sub>1-5</sub> 1000  $\Omega$ . Ten z kolei daje + poprzez 2 I na III<sub>1</sub> 1000  $\Omega$ . III przyciąga i stykami 3 III zwiernają uzwojenie I<sub>1-2</sub> 2000  $\Omega$ . Ponieważ jednak poprzed-

nie zadziałał już II-gi, przeto stykami 2 III włączył w szereg z F W.L. nowe I<sub>3-4</sub> 2000  $\Omega$  oporowe uzwojenie. I-szy odpuszcza i robi przerwę stykami 1 I dla II-go, a ten dla III-go. W międzyczasie, gdy II-gi już dopuścił, a III-ci dzięki swemu opóźnieniu jeszcze nie, F otrzymuje czysty impuls: +, 3 III, 2 III, itd. Teraz oczywista F przyciągnie i spowoduje przesunięcie szczotek rozdzielacza na styk siódmy. Ponieważ I, II i III są przekładnikami z opóźnionym działaniem, przeto od chwili zadziałania I-go do momentu wysłania czystego + na F upływa okres około 0,5 sekundy.

W pozycji siódmej rozdzielacza, prąd dzwonięcia jest kontrolowany przez przekładnik  $L_{3-2}$  2400  $\Omega$  i  $2^{-1}$  1600  $\Omega$ , otrzymujący plusowe impulsy co 10 sek. (czas trwania impulsu 1-na sek.).

Powstaje wtedy: — prądu dzwonięcia maszynowy sygnalizacyjny, III<sub>4-5</sub> 50  $\Omega$  zwarte styki 1 I, U<sub>1-2</sub> 450  $\Omega$ , III<sub>7</sub> rozdzielacza, szczotka i styk a, linia a, aparat abonenta, linia b, styk i szczotka b, IV<sub>7</sub> rozdzielacza +. Prąd dzwonięcia zostaje wysyłany w dalszym ciągu. U<sub>1-2</sub> 450  $\Omega$  pod działaniem prądu zmiennego nie przyciąga.

Abonent wywołujący słyszy sygnał dzwonięcia, gdyż powstaje i w tej pozycji rozdzielacza: uziemiony sygnał maszynowy, styki 1 III, V<sub>1</sub> rozdzielacza, indukcyjne  $A_{4-5}$  100  $\Omega$  i  $B_{4-5}$  100  $\Omega$  do +.

Abonent wywołujący zdejmując słuchawkę, przy czym mogą zaistnieć następujące wypadki:

a) po kilku dzwonięciach i w czasie dzwonięcia, powstaje wtedy zamknięty obwód prądu stałego: — maszyny dzwonięcia, lampa oporowa, III 50  $\Omega$ , 1 I, U<sub>1-2</sub> 450  $\Omega$  III<sub>7</sub> rozdzielacza, szczotka i styk a, linia a abonenta, aparat telefoniczny ze zdjętą słuchawką, b linia, styk i szczotka b, IV<sub>7</sub> rozdzielacza +.

Działa teraz U<sub>1</sub> i stykami u III daje + z a III poprzez II<sub>7</sub> rozdzielacza na F. S przesunie szczotki na styki ósme.

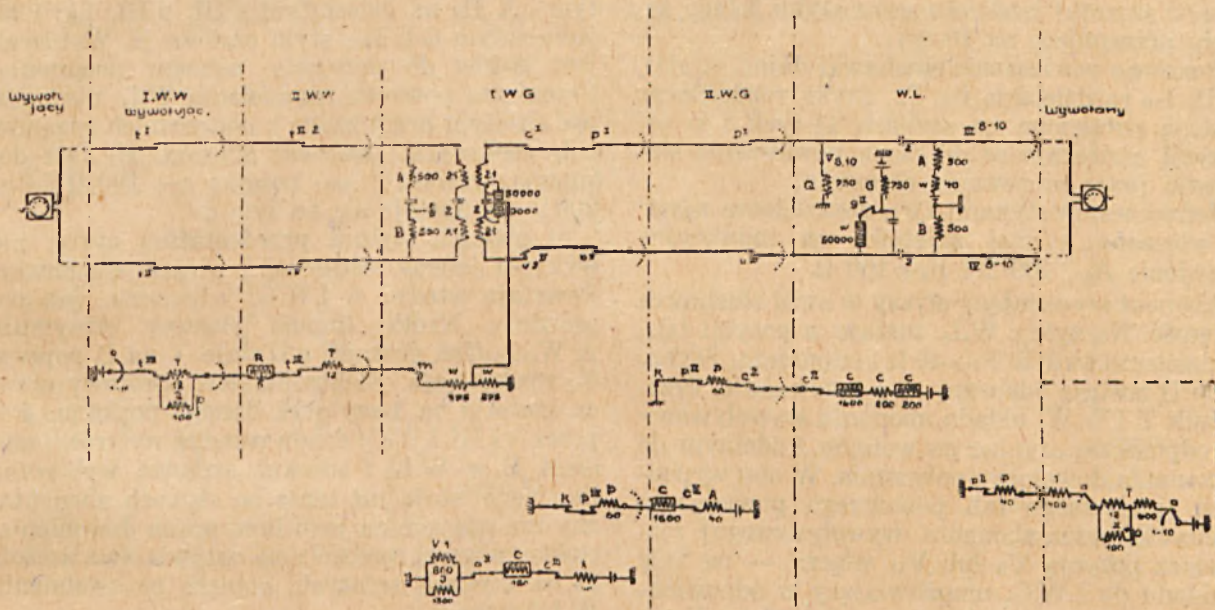
Prąd dzwonięcia zostaje przerwany. Traci również abonent wywołujący w swej słuchawce sygnał dzwonięcia.

b) po kilku dzwonięciach w chwili przerwy pomiędzy dzwonięciami, powstaje wtedy: —, bezpiecznik S<sub>3</sub>, oporowe  $L_{4-5}$  50  $\Omega$ , spoczynkowa pozycja styków 1 I, U<sub>1-2</sub> 450  $\Omega$  itd. U działa również powodując przesunięcie się szczotek rozdzielacza na styki ósme, jak poprzednio.

c) w czasie trwania pierwszego dzwonięcia, powstaje wtedy: — maszyny dzwonięcia, lampa oporowa, RK 400  $\Omega$ , R 300  $\Omega$ , III<sub>6</sub> rozdzielacza, szczotka, styk i linia a, aparat abonenta ze zdjętą słuchawką, linia styk i szczotka b, IV<sub>6</sub> rozdzielacza +. RK 400  $\Omega$  spełnia rolę dławika, działa natomiast R (pracujący tylko od prądu stałego podobnie jak U<sub>1-2</sub>) i stykami r II daje + poprzez I<sub>6</sub> rozdzielacza na F. S przesunie szczotki na styki siódme, a na tych zapracowuje U<sub>1-2</sub> w sposób podany, jak pod a lub b.

Po przesunięciu się szczotek rozdzielacza na styki ósme, abonent wywołujący otrzymuje zasilanie w obwodzie: —, w  $40 \Omega$ ,  $A_{1-2} 500 \Omega$ , III<sub>8-10</sub> rozdzielacza, szczotka, styk i linia a abonenta, mikrofon aparatu, linia styk i szczotka b, IV<sub>8-10</sub> rozdzielacza  $B_{2-1} 500 \Omega$  do —.

$850 \Omega$ , c I, p I, szczotka, styk i żyła a, poprzez a II/III/IV. W.G. na żyłę a W.L.) i stykami g II włącza —,  $G_{1-2} 750 \Omega$ , u I, na przewód b umożliwiając zadzwłanie,  $Z_{1-2} 500 \Omega$  w I.W.G. Z przyciąga i zalicza rozmowę. Odpuszczają A i G wybieraka liniowego.



Rys. 6a.

Rozmowa abonentów odbywa się poprzez  $2 \mu F$  kondensatory załączone na żyły a i b. Rys. 6-a przedstawia zasadniczy układ organów w czasie trwania rozmowy.

Abonent wywołujący otrzymuje zasilanie z I.W.G., wywołujący z W.L. Ponadto ze schematu tego wynika, że przez cały obwód rozmówny przepływa i prąd stały, a więc przez styki I/II.W.W. z zasilających A i B I.W.G., styki rozdzielacza z zasilających A i B W.L., pozostałych organów (I/II/III/IV.W.G.) z —,  $G_{1-2} 750 \Omega$ , g II, opór  $50000 \Omega$ , b żyła, styki p III, IV — II.W.G., styki p II I.W.G.  $V_{2II}$ ,  $21 \Omega$  przenośnika,  $50000 \Omega$  opór i równolegle z jednej strony do + poprzez w  $375 \Omega$ , z drugiej poprzez drugi opór  $50.000 \Omega$ , przenośnik  $21 \Omega$ , c I, p I I.W.G., p I II — IV. W.G.,  $V_{8-10}$  rozdzielacza,  $750 \Omega$  Q.

Po skończonej rozmowie mogą zaistnieć dwie ewentualności: jako pierwszy wiesz słuchawkę a) abonent wywołujący oraz b) abonent wywołany.

Rozpatrzmy kolejno oba wypadki.

Po powieszeniu słuchawki przez abonenta wywołującego odpuszczają kolejno A, B, C,  $V_1$  i P I.W.G. Ponieważ II.W.G. stracił teraz + na przewodzie c z I.W.G. odpuszczają kolejno Ci P. Odpuszczają C i P III/IV W.G. o ile mają zastosowanie, wreszcie wybierak liniowy traci również + na żyłę c i odpuszcza jego  $C_{4-5} 1600 \Omega$  włączony szeregowo z  $C_{2-1} 200 \Omega$ .

W międzyczasie przyciąga na krótki moment  $Q_{1-2} 750 \Omega$  (z — I.W.G. poprzez F.K.  $50 \Omega$  V,

Szczotki wszystkich poprzednich organów powracają do pozycji spoczynku, (w sposób już opisany) w wybieraku liniowym jednak nie więcej nie zachodzi, do czasu, aż abonent wywołujący, również powiesi słuchawkę.

Odpuszczają wówczas  $A_{1-2} 500 \Omega$  i  $B_{1-2} 500 \Omega$ . Stykami a III poprzez u III i  $I_8$  rozdzielacza, otrzymuje  $F_1 100 \Omega$  +. S przesuwają szczotki na styk dziewiąty. F otrzymuje teraz + z c I poprzez II 9 rozdzielacza i elektromagnes S ustawia swe szczotki na stykach dziesiątych. Tu w dalszym ciągu F otrzymuje + z a III poprzez u III i I 10 rozdzielacza. Po ustawieniu się szczotek na stykach jedenastych swymi III<sub>1</sub>, rozdzielacz zwiera  $40 \Omega$  przełącznika  $P_{2-1}$ . P odpuszcza a jednocześnie i T abonenta w układzie I.W.W.

Tu również powstaje: +, c I, II<sub>1</sub>, rozdzielacza, równolegle M  $150 \Omega$  i M oporowe  $500 \Omega$  poprzez WK  $2 \Omega$  do —; Elektromagnes zwalniający M przyciąga i zwalnia oś wybieraka. Szczotki powracają do pozycji wyjściowej. F przyciąga po raz ostatni w obwodzie +, c I, II<sub>1</sub>, rozdzielacza, spoczynkową pozycją styków K, itd. S przesuwają szczotki rozdzielacza na styki pierwsze.

W drugim wypadku, gdy jako pierwszy wiesz słuchawkę abonent wywołany powstaje: +, a III (A i B odpuściły)  $I_8$  rozdzielacza poprzez  $Q_{5-4} 250 \Omega$  itd. S przesunie szczotki na styki dziewiąte i w tej pozycji pozostaje. Żaden z organów połączeniowych nie zwalnia. Gdy wywołany abonent zdejmie ponownie słuchawkę

(lub po raz pierwszy z jednoczesnym spowodowaniem krótkotrwałej przerwy przez niezręczne zdjęcie mikrotelefonu) uzyskuje w dalszym ciągu rozmowę poprzez III<sub>10</sub> i IV<sub>10</sub> rozdzielacza. (znów zadziałają A i B i stykami a III poprzez I<sub>9</sub> zostaje uruchomiony F a za nim i S). W ten sposób szczotki rozdzielacza ze styku 9-tego zostały przesunięte na 10-ty).

Ponowne powieszenie słuchawki daje: +, a III, u III, I<sub>10</sub> rozdzielacza na F. Styki rozdzielacza zostają ustawione na stykach 11-tych i w tej pozycji pozostają aż do czasu powieszenia słuchawki przez pierwszego abonenta.

Jednocześnie stykami IV<sub>11</sub> rozdzielacza zostaje włączony sygnał zajętości na indukcyjne uzwojenie A<sub>4-5</sub> 100 Ω i B<sub>4-5</sub> 100 Ω.

Abonent wywołujący słyszy w swej słuchawce zajętość. Na żyłę c W.L. zostaje w pozycji III<sub>11</sub> rozdzielacza zwarte P<sub>1-2</sub> 40 Ω i odpuszcza. Stykami p II zostaje odebrany + z przewodu c. Przekaznik T I.W.W. układu abonenta wywoływane go odpuszcza, czyniąc go wolnym i zdolnym do wykonania dowolnego połączenia. W obu wypadkach (pierwszego lub ponownego powieszenia słuchawki przez abonenta wywoływane go) rozdzielacz pozycją V<sub>9</sub> lub V<sub>11</sub> włącza — na żyłę b układu do I.W.G. umożliwiający w odpowiednim momencie zadziałanie z, a zatem i zaliczenie rozmowy.

Powieszenie słuchawki wreszcie i przez abonenta wywołującego zmusza A, B, C i V<sub>1</sub> I.W.G. do odpuszczenia, zadziałanie z, odpuszczenie P itd. w pozostałych II/IV. W.G. Zwalniają kolejno wszystkie organa połączeniowe w sposób już opisany.

Wybierak liniowy zwolniony zostaje w następujących jeszcze wypadkach: a) w chwili gdy po przedłużeniu linii abonenta przez poprzednie organy połączeniowe do W.L., sam abonent czy to w wyniku pomyłki lub zrezygnowania z rozmowy wiesza słuchawkę przed wykręceniem przedostatniej cyfry powstaje: A w J.W. G odpuszcza i daje krótki impuls plusowy (opóźnienie przekaznika C) na a żyłę W.L. poprzez III<sub>1</sub> rozdzielacza, A<sub>3</sub> 500 Ω, A<sub>2</sub> 500 Ω, W 40 Ω do —; Działa również na chwilę B (bez znaczenia) poprzez V<sub>2</sub> III I.W.G. w 500 Ω i c II. A stykami a II przekazuje + na H. Elektromagnes podnoszący podnosi szczotki na pierwszy poziom A i B po chwili odpuszczają. Zostaje przerwany obwód dla H, a powstają dla F: poprzez b III, a I, I<sub>1</sub> rozdzielacza, styki k.

Elektromagnes rozdzielacza ustawia swe szczotki na stykach drugich. W międzyczasie zwalnia I.W.G. i pozostałe dalsze organy połączeniowe, odpuszcza więc i C W.L.

Na stykach drugich F otrzymuje + z b III, c III II 2. S przesuwają szczotki na styki 3-cie. Tu powstaje: + c I, II<sub>3</sub> rozdzielacza, spoczynkowe styki k, elektromagnes zwalniający W.L. WK 2 Ω do —; M zwalnia oś wybieraka. S również przesuwają swe szczotki aż do pozycji wyjścio-

wej, w wyniku kolejno powstających obwodów dla F: na styku 3-cim poprzez b III, a I, I<sub>3</sub> rozdzielacza; na 4-ym a III, u III, II<sub>1</sub>, na piątym c I, II<sub>5</sub>, styki K; na szóstym + z powolnego przerywacza, I<sub>6</sub>; na siódmym b III, c III, II<sub>7</sub> rozdzielacza; na ósmym a III, u III, I<sub>8</sub>; na dziewiątym c I, II<sub>9</sub> na dziesiątym a III, u III, I<sub>10</sub>; i na jedenastym c I, II<sub>11</sub> styki czołowe K. Wybierak jest gotów do przyjęcia nowego połączenia. Przez czas powrotu rozdzielacza W.L. nie może być zajęty przez żaden z poprzednich organów połączeniowych, ponieważ stykami II<sub>1</sub> jest dokonana przerwa i — poprzez c<sub>1-2</sub> 200 Ω i C<sub>3-4</sub> 200 Ω nie dostaje się na żyłę c.

b) abonent wybrał przedostatnią cyfrę, nie wykręca jednak ostatniej i wiesza słuchawkę. Powstaje wtedy: A I.W.G. odpuszcza, jak poprzednio. Krótki impuls plusowy otrzymuje A W. L. Ten stykami a II daje + na D poprzez V<sub>2</sub> rozdzielacza. Elektromagnes obrotowy obraca szczotki na 1-szy styk danego poziomu. Poprzez V<sub>2</sub> III I.W.G. działa również na krótki moment B w W.L. Ponieważ szczotki wybieraka liniowego stoją już teraz na stykach abonenta, aby nie włączyć na jego linię prądu dzwonięcia, elektromagnes rozdzielacza ustawia swe szczotki na stykach szóstych, dopiero po zwolnieniu W.L.

Dzieje się to w następujący sposób: Po odpuszczeniu C i V<sub>2</sub> I.W.G. odpuszczają A i B W.L. Rozdzielacz idzie na styki 3-cie (+ dla F poprzez b III, a I, I 2 i styki obrotowe w). Tu działa ponownie B W.L. w obwodzie — I.W.G., FK 50 Ω, V<sub>1</sub> 850 Ω, C I, p I, żyła a W.L., IV<sub>3</sub> rozdzielacza, B<sub>2-1</sub> 500 Ω do +; Stykami b I poprzez f III, III 3 rozdzielacza i W 40 B<sub>1-2</sub> 500 Ω daje sobie podtrzymanie a stykami b III przerywa obwód dla F i uniemożliwia czasowo dalsze przesuwanie się szczotek rozdzielacza. Stykami b I daje jednocześnie równoległe włączenie z V<sub>1</sub> 850 Ω I.W.G., tylko W 40 Ω W.L. tak że V<sub>1</sub> odpuszcza. I.W.G. zwalnia (M otrzymuje + poprzez V<sub>1</sub> I) a za nim i W.L. w sposób już opisany. Po zwolnieniu osi wybieraka styki K wracają do położenia spoczynku i wtedy F otrzymuje + poprzez c I, II 3 rozdzielacza, k, Q<sub>5-4</sub> 250 Ω itd. Po przesunięciu się szczotek na styki czwarte odpuszcza B i F. otrzymuje kolejne impulsy w pozycjach rozdzielacza od 4 do 11. Rozdzielacz wraca również do pozycji wyjściowej W.L. jest gotów do przyjęcia nowego wywołania.

c) w wypadku gdy abonent powiesi słuchawkę w czasie nakręcania ostatniej cyfry, powstają opisane wyżej obwody. W pozycji 3-ciej rozdzielacza. W.L. zwalnia, a następnie sam rozdzielacz wraca również do pozycji spoczynku.

We wszystkich trzech wypadkach od a do c rozmowa nie zostaje zaliczona, gdyż Z przy zwalnianiu nie ma możliwości zadziałania.

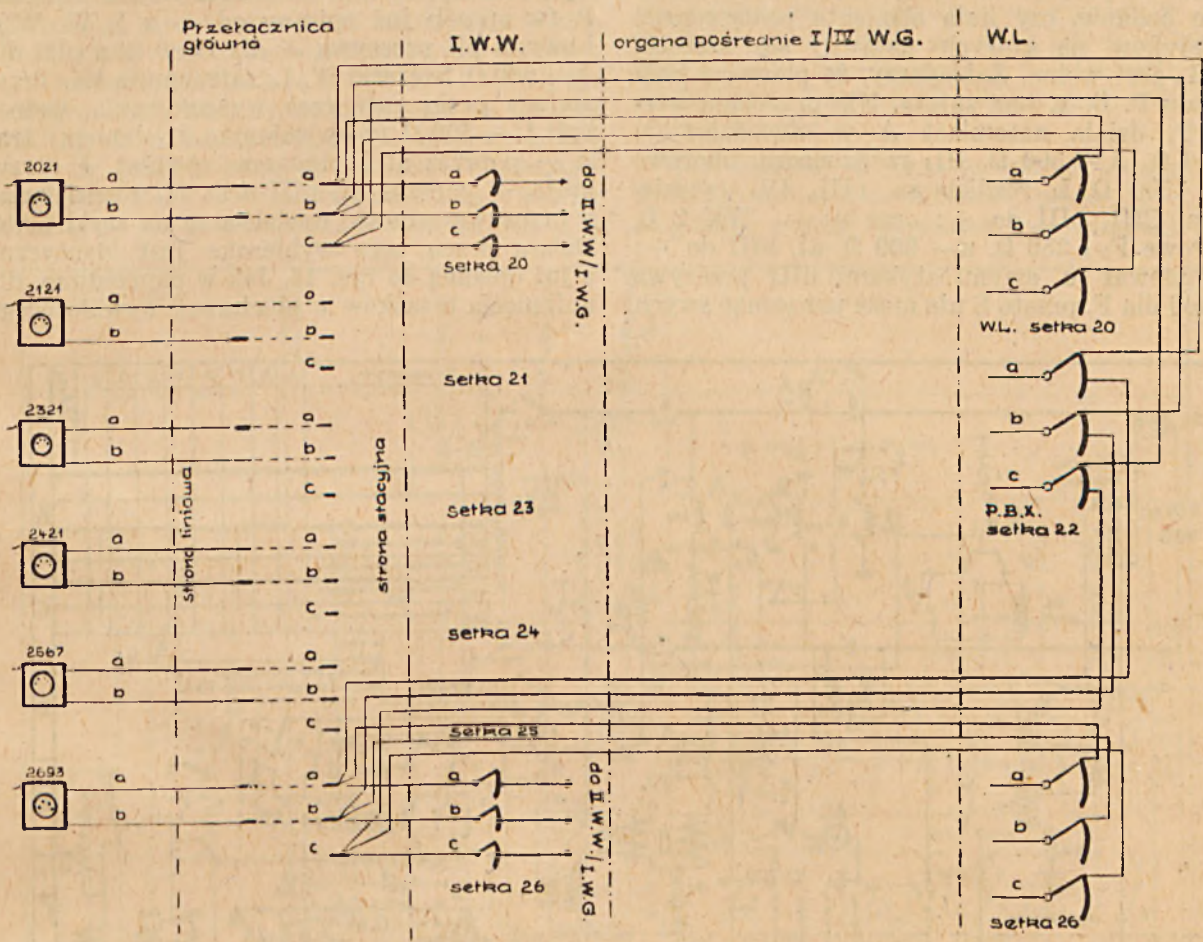
Opisany poprzednio wypadek wyszukiwania wolnej linii abonenta układu P.B.x. ma praktycznie w centralach tego typu małe zastosowa-

nie, ze względu na niedogodność zakładania opisanych tarcz dla styków Sk.

Częściej natomiast jest stosowanym specjalny W.L. P.B.x. Cała grupa 100 abonentów jest przeznaczona wtedy wyłącznie dla tego układu.

Schemat zasadniczy takiego układu P. B. x. ugrupowania 6 linii abonentowych przedstawia rys. 7.

Jak widać z powyższego schematu setka P. B. x. wybieraków liniowych w ogóle nie posiada



Rys. 7.

Ponieważ obciążenie takiej grupy specjalnych abonentów będzie bezporównania większe niż setki zwykłej, dlatego też do zaspokojenia potrzeb, grupie takiej zostaje przydzielone 20 wybieraków liniowych, rozmieszczonych na dwu półkach.

Również większym byłoby obciążenie stojaka I.W.W. gdyby numeracja tych linii była zachowana identycznie taka sama t. zn. gdyby na przykład kolejnym numerom 2221-2229 pola wielokrotnego W.L. odpowiadały indywidualne układy abonenta (R.T. i I.W.W.) o takiej samej numeracji 2221-2229. Aby zatem uniknąć przeciążenia stojaków I.W.W. (a więc i strat wywołań z braku wolnych wyjść do I.W.G.) — kolejnej numeracji na W.L. będzie odpowiadać różnorodna numeracja na I.W.W. Przykładowo numerom 2221-2229 na W.L. mogą odpowiadać numery na I.W.W.: 2021, 2121, 2321, 2421, 2567, 2693 itd. itd.

odpowiadającego jej stojaka I. W. W. Abonent 2693 zdejmując słuchawkę uruchamia swój I. W. W., a ten daje z kolei zajętość abonenta na przewodzie c w polu wielokrotnym wybieraków liniowych setki 26 (styk 93), oraz setki 22 (styk 26). Uzyskuje się to dzięki zwielokrotnieniu nr. 2693 i 2226 na przłącznicy głównej. Abonent 2693 może być teraz wybrany albo jako kolejny numer układu P. B. x. 2221 — 2226 lub własnym 2693.

Rozwiązanie takie, daje praktyczną możliwość dowolnego rozrządzenia wszystkich linii abonenta układu P. B. x. na różne stojaki I. W. W. a zatem i możliwie równomiernego ich obciążenia dla rozmów wychodzących, oraz zgrupowania tych samych linii pod jeden numer dla rozmów przychodzących.

Każda grupa układu P. B. x. poza swą ostatnią linią musi posiadać nie podłączony do pracy styk. W omówionym zatem przykładzie styk 27 musi być wolnym.

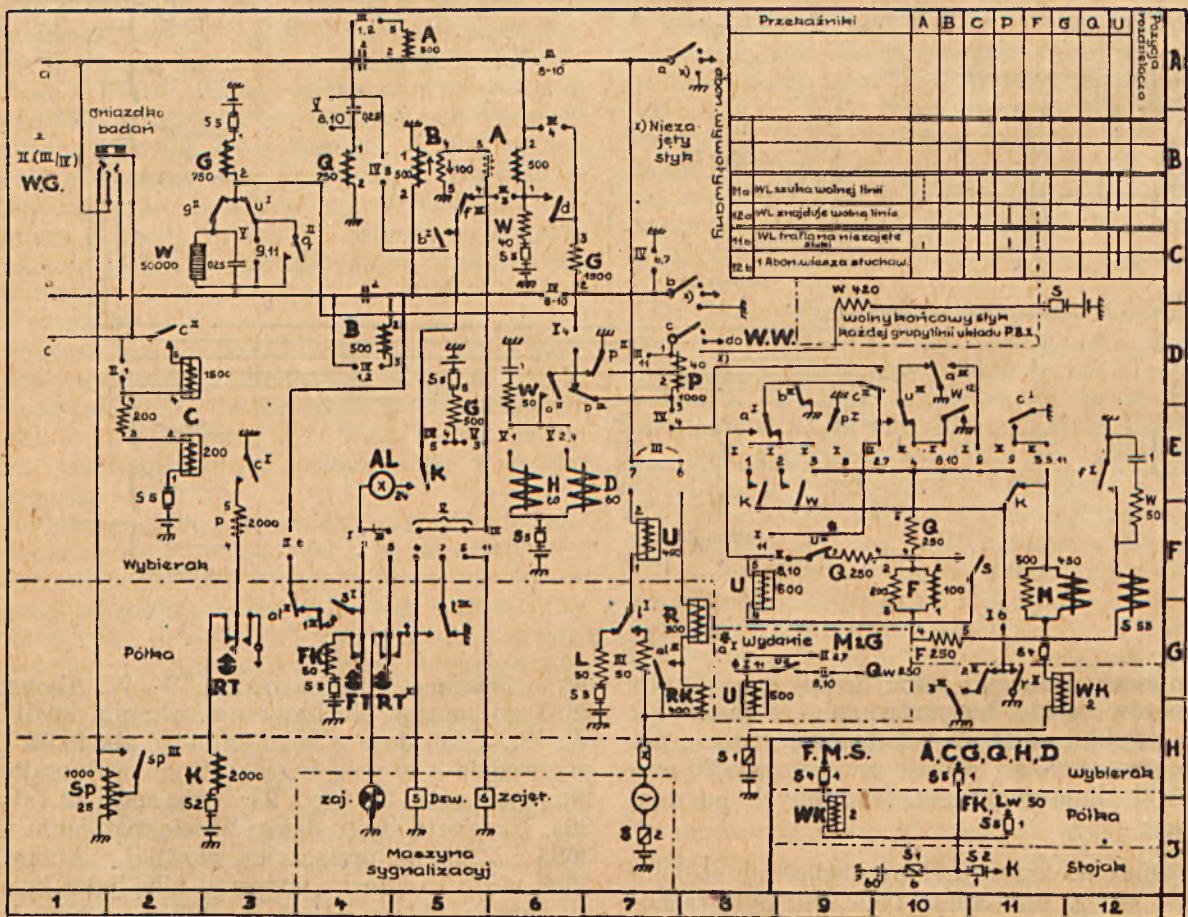
Sam wybierak, którego układ zasadniczy przedstawia rysunek 8 posiada znikomą różnicę w stosunku do omawianego już (rys. 6).

Działanie wybieraka przy wykręcaniu przedostatniej i ostatniej cyfry jest identycznie takie same. W pozycji czwartej rozdzielacza następuje badanie, czy linia abonenta podłączonego do styków na których ustawiły się szczotki W. L. jest wolna. Zakładamy, że pierwsza linia układu P. B. x. jest zajęta. Nie przyciąga wtedy P, działa natomiast A w obwodzie: —, w 40 Ω, A<sub>1-2</sub> 500 Ω, III<sub>4</sub> rozdzielacza, oporowe G<sub>3-2</sub> 1500 Ω, I<sub>4</sub> rozdzielacza, pIII, IV<sub>4</sub> rozdzielacza, CIII, bIII do +; oraz u: —, WK 2 Ω, oporowe F<sub>5-4</sub> 250 Ω, u<sub>4-5</sub> 500 Ω, aI, bIII do +;

Ponieważ u swymi stykami uIII przerywa obwód dla F, przeto S nie może przesunąć swych

nie zadziała, pracuje znów A i D jak poprzednio, a szczotki zostają przesunięte na styk trzeci.

Współpraca przełącznika A, elektromagnesu obrotowego D i jego styków d powoduje obracanie się szczotek tak długo, aż natrafiają one na wylot niezajętej linii abonenta. Działa wówczas P (w sposób już opisany od — z I. W. W.), i swymi pII przerywa + dla D 60 Ω, a pIII dla A<sub>1-2</sub> 500 Ω. Szczotki W. L. zatrzymują się. Trzymający przez cały czas wyszukiwania wolnej linii U<sub>4-5</sub> 500 Ω (z opóźnionym działaniem) traci + poprzez aI i odpuszcza również. F otrzymuje + poprzez aI, uIII oraz II<sub>4</sub> rozdzielacza. S przesuwa szczotki rozdzielacza na styki piąte. Dalsza praca tego wybieraka jest identyczną z już opisaną do rys. 14. Jak w poprzednim, dla uniknięcia trzasków w słuchawce wywołującego



Rys. 8.

szczotek i pozostawia je nadal w pozycji czwartej. A działając daje jednocześnie: +, pII, aII, V<sub>4</sub> rozdzielacza, uzwojenie elektromagnesu obrotowego 60 Ω do —; D przesunie szczotki na styk następny, (druga linia układu P. B. x.) a jednocześnie w momencie przyciągnięcia swymi stykami d zwiera uzwojenie A<sub>1-2</sub> 500 Ω. A odpuszcza, przerywając z kolei + dla D. Gdy druga linia jest również zajęta P w dalszym ciągu

w czasie wyszukiwania, równolegle od I<sub>4</sub> rozdzielacza włączony G<sub>1-2</sub> 750 Ω swymi gII odłącza linię b od układu abonenta.

W wypadku gdy wszystkie linie są zajęte, szczotki wchodzi poza ostatnią i ustawiają się na stykach wolnego numeru. Na jego przewodzie c jest podłączony na stałe — poprzez opór 420 Ω Działa wówczas P przerywając obwód dla



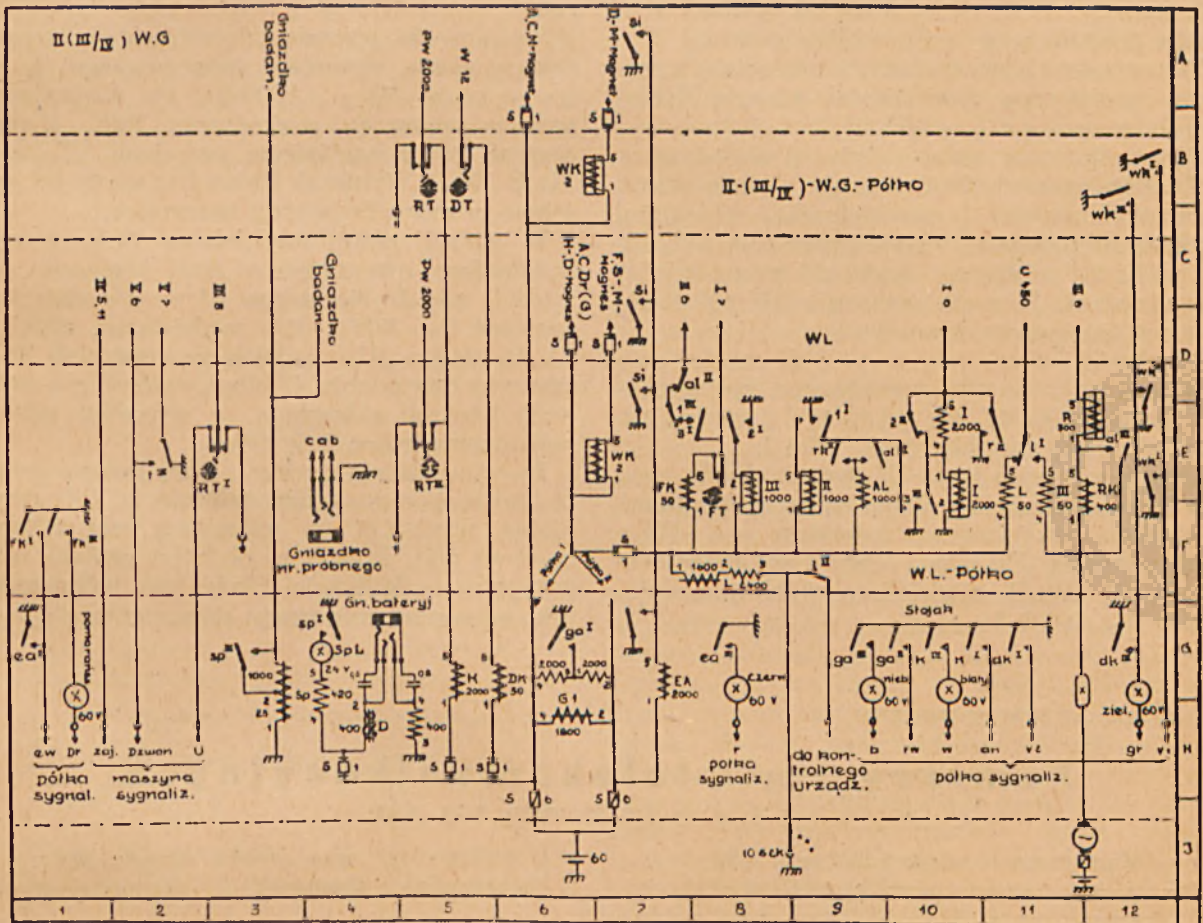
A i obrotowego D. Stykami aIII, uIII i II4 rozdzielacza F otrzymuje impuls plusowy.

Szczotki rozdzielacza zostają przesunięte na styki piąte. F otrzymuje dalsze kolejne impulsy na obwodach : na piątym +, pI, I<sub>5</sub> rozdzielacza; na szóstym rII I<sub>6</sub> rozdzielacza; (żyły a i b niezajętych styków są uziemione a zatem w pozycjach 6 i 7 rozdzielacza działają R 300 Ω i U 450 Ω) na siódmym aIII, uIII, II<sub>7</sub> rozdzielacza, na ósmym bIII, aI, II 8 rozdzielacza, uII, oporowe Q 250 (A w tej pozycji działa w obwodzie +, niezajętej a żyły, III 8 — 10 rozdzielacza, A<sub>2-1</sub> 500 Ω; W 40 Ω do —; U w obwodzie: +, bIII, aI, U<sub>5-4</sub>

Elektromagnes S rozdzielacza przesuwają szczotki do pozycji wyjściowej (styki pierwsze).

Aby abonentowi wywołującemu, taka niedoszła do skutku rozmowa nie została zaliczona, U po zadziałaniu w pozycji 7 rozdzielacza utrzymuje się nadal w obwodzie; na stykach 8 — 10 rozdzielacza +, bIII, aI, U<sub>5-4</sub> 500 Ω, F 250 Ω, WK 2 Ω, +; na jedenastym +, aIII, uIII, I 11 rozdzielacza; i swemi uI odbiera możliwość działania Z w I.W.G.

Gdy abonent posiada w swym układzie 10 linii, lub mniej, lecz końcowe, wtedy W. L. nie znajdując wolnej przesuwają swe szczotki poza



Rys. 9.

500 Ω, oporowe F<sub>4-5</sub> 250 Ω; WK 2 Ω do —; na dziewiątym aIII, I<sub>9</sub> rozdzielacza.

Oporowe Q<sub>5-4</sub> 250 Ω; na dziewiątym bIII, aI, II 10 rozdzielacza, Q<sub>3-1</sub> 250 Ω; Na stykach jedenastych abonent zyskuje sygnał zajętości (poprzez IV<sub>11</sub> rozdzielacza indukcyjne A<sub>4-5</sub> 100 Ω i B<sub>1-5</sub> 100 Ω). Po powieszeniu słuchawki przez abonenta odpuszcza C i powstaje: +, cI, II<sub>11</sub> rozdzielacza, równolegle M 150 Ω i oporowe M 500 Ω WK 2 Ω do —; Elektromagnes M zwalnia; szczotki wracają do pozycji wyjściowej i wtedy F otrzymuje, + poprzez cI, II<sub>11</sub> rozdzielacza, spoczynkowe styki K, Q<sub>5-4</sub> 250 Ω.

styk 10-ty. Zwierają się wówczas styki w 12, dają + poprzez II<sub>4</sub> rozdzielacza na F. S przesuwają swe szczotki na styki piąte. Abonent otrzymuje w słuchawce sygnał zajętości (poprzez IV<sub>5</sub> rozdzielacza).

Po powieszeniu słuchawki zwalnia C i stykami cI daje + na M poprzez II<sub>5</sub> rozdzielacza, oraz równolegle na F poprzez już spoczynkowe styki k. (M zwolnił oś wybieraka) F otrzymuje kolejne impulsy w opisany już sposób, aż szczotki rozdzielacza zostaną ustawione na stykach pierwszych. W. L. gotów do przyjęcia nowego wywołania.

Urządzenia alarmowe stojaka wybieraków liniowych przedstawia rys. 9.

Alarm bezpiecznika indywidualnego, (czerwona lampka) — bezpiecznika stojaka (niebieska) oraz zwolnienia wybieraka (zielona) jest identycznie ten sam co dla II.W.G. i powstaje w sposób już poprzednio opisany.

Dla sprawdzenia zajętości wybieraka istnieje biała lampka, zapalająca się za pośrednictwem K (K pracuje w obwodzie +, c<sup>I</sup>, P<sub>5-4</sub> 2000 Ω, przycisk RT, K 2000 Ω do —). Przez przestawienie przycisku RT dokonać można odczytu obciążenia stojaka W.L.

Jest również przewidziany alarm w wypadku gdy szczotki W.L. ustawią się na stykach abonenta, posiadającego na swej linii przerwę.

W normalnych warunkach w momencie wysyłania pierwszego dzwonięcia pracuje RK<sub>1-5</sub> 400 Ω (w szereg z R<sub>1-5</sub> 300 Ω).

W wyniku tego swymi stykami rk<sup>II</sup> daje + z II. (Przekaznik I 2000 pracuje z plusa otrzymywanego poprzez I<sub>6</sub> rozdzielacza). A1 swymi stykami al<sup>I</sup> poprzez 3<sup>III</sup> podtrzymuje się tak długo, aż I i III odpuszczają. Styki al<sup>II</sup> uniemożliwiają zadziałanie B, a al<sup>III</sup> zwierają RK 400 Ω dla wzmocnienia prądu dzwonięcia.

W chwili jednak gdy w pozycji szóstej rozdzielacza do abonenta wywołanego nie wychodzi dzwonięcie, RK nie przyciąga a w ślad za tem, nie może zadziałać i AL 1000 Ω.

Po odpuszczeniu I-go (III jeszcze chwilę trzyma jako przekaznik z opóźnionym działaniem) powolnego przerywacza powstaje: —, FK<sub>1-5</sub> 50 Ω, przycisk FT, styki powolnego przerywacza 3<sup>I</sup>, 3<sup>III</sup>, al<sup>II</sup>, II<sub>6</sub> rozdzielacza wybieraka liniowego, B<sub>2-1</sub> 500 Ω do +.

Aby z chwilą zejścia rozdzielacza ze styków szóstych B nadal trzymał powstaje: +, B<sub>1-2</sub> 500 Ω, styki własne b<sup>I</sup>, K, A1 24 V. I<sub>7</sub>, rozdzielacza, przycisk FT, poprzez FK 50 Ω do —. Aby obsługa centrali mogła stwierdzić uszkodzenie tego rodzaju, B swymi stykami b<sup>III</sup> przerywa + dla F w pozycji siódmej i mimo tego że abonent wywołujący powiesi słuchawkę, (C odpuści) wybierak liniowy nie zwolni.

FK działając swymi fk<sup>III</sup> poprzez żyłę or zapala pomarańczową lampę stojaka, a za pośrednictwem Or<sub>1-2</sub> 7 Ω (w pierwszej chwili Or<sub>1-5</sub> 507 Ω, w następnej jednak stykami or<sup>I</sup> zostaje zwarte uzwojenie 1-5 500Ω) i pomarańczową podsekcji.

Stykami fk<sup>I</sup> poprzez żyłę ew zostaje uruchomiony alarm dzwonka przerywanego (za pośrednictwem W 1-5 2000 Ω). Po stwierdzeniu numeru abonenta uszkodzonej linii, obsługa centrali przez naciśnięcie przycisku FT, zwalnia B 500 Ω. Wybierak liniowy znanym już sposobem powraca do pozycji spoczynku.

W pozycji piątej rozdzielacza (gdy abonent wywołujący otrzymuje w swej słuchawce zajętości) zapala się lampka A1 w obwodzie: —, oporowe G<sub>5-4</sub> 500 Ω, IV<sub>5</sub> rozdzielacza, styki K, A1 24 Volty, III<sub>5</sub> rozdzielacza, przycisk RT + maszyny dzwonięcia. Obsługa centrali ma możliwość kontroli połączenia, w wypadku gdy A1 pali nieproporcjonalnie długo.

Do wyposażenia stojaka należy jeszcze ponadto lampka oporowa prądu dzwonięcia. Gdy dzwonięcie wychodzi na uziemioną linię a, lampka oporowa pali, dając znać obsłudze centrali o zaistniałym uszkodzeniu. Służy ona jednocześnie jako zabezpieczenie prądu dzwonięcia. d. c. n.

Inż. WACŁAW ŻOCHOWSKI

## Pomiary linii telekomunikacyjnych

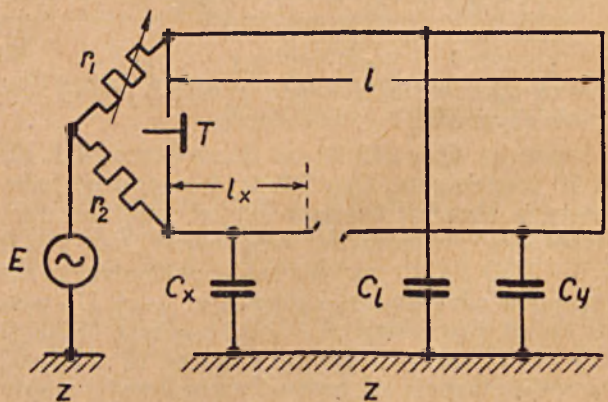
(d. c. do str. 115, W. T. Nr. 7—8—9/47)

### Wyznaczanie miejsca przerwy żyły.

Jak już wspomniano powyżej, przerwa żyły może być czystą przerwą (rys. 31d), gdy izolacja przerwanej żyły w odniesieniu do ziemi i pozostałych żył nie jest uszkodzona, lub przerwa ta może być połączona z uszkodzeniem izolacji (rys. 31e); przy czym uszkodzenie izolacji może mieć miejsce z jednej strony lub z obydwóch stron miejsca przerwy. Lokalizowanie miejsca przerwy polega na pomiarze pojemności żyły w układzie mostkowym. W wypadku kabli niepupinizowanych o długości nieprzekraczającej 5 km stosuje się jako prąd pomiarowy prąd zmienny, zaś przy wszystkich innych kablach — prąd stały.

Przy pomiarze prądem zmiennym łączymy przerwana żyłę na odległym końcu z sąsiednią dobrą żyłą, a następnie tworzymy układ mostkowy (rys. 50) przy użyciu oporów regulowanego

$r_1$  i stałego  $r_2$ , oraz źródła prądu zmiennego E (brzęczyka) i słuchawki T. Ramiona mostku



Rys. 50. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy prądem zmiennym.

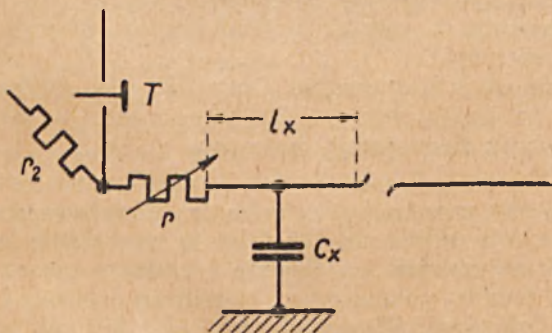
są utworzone z oporów  $r_1$  i  $r_2$  oraz pojemności  $C_x$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  żył w odniesieniu do ziemi.

Pomiar polega na takim wyregulowaniu oporu  $r_1$ , aby w słuchawce T nastąpiła zupełna cisza względnie nastąpiło minimum tonu. Odległość  $l_x$  miejsca przerwy, od punktu pomiarowego wyrazi się wówczas wzorem:

$$l_x = 2l \frac{r_1}{r_1 + r_2} \quad (68)$$

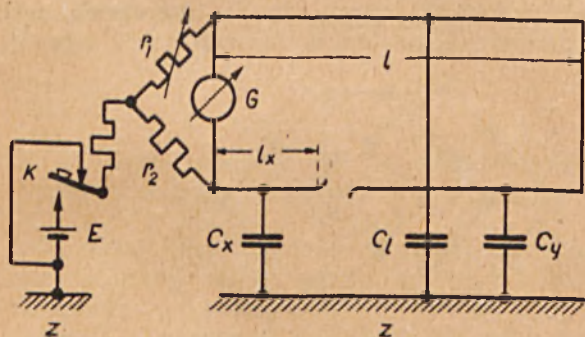
gdzie  $l$  jest długością dobrej żyły.

Jeżeli długość kabla jest większa od jednego kilometra, to w celu uzyskania dostatecznej równowagi mostku, można w szereg z odcinkiem  $l_x$  włączyć regulowany opór  $r$  w sposób, uwidoczniiony na rys. 51. W tym wypadku wzór (68) zachowuje nadal swoją moc. W wypadku kabli pupinizowanych, oraz kabli niepupinizowanych o długości przekraczającej 5 km, pomiar prądem zmiennym nie daje pewnych wyników, wskutek



Rys. 51. Włączenie dodatkowego, regulowanego oporu  $r$  dla poprawienia równowagi mostku.

czego kable te należy mierzyć prądem stałym przy użyciu galwanometru lusterkowego  $G$  (rys. 52) z bocznikiem dla regulacji czułości.



Rys. 52. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy prądem stałym.

Pomiar polega na takim wyregulowaniu oporu  $r_1$ , aby przy zamykaniu klucza  $K$  galwanometr  $G$  nie wychylał się, lub żeby to wychylenie było jak najmniejsze. Odległość  $l_x$  wyrazi się również wzorem (68).

Jako stały opór  $r_2$  przyjmuje się 1000  $\Omega$  jak również początkową wartość regulowanego oporu  $r_1$  nastawia się na 1000  $\Omega$ . Przy pomiarze opór

$r_1$  należy zmniejszać, skokami np. co 100  $\Omega$  tak, aby przy naciskaniu klucza  $K$  wychylenie galwanometru było coraz mniejsze, zwiększając przy tym czułość przez przestawianie bocznika galwanometru. Czynność tę powtarza się tak długo, aż przy największej czułości naciskanie klucza  $K$  nie będzie powodowało wychylenia galwanometru, względnie wychylenie (to będzie bardzo małe).

Przyjmując dla przykładu długość dobrej żyły  $l = 80,782$  km, oraz  $r_1 = 636,4$   $\Omega$  i  $r_2 = 1000$   $\Omega$ , otrzymujemy ze wzoru (68):

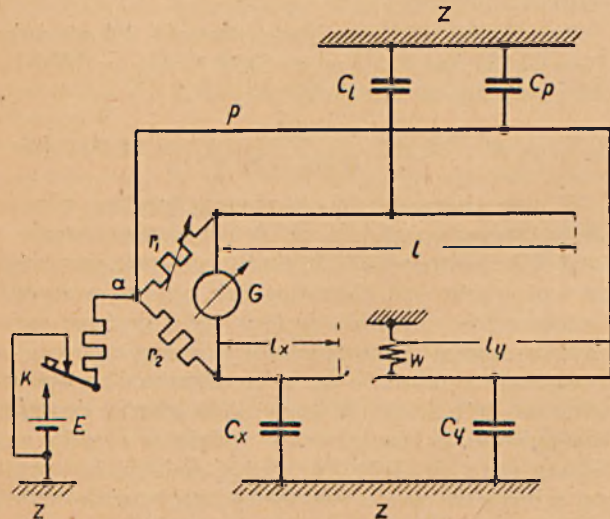
$$l_x = 2 \cdot 80,782 \frac{636,4}{1000 + 636,4} = 62,831 \text{ km}$$

W celu poprawienia równowagi mostku włącza się w szereg z odcinkiem  $l_x$  regulowany opór  $r$  (rys. 51) o wartości 1000  $\Omega$ . Sposób postępowania przy pomiarze jest taki sam, jak podano powyżej, a mianowicie naprzód reguluje się z grubsza opór  $r_1$  a następnie poprawia równowagę oporem  $r$  i reguluje dokładnie opór  $r_1$ . Czynność tę powtarza się tak długo, aż przy największej czułości wychylenie galwanometru będzie wynosiło zaledwie parę dziesiątek. Zaznaczyć należy, że pomimo włączenia oporu  $r$  wzór (68) zachowuje nadal swoją moc.

Przy lokalizowaniu przerwy w kablach pupinizowanych nie bierze się pod uwagę cewek pupinowskich, gdyż ich opór, indukcyjność i pojemność uzwojeń nie wpływają na pomiar. Również ich pojemność względem ziemi jest tak mała, że z pojemnością tą można się nie liczyć.

Jeżeli jeden odcinek przerwanej żyły posiada uszkodzoną izolację względem ziemi, to w tym wypadku układy pomiarowe z rys. 50 i 52 nie mogą być stosowane do lokalizowania miejsca przerwy, gdyż wówczas na prąd ładowania nakłada się prąd upływu. Jeżeli opór miejsca uszkodzenia izolacji jest mniejszy od 1 M $\Omega$ , to przy pomiarze prądem zmiennym ostrość minimum tonu jest mała, wskutek czego pomiar jest niedokładny. Przy pomiarze prądem stałym nawet w wypadku większego oporu miejsca uszkodzenia izolacji nie jest możliwe uzyskanie równowagi mostku, gdyż na wychylenie galwanometru wywołane prądem ładowania nakłada się o wiele większe wychylenie, wywołane prądem upływu. Z powyższego wynika, że odcinek przerwanej żyły, posiadający uszkodzoną izolację, musi być wyłączony z właściwego układu mostkowego. Osiąga się to za pomocą układu mostkowego, uszkodzonej żyły należy połączyć z wierzchołkiem uwidocznionego na rys. 53. W tym celu odcinek  $l_x$  a mostku za pośrednictwem dobrej pomocniczej żyły  $p$ , nie sąsiadującej z mierzonymi żyłami. Jak widać z rys. 53 po naciśnięciu klucza  $K$  pojemność  $C_x$  odcinka  $l_x$  oraz upływność  $W$  uszkodzonej izolacji tego odcinka zostają przyłączone równolegle do źródła prądu  $E$ , nie wywierając w ten sposób żadnego wpływu na równowagę

mostku. Pojemność  $C_p$  pomocniczej żyły p również przyłącza się równolegle do źródła E. Właściwy układ mostkowy jest więc utworzony tylko z oporów  $r_1$  i  $r_2$  oraz pojemności  $C_x$  odcinka  $l_x$  i pojemności  $C_l$  dobrej żyły l. Pomiar polega na takim wyregulowaniu oporu  $r_1$ , aby przy zamykaniu klucza K galwanometr G nie wychylał się, lub żeby to wychylenie było jak najmniejsze.



Rys. 53. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy w wypadku, gdy jeden odcinek przerwanej żyły posiada uszkodzoną izolację względem ziemi.

Odległość  $l_x$  miejsca przerwy od punktu pomiarowego wyrazi się wówczas wzorem:

$$l_x = l \frac{r_1}{r_2} \quad 69$$

W wypadku gdy izolacja względem ziemi obydwóch odcinków przerwanej żyły jest uszkodzona, należy stosować układ, uwidoczniiony na rys. 54a. W układzie tym punkt a mostku jest uziemiony, zaś prąd mierniczy doprowadza się do jed-

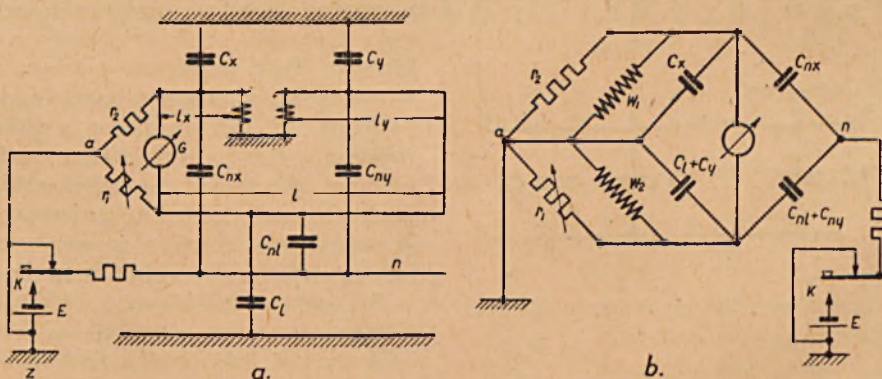
nością  $C_x$  tego odcinka, a następnie obydwójce zostają przyłączone równolegle do mierniczego oporu  $r_2$ . Również opór  $W_2$  miejsca uszkodzenia izolacji odcinka  $l_y$  łączy się równolegle z pojemnością  $C_y$  tego odcinka oraz z pojemnością  $C_l$  dobrej żyły mierniczej. Te ostatnie dwie pojemności sumują się, dając wypadkową pojemność  $C_l + C_y$ . Opór  $W_2$  i pojemność  $C_l + C_y$  zostają przyłączone równolegle do uregulowanego oporu  $r_1$ . Właściwy układ mostkowy, zaznaczony na rys. 54b grubszą linią, jest utworzony z oporów  $r_1$  i  $r_2$  oraz pojemności  $C_{nx}$  pomiędzy przewodami n i  $l_x$  jak również pojemności  $C_{nl} + C_{ny}$  stanowiącej wypadkową z równoległego połączenia pojemności  $C_{nl}$  pomiędzy przewodami n i l oraz pojemności  $C$  pomiędzy przewodami n i  $l_y$ .

Pojemności  $C_x$  i  $C_l + C_y$  nie wpływają na wynik pomiaru, gdyż wskutek proporcjonalności tych pojemności do pojemności  $C_{nx}$  i  $C_{nl} + C_{ny}$  przewodu n mostek pojemnościowy, utworzony z pojemności  $C_x, C_l + C_y, C_{nx}$  i  $C_{nl} + C_{ny}$  znajduje się w równowadze. Opory  $W_1$  i  $W_2$  wpływają na wynik pomiaru zależnie od tego, w jakim stopniu zmniejszają one opory  $r_1$  i  $r_2$ .

Pomiar polega na takim wyregulowaniu oporu  $r_1$ , aby przy zamykaniu klucza K galwanometr G nie wychylał się, lub żeby to wychylenie było jak najmniejsze. Odległość  $l_x$  miejsca przerwy od punktu pomiarowego wyrazi się wzorem (68).

Jeżeli opór  $W_1$  posiada wartość 1 MΩ, zaś opór  $W_2$  jest nieskończenie wielki, to opór  $r_2$  winien wynosić 1000 Ω, jeżeli zaś opory  $W_1$  i  $W_2$  są rzędu 0,1 MΩ to opór  $r_2$  winien wynosić 100 Ω.

Jeżeli bliźniacza żyła l, należąca do przerwanej żyły, jest uszkodzona bądź wskutek zwarcia z ziemią, bądź wskutek zatknięcia z innymi żyłami, bądź wskutek przerwy, to do utworzenia pętli pomiarowej może być użyta inna dobra żyła, na-



Rys. 54. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy, gdy obydwa odcinki przerwanej żyły posiadają uszkodzoną izolację względem ziemi.

nej lub dwóch żył sąsiedniej pary, oznaczonej na rysunku 54a literą n. Z uproszczonego schematu, przedstawionego na rys. 54b, widać, że w układzie tym opór  $W_1$  miejsca uszkodzenia izolacji odcinka  $l_x$  łączy się równolegle z pojem-

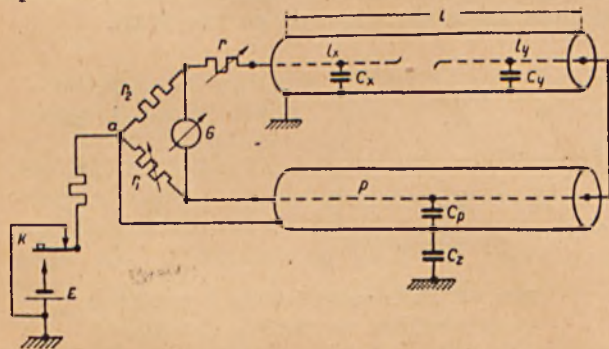
nością  $C_x$  tego odcinka, a następnie obydwójce zostają przyłączone równolegle do mierniczego oporu  $r_2$ . Również opór  $W_2$  miejsca uszkodzenia izolacji odcinka  $l_y$  łączy się równolegle z pojemnością  $C_y$  tego odcinka oraz z pojemnością  $C_l$  dobrej żyły mierniczej. Te ostatnie dwie pojemności sumują się, dając wypadkową pojemność  $C_l + C_y$ . Opór  $W_2$  i pojemność  $C_l + C_y$  zostają przyłączone równolegle do uregulowanego oporu  $r_1$ . Właściwy układ mostkowy, zaznaczony na rys. 54b grubszą linią, jest utworzony z oporów  $r_1$  i  $r_2$  oraz pojemności  $C_{nx}$  pomiędzy przewodami n i  $l_x$  jak również pojemności  $C_{nl} + C_{ny}$  stanowiącej wypadkową z równoległego połączenia pojemności  $C_{nl}$  pomiędzy przewodami n i l oraz pojemności  $C$  pomiędzy przewodami n i  $l_y$ .

W tym wypadku pomiar należy powtórzyć z drugiego końca, zaś długość kabla — podzielić w stosunku do otrzymanych dwóch wyników obliczenia. Jeżeli z pierwszego pomiaru wzór 68) daje wartość  $l'_x$ , zaś z drugiego — wartość  $l'_y$ , i jeżeli suma  $l'_x + l'_y$  jest mniejsza lub większa od całkowitej długości  $l$ , to dokładna odległość  $l_x$  miejsca przerwy od punktu pomiarowego wyniesie wówczas:

$$l_x = l \frac{l'_x}{l'_x + l'_y} \quad (70)$$

Powyżej opisane metody wyznaczania miejsca przerwy mogą być stosowane również do szerokopasmowych kabli koncentrycznych tak wypadku przerwy środkowej żyły, jak i w wypadku przerwy przewodu powrotnego, wykonanego jak wiadomo w postaci cylindrycznego płaszcza. W kablu koncentrycznym środkowa żyła posiada pewną pojemność względem przewodu powrotnego, jak również przewód powrotny posiada pewną pojemność względem ziemi lub względem sąsiednich obwodów telefonicznych.

W wypadku przerwy środkowej żyły, jeżeli mamy do rozporządzenia drugi kabel koncentryczny, można stosować układ pomiarowy, uwidoczniiony na rys. 55. Żyły środkowe obydwóch kabli tworzą pętlę mierniczą, zaś przewód powrotny uszkodzonego kabla jest uziemiony, jak również przewód powrotny pomocniczego kabla jest połączony z punktem a mostku.



Rys. 55. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy środkowej żyły kabla koncentrycznego.

Jak widać z rys. 55 właściwy mostek jest utworzony z oporów  $r_1$  i  $r_2$  oraz pojemności  $C_x$  i  $C_y$ . Pojemność  $C_p$  pomocniczej żyły  $p$  względem jej przewodu powrotnego jest nieczynna, gdyż przy naciśnięciu klucza  $K$  żyła  $p$  i jej przewód powrotny otrzymują ten sam wspólny potencjał, wskutek czego pojemność  $C_p$  nie ładuje się. Pojemność  $C_z$  powrotnego przewodu kabla pomocniczego względem ziemi nie wywiera żadnego wpływu na pomiar, gdyż przy naciśnięciu klucza  $K$  przyłącza się ona równolegle do źródła  $E$ . Regulowany opór  $r$  służy do uzyskiwania lepszej równowagi mostku, nie wywierając przy tym żadnego wpływu na wynik pomiaru. Pomiar polega na takim wyregulowaniu oporu  $r_1$ , aby przy zamykaniu

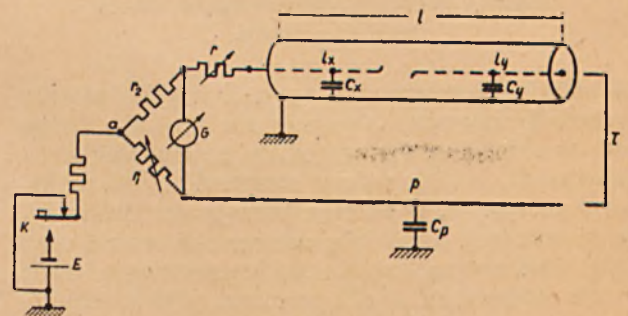
klucza  $K$  galwanometr  $G$  nie wychylał się, lub żeby to wychylenie było jak najmniejsze.

Odległość  $l_x$  miejsca przerwy od punktu pomiarowego wyrazi się wzorem:

$$l_x = l \frac{r_1}{r_1 + r_2} \quad (71)$$

Zamiast pomocniczego kabla koncentrycznego można użyć również ekranowaną żyłę telefoniczną, której ekran winien być dobrze izolowany od żyły i być jednolitym na całej swej długości. Ekran ten również łączy się z punktem a (rys. 55) mostku.

Jeżeli ma się do rozporządzenia tylko zwykłą żyłę telefoniczną, to wówczas stosuje się układ pomiarowy, u widoczny na rys. 56. W układzie tym



Rys. 56. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy żyły środkowej kabla koncentrycznego.

żyła pomocnicza  $p$  oraz środkowa żyła kabla koncentrycznego mogą być na odległym końcu łączone ze sobą lub rozłączane za pomocą łącznika  $\lambda$ . Naprzód uzyskuje się równowagę mostku przy usuniętym łączniku  $\lambda$  i notuje wartość  $r_1$  regulowanego oporu, a następnie zwiera się obydwie końce żył łącznikiem  $\lambda$  i uzyskuje ponownie równowagę mostku, notując inną wartość  $r_1'$  regulowanego oporu. Odległość  $l_x$  miejsca przerwy od punktu pomiarowego oblicza się wówczas ze wzoru:

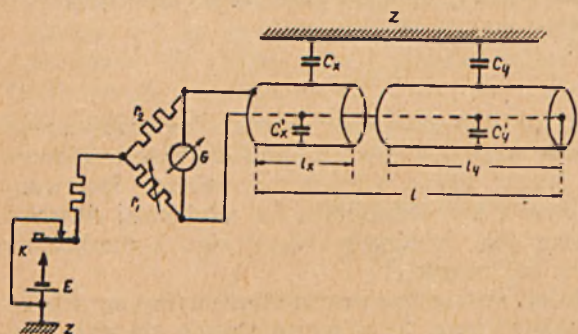
$$l_x = l \frac{1}{1 + \frac{r_2 (r_1 - r_1')}{r_1 r_1'}} \quad (72)$$

Jeżeli np.  $l = 17,3 \text{ km}$ ,  $r_2 = 1000 \ \Omega$ ,  $r_1 = 277,8 \ \Omega$ ,  $r_1' = 192,3 \ \Omega$  to ze wzoru 72) otrzymujemy:

$$l_x = 17,3 \frac{1}{1 + \frac{1000 (277,8 - 192,3)}{277,8 \cdot 192,3}} = 6,654 \text{ km.}$$

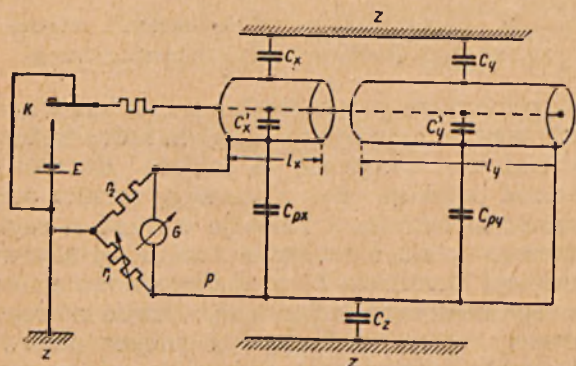
W wypadku przerwy przewodu powrotnego, można stosować układ pomiarowy, uwidoczniiony na rys. 57. W układzie tym żyła środkowa i przewód powrotny kabla koncentrycznego są zwarte ze sobą na odległym końcu. Właściwy układ mostkowy jest utworzony z oporów  $r_1$  i  $r_2$  oraz pojemności zewnętrznych  $C_x$  i  $C_y$  względem ziemi. Pojemności  $C'_x$  i  $C'_y$  nie wpływają na pomiar, gdyż pojemność  $C'_x$  jest połączona równolegle do galwanometru  $G$ , zaś pojemność  $C'_y$  pozostaje zwarta.

Odległość  $l_x$  miejsca przerwy od punktu pomiarowego wyrazi się wzorem 71).



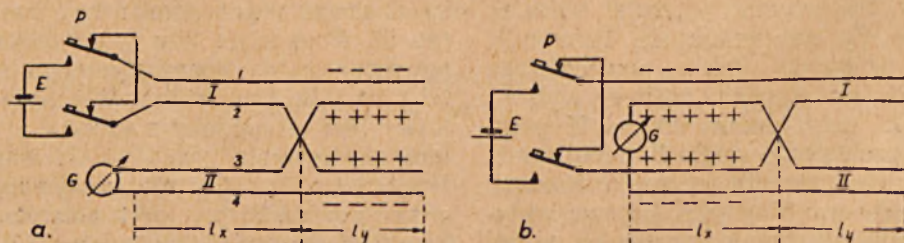
Rys. 57. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy przewodu powrotnego w kablu koncentrycznym.

W układzie pomiarowym z rys. 57 w skład mostku wchodziły zewnętrzne pojemności  $C_x$  i  $C_y$ . Chcąc aby w skład mostku wchodziły pojemności wewnętrzne  $C'_x$  i  $C'_y$  należy stosować układ, wskazany na rys. 58, w którym literą p oznaczono żyłę pomocniczą. Jako żyłę pomocniczą można użyć żyłę telefoniczną kabla szerokopasmowego. Żyłą ta nie wpływa na wynik pomiaru, gdyż nie sprze-



Rys. 58. Układ mostkowy do wyznaczania miejsca przerwy przewodu powrotnego w kablu koncentrycznym.

ga się ona ze środkową żyłą kabla koncentrycznego. Pojemności zewnętrzne  $C_x$  i  $C_y$  nie wpływają na pomiar, gdyż pojemność  $C_x$  łączy się równoległe z oporem  $r_2$ , zaś pojemność  $C_y$  łączy się równoległe z pojemnością  $C_z$  przewodu pomocniczego p względem ziemi, a następnie obie



Rys. 60. Lokalizacja miejsca pojedynczej zamiany żył.

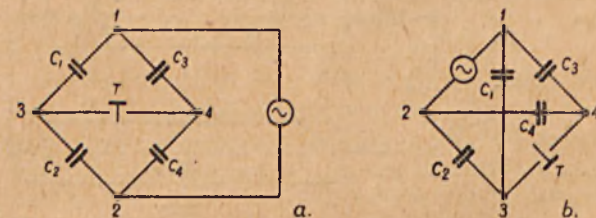
one łączą się równoległe z oporem  $r_1$ . Utworzony w ten sposób mostek pojemnościowy  $C_x, C'_x, C_y + C_z$  i  $C'_y$  podobnie jak na rys. 54b, znajduje się w równowadze. Pojemności  $C_{px}$  i  $C_{py}$  zawarte pomiędzy przewodem powrotnym kabla koncentrycznego a żyłą pomocniczą, również nie wpływają na pomiar, gdyż pojemność  $C_{px}$  przyłącza się równoległe do galwanometru G, zaś pojemność  $C_{py}$  pozostaje zwarta. Właściwy układ mostkowy jest więc utworzony z oporów  $r_1$  i  $r_2$  oraz pojemności  $C'_x$  i  $C'_y$ .

Odległość  $l_x$  miejsca przerwy od punktu pomiarowego wyrazi się również wzorem 71).

Zaznaczyć należy że ten drugi sposób pomiaru jest dokładniejszy od poprzednio opisanego, gdyż pojemności wewnętrzne  $C'_x$  i  $C'_y$  rozkładają się bardziej równomiernie wzdłuż kabla, niż pojemności zewnętrzne  $C_x$  i  $C_y$ .

### WYZNACZANIE MIEJSCA ZAMIANY ŻYŁ (Skrzyżowania żył).

Podczas montażu kabla wielożyłowego niekiedy może być popełniony błąd, polegający na zamianie pomiędzy sobą żył kablowych, wskutek czego w tym odcinku, w którym ta zamiana nastąpiła, powstają pomiędzy zamienionymi żyłami sprzężenia pojemnościowe, wywołujące przesłuch. Przesłuch ten ma miejsce również i wówczas, gdy zamienione żyły będą w którymkolwiek miejscu kabla skrzyżowane po raz drugi.



Rys. 59. Pojemności boczne i sprzężenia pojemnościowe w czwórce gwiazdowej.

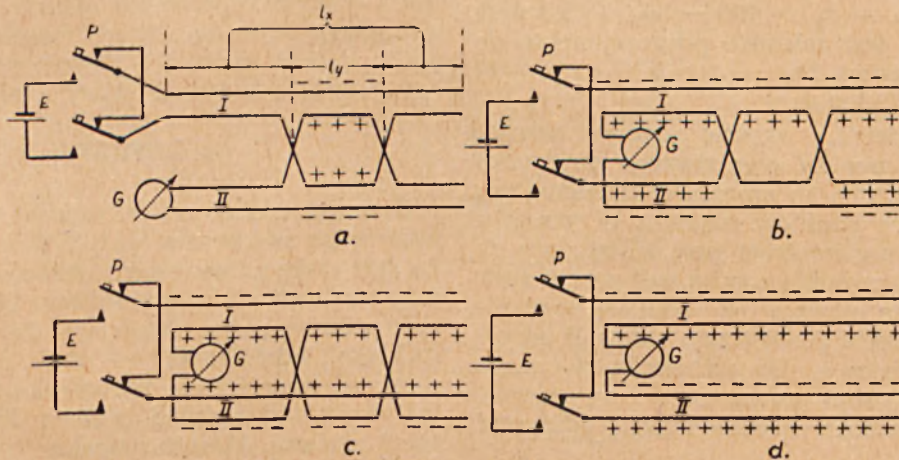
W czwórce gwiazdowej wykonanej prawidłowo pozycja par 1—2 i 3—4 jest taka, jak uwidoczniło na rys. 59a. Boczne pojemności  $C_1, C_2, C_3$  i  $C_4$ , występujące pomiędzy tymi dwoma parami, są sobie równe i tworzą cztery ramiona mostka Wheatstone'a. Zmienne napięcie, przyłożone np.

do pary 1—2, nie wywołuje pomiędzy żyłami pary 3—4 żadnego napięcia t.j. w słuchawce T nie słycać żadnego tonu. Jeżeli jednak np. żyły 2 i 3 zostaną zamienione pomiędzy sobą, to jak widać z rys. 59b pary 1—2 i 3—4 zostają sprzęgnięte ze sobą za pośrednictwem kompleksu pojemności  $C_1, C_2, C_3$  i  $C_4$ . Rozmowa na parze 1—2 będzie więc słyszana w słuchawce T, przyłączonej do pary 3—4.

Zamiana żył w kablu wieloparowym powoduje również powstawanie sprzężenia, które co do wartości jest znacznie większe, gdyż w tym wypadku sprzężone żyły znajdują się znacznie bliżej siebie.

4 — ujemnie. Ładowanie pary II powoduje wychylenie balistyczne  $\alpha_{II}$  galwanometru, które jest proporcjonalne do długości  $l_{II}$ . Po puszczeniu klucza ładunki pary I zobojętniają się, wskutek czego następuje również zobojętnianie się ładunków pary II, wywołujące wychylenie balistyczne galwanometru, równe co do wielkości i odwrotne co do znaku. Odcinek o długości  $l_x$  nie gra żadnej roli, gdyż na tej długości pomiędzy parami I i II nie ma żadnych sprzężeń.

Obecnie przyłącza się żyły 1 i 3 (rys. 60b) do klucza P, zaś żyły 2 i 4 do galwanometru G. Naciśnięcie klucza powoduje wychylenie balistyczne  $\alpha$  galwanometru, które jest proporcjonalne



Rys. 61. Lokalizacja podwójnej zamiany żył.

Podobnie jak napięcie zmienne zachowują się również impulsy prądu stałego, które również za pośrednictwem sprzężenia przenoszą się z jednej pary na drugą. Według Grafa to ostatnie zjawisko może być wykorzystane do lokalizowania miejsca zamiany żył. Ponieważ wspomniane sprzężenie jest pojemnościowe, to miarę tego sprzężenia stanowi wychylenie balistyczne galwanometru lusterkowego.

Sposób postępowania przy pomiarze jest zależny od tego, czy mamy do czynienia z zamianą pojedynczą, czy też z zamianą podwójną. Zamianę pojedynczą poznajemy po niezgodności rozmieszczenia żył na obydwóch końcach kabla, natomiast zamianę podwójną poznaje się po mniej lub więcej silnym przesłuchu.

Sposób lokalizowania miejsca pojedynczej zamiany żył uwidoczniła rys. 60. Na rys. 60a parę I przyłącza się do podwójnego klucza P, którego styki robocze są połączone z baterią mierniczą E, zaś parę II przyłącza się do galwanometru G z bocznikiem. Na odległym końcu obydwie pary są otwarte. Przy naciśnięciu klucza P żyły 1 i 2 pary I ładują się, a mianowicie żyła 1 ładuje się np. ujemnie, zaś żyła 2 — dodatnio. Na długości  $l_{II}$  żyły 3 i 4 pary II również ładują się przez wpływ, a mianowicie żyła 3 — dodatnio, zaś żyła

do długości  $l_x$ . Jeżeli całkowita długość kabla wynosi  $l$ , to odległość  $l_x$  miejsca pojedynczej zamiany żył od punktu pomiarowego wyraża się wzorem:

$$l_x = l \frac{\alpha_x}{\alpha_x + \alpha_{II}} \quad (73)$$

Sposób postępowania przy lokalizowaniu podwójnej zamiany żył uwidoczniła rys. 61. Naprzód wykonuje się pomiar według rys. 61a, z którego otrzymujemy się wychylenie  $\alpha_{II}$  proporcjonalne do odległości  $l_{II}$  punktów zamiany. W celu otrzymania wychylenia  $\alpha_x$  proporcjonalnego do sumy  $l_x$  skrajnych odcinków, należy wykonać pomiar według rys. 61b. Ponieważ jednak niewiadomo które z czterech żył są zamienione pomiędzy sobą, to niewiadomo czy mamy do czynienia z układem 61b, czy 61c. Z rozpatrzenia podanych znaków ładunków wynika, że wychylenie galwanometru w układzie 61b jest proporcjonalne do różnicy  $l - l_{II} = l_x$  zaś w układzie 61c — do różnicy  $2l_{II} - l = l_{II} - l_x$ , gdzie  $l$  jest całkowitą długością kabla. Wskutek tego lepiej jest zrezygnować z układów 61b i 61c i zmierzyć wychylenie balistyczne  $\alpha_1$  w wypadku dwóch par tego samego rodzaju, posiadających gładki (nieskrzyżowa-

ny) przebieg, jak uwidoczniło na rys. 61d. Mając zmierzone wychylenie  $\alpha_y$  i  $\alpha_1$ , można obliczyć odległość  $l_y$  pomiędzy punktami zamiany ze wzoru:

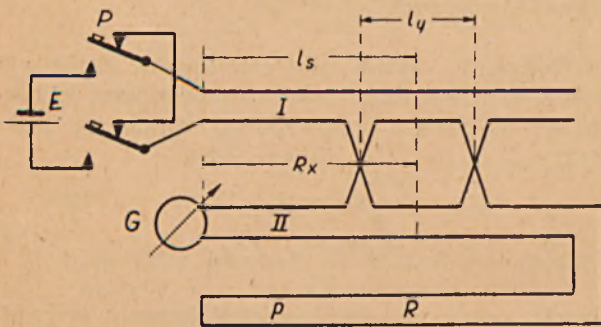
$$l_y = l \frac{\alpha_y}{\alpha_1} \quad (74)$$

W celu kontroli można wykonać pomiary według rys. 61b i 61c. Wychylenie  $\alpha_x$ , otrzymane z pomiaru 61b, winno równać się różnicy  $\alpha_1 - \alpha_y$ , zaś wychylenie  $\alpha'_x$ , otrzymane z pomiaru 61c, winno równać się  $2\alpha_y - \alpha_1$

Jeżeli np.

$\alpha_y = 85$ ,  $\alpha_1 = 150$ ,  $\alpha_x = 20$ ,  $\alpha'_x = 65$ , to wówczas jest  $\alpha_1 - \alpha_y = 150 - 85 = 65$ ; zatem wychylenie  $\alpha_x$  jest właśnie proporcjonalne do długości  $l_x$ . Różnica  $2\alpha_y - \alpha_1 = 170 - 150 = 20$  równa się wychyleniu  $\alpha_x$ .

Prócz odległości  $l_y$  można jeszcze określić odległość  $l_s$  od punktu pomiarowego do środka odcinka  $l_y$  (rys. 62), co umożliwi ustalenie położenia obydwóch punktów zamiany. W tym celu połączoną z galwanometrem parę II łączymy na odległym końcu z gładką pomocniczą parą p (rys. 62), zwierając tę ostatnią w punkcie pomiarowym. Po naciśnięciu podwójnego klucza P odczytuje się wychylenie  $\alpha_1$ . Po puszczeniu klucza zamienia się miejscami galwanometr i zwarcie, a następnie powtórnie naciska klucze i odczytuje



Rys. 62. Określanie oporu  $R_x$  względnie długości  $l_s$ .

wychylenie  $\alpha_2$ . Oznaczając opór części pary II pomiędzy punktem pomiarowym a środkiem odcinka  $l_y$  przez  $R_x$ , zaś znany opór pomocniczej pętli p przez  $R$ , obliczamy opór  $R_x$  ze wzoru:

$$R_x = 2R \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (75)$$

Przyjmując, że na rys. 62 wszystkie obwody są wykonane z drutu o tej samej grubości, można we wzorze (75) opory zastąpić długościami. Otrzymamy wówczas:

$$l_s = 2l \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (76)$$

Znaczyć należy, że wychylenie  $\alpha_2$  jest zawsze mniejsze od wychylenia  $\alpha_1$ .

Odległości obydwóch krzyżowań od punktu pomiarowego wynoszą  $l_s - \frac{l_y}{2}$  i  $l_s + \frac{l_y}{2}$ .

W wypadku gdy żyły są wykonane z drutów o różnych grubościach, należy ze wzoru (75) odliczyć opór  $R_x$  i podzielić go przez opór jednostki długości.

#### UNIwersALNE UKŁADY POMIAROWE dla prądu stałego

W technice kablowej do pomiarów wielożyłowych kabli telefonicznych stosuje się uniwersalne układy miernicze, które umożliwiają pomiar oporu izolacji, oporu żył, pojemności, jak również lokalizację uszkodzenia izolacji i miejsca przerwy.

##### a. BUDOWA.

Schemat takiego uniwersalnego przyrządu pomiarowego uwidoczniło rys. 63. Wskaźnikiem prądu jest czuły galwanometr wskazówkowy G, którego ruchoma cewka posiada opór 26  $\Omega$ . Całkowity opór galwanometru, składający się z oporu cewki ruchomej, bocznika  $R_0 = 50 \Omega$  i dodatkowego oporu  $r_1$ , wynosi 25  $\Omega$ . Wskazówka galwanometru jest umieszczona ponad tarczą z dwoma podwójnymi skalami, których wspólny punkt zerowy znajduje się pośrodku. Górna skala jest czarna i posiada z prawej i lewej strony punktu zerowego po 120 podziałek. Poniżej znajduje się czerwona skala o takiej samej długości, posiadająca po 30 podziałek z obu stron punktu zerowego i służąca do pomiaru natężeń prądów. Obok skal jest umieszczony łuk lusterkowy. Przy odczytywaniu skali należy tak umieścić oko, aby ostrze wskazówki i jego obraz w lusterku pokrywały się.

Wychylenie wskazówki jest proporcjonalne do natężenia prądu w ruchomej cewce galwanometru.

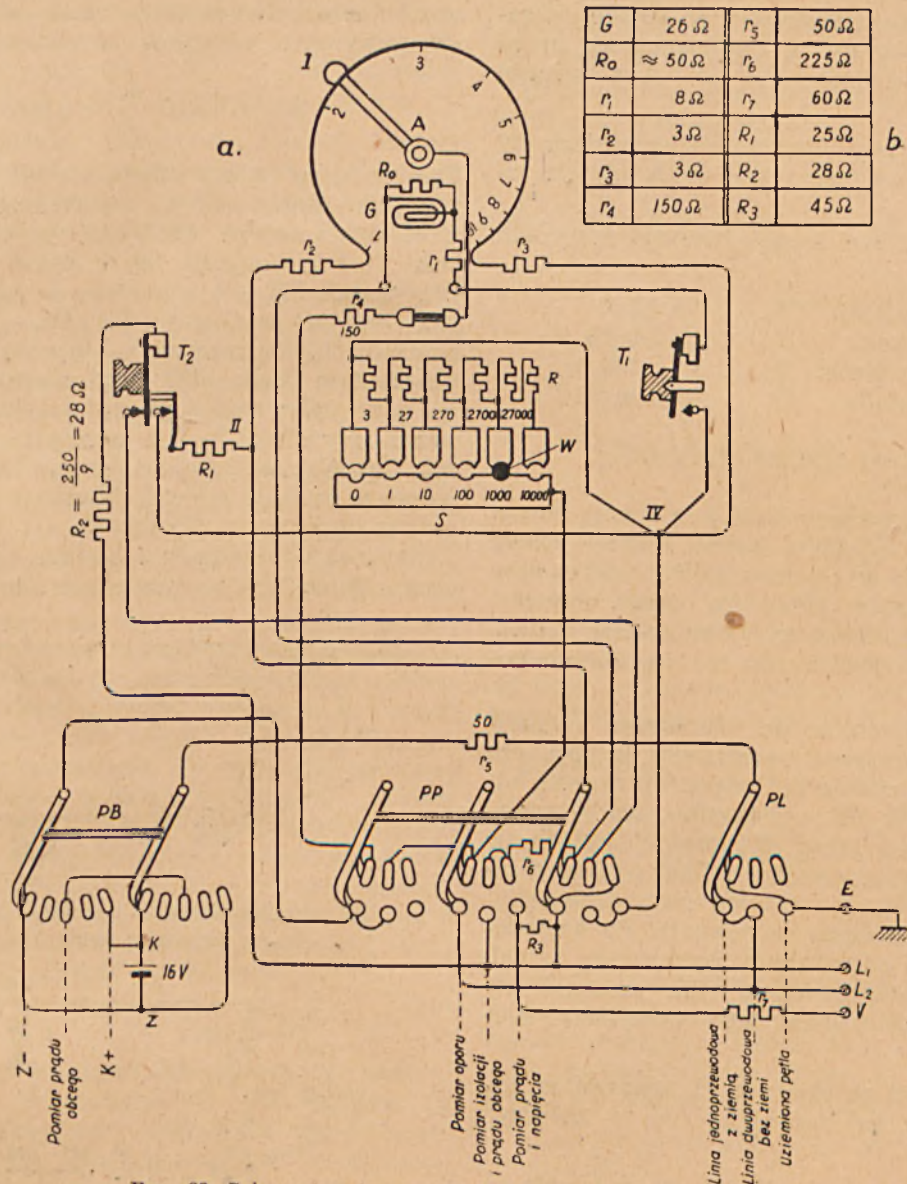
Przyciski i przełączniki są umieszczone na płycie z twardej gumy. Naciśnięcie prawego przycisku  $T_1$  (rys. 63) powoduje włączenie galwanometru w obwód, przy czym przez jeden z dwóch oporów bocznikowych  $R_1$  lub  $R_2$  przepływa większa część prądu. Naciśnięcie lewego przycisku  $T_2$  powoduje wyłączenie oporu bocznikowego  $R_1$  lub  $R_2$ , wskutek czego przez galwanometr przepływa wówczas cały prąd. Prawy przycisk przez przechylenie główki może być utrzymany w stanie włączonym.

Mostek pomiarowy z wykalibrowanym drutem ślizgowym a — I — b oraz opornik R są używane przy pomiarach oporu. Na rys. 63 przez PB oznaczono przełącznik bateryjny, przez PP — przełącznik pomiarowy, zaś przez PL — przełącznik liniowy. Wszystkie te przełączniki posia-

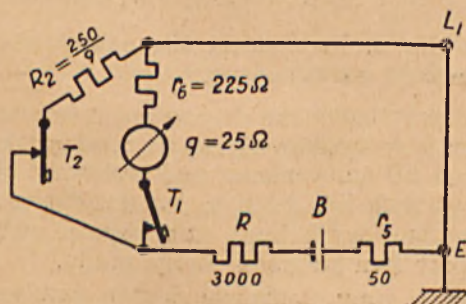


dają mocne sprężyny miedziane, zabezpieczające przed dużymi oporami stykowymi. Styki przełączników należy co pewien czas czyścić i lekko zwilżać naftą.

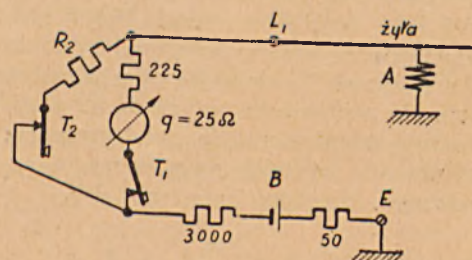
Pomiędzy zaciski K i Z włącza się nieziemioną baterię o napięciu 16V, składającą się z dobrze izolowanych suchych elementów, lub małych akumulatorów. Zacisk E łączy się z ziemią.



Rys. 63. Schemat uniwersalnego przyrządu pomiarowego.



Rys. 64. Cechowanie przyrządu.



Rys. 65. Pomiar oporu izolacji żyłowej.

W stanie nieczynnym przyrządu przełączniki PB i PP winny zajmować pozycje środkowe, zaś przełącznik PL może stać w pozycji dowolnej. Wtyczkę W (rys. 63) przełącznika oporowego S wkłada się w gniazdo, oznaczone liczbą 1000, wskutek czego jest włączony opór 3000 Ω. Przycisk T<sub>1</sub> winien być otwarty, aby w ten sposób galwanometr był wyłączony i zabezpieczony przed przypadkowym uszkodzeniem od zbyt silnego prądu.

Przed każdym pomiarem należy sprawdzić, czy wskazówka galwanometru stoi dokładnie na zerze.

Zakresy pomiarowe rozpatrywanego przyrządu są następujące:

Dla pomiaru izolacji	0 . . . . . 6 M Ω
„ „ oporu	1 . . . . . 100000 Ω
„ „ napięcia	0 . . . . . 144 V
„ „ prądu	0 . . . . . 300 mA

**b. POMIAR OPORU IZOLACJI.**

Podczas pomiaru oporu izolacji mierzony obwód jest otwarty na odległym końcu. Pomiar polega na porównywaniu wychylenia galwanometru, spowodowanego prądem płynącym przez mierzoną izolację, z wychyleniem przy zamknięciu galwanometru oporem 3000 Ω. Jest to więc metoda porównawcza.

Przed przystąpieniem do właściwego pomiaru izolacji należy przyrząd wycechować, w tym celu przełącznik PB ustawia się w pozycji prawej lub lewej, przełącznik PP — pośrodku, zaś przełącznik PL w pozycji lewej. Wtyczkę W wkłada się do gniazda, oznaczonego liczbą 1000, i łączy zacisk L<sub>1</sub>. Na rys. 64 uwidoczono uproszczony schemat przyrządu podczas cechowania. Po naciśnięciu przycisku T<sub>1</sub> odczytujemy wychylenie α<sub>n</sub> galwanometru, wynoszące około 100 czarnych podziałek. Dokładną wartość tego wychylenia należy zanotować.

Można również przełącznik PL ustawić w pozycji środkowej, zaś zaciski L<sub>1</sub> i L<sub>2</sub> — połączyć ze sobą.

Po wykonaniu cechowania odłącza się ziemię od zacisku L<sub>1</sub> i przyłącza do niego pojedynczą żyłę, której opór izolacji względem ziemi ma być zmierzony. Na rys. 65 uwidoczono uproszczony schemat przyrządu podczas pomiaru oporu izolacji pojedynczej żyły względem ziemi. Przed naciśnięciem przycisku T<sub>1</sub> prąd z baterii uziemionej płynie przez przycisk T<sub>2</sub>, opór R<sub>2</sub> i przez upływność A izolacji. Po naciśnięciu przycisku T<sub>1</sub> część tego prądu zostaje odgałęziona do galwanometru, którego wskazówka wychyla się wówczas o α<sub>i</sub> czarnych podziałek. Mierzony opór izolacji R<sub>i</sub>

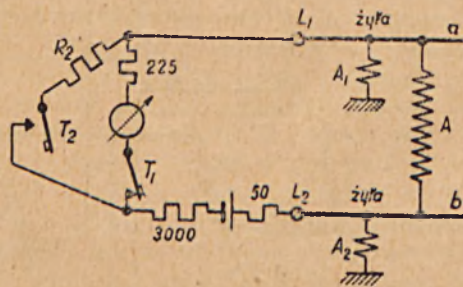
$$R_i = 3100 \left( \frac{\alpha_n}{\alpha_i} - 1 \right) \quad 77)$$

Jeżeli wychylenie α<sub>i</sub> wynosi mniej niż 12 podziałek, to można również nacisnąć przycisk T<sub>2</sub> i wyłączyć w ten sposób bocznikowy opór R<sub>2</sub>, nie powodując wychylenia galwanometra poza granicę skali. W tym wypadku czułość galwanometru jest największa. Oznaczając zwiększone wychylenie galwanometru przez α'<sub>i</sub> obliczamy mierzony opór izolacji R<sub>i</sub> ze wzoru:

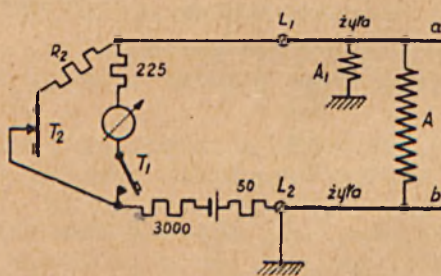
$$R_i = 3100 \frac{\alpha_n}{\alpha'_i} - 3325 \quad 78)$$

Pomiar oporu izolacji obydwóch żył pary a — b względem siebie odbywa się według schematu, wskazanego na rys. 66, w którym obydwie przyciski T<sub>1</sub> i T<sub>2</sub> znajdują się w stanie naciśniętym. Przełącznik PB jest ustawiony w pozycji prawej lub lewej, zaś przełączniki PP i PL — w pozycjach środkowych. Wtyczka W znajduje się w gnieździe, oznaczonym liczbą 1000. Prąd mierniczy przepływa przez upływność A pomiędzy żyłami a i b oraz przez upływności A<sub>1</sub> i A<sub>2</sub> pomiędzy żyłami i ziemią. Sposób postępowania jest taki sam, jak przy pomiarze izolacji żyłowej. Mierzony opór izolacji oblicza się ze wzoru 77) lub 78).

Rysunek 67 uwidocznia schemat przy pomiarze oporu izolacji żyły a względem ziemi, przy uzie-



Rys. 66. Pomiar oporu izolacji pary żył względem siebie.



Rys. 67. Pomiar oporu izolacji żyły a względem ziemi.

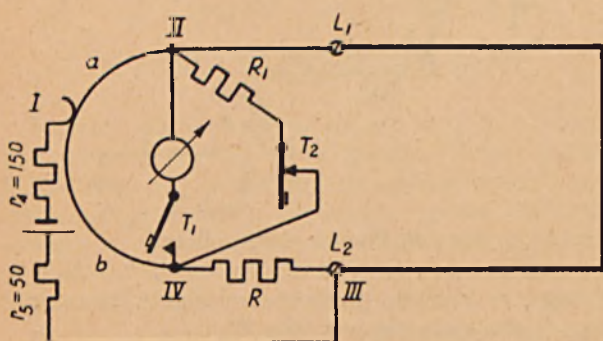
inionej żyły b. Przełącznik PL należy wówczas przestawić do pozycji lewej.

Przed przystąpieniem do pomiaru należy sprawdzić, czy przy środkowej pozycji przełącznika baterijnego PB galwanometr pod wpływem obcego prądu wychyla się. Jeżeli to ma miejsce, to należy odczytane wychylenia skorygować, uwzględniając przy tym kierunek obcego prądu.

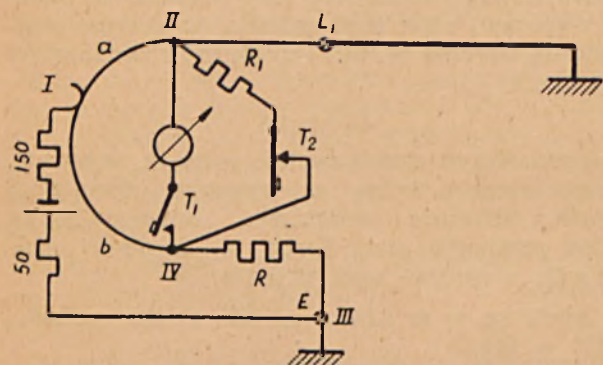
Jeżeli np. przy środkowej pozycji przełącznika PB galwanometr wskazuje wychylenie wywoła-



liczbą  $s$ . Jeżeli np. liczba  $s$  jest zawarta pomiędzy 10 i 100, to wtyczkę wkłada się w gniazdo, oznaczone liczbą 10. Następnie przestawia się przełącznik PB do pozycji środkowej i naciska przycisk  $T_1$ . Jeżeli wskazówka galwanometru pozostaje na zerze, t.j. w przewodzie nie płynie żaden obcy prąd, to przestawiamy przełącznik PB do pozycji prawej lub lewej i przesuwamy tak długi rolkę stykową I (rys. 63), aż wskazówka galwanometru stanie na zerze. Po uzyskaniu wskazania zerowego pozostawiamy przycisk  $T_1$  w stanie włączonym, naciskamy przycisk  $T_2$  i poprawiamy równowagę mostku. Obecnie odczytuje się liczbę  $p$ , wskazywaną przez ostrze wskazówki, umieszczonej na rolce stykowej, i stosownie do wzoru 81) mnoży tę liczbę przez czynnik  $s$ , wypisany obok gniazda z włożoną weń wtyczką, otrzymując w ten sposób opór przewodu dwużyłowego lub jednożyłowego.



Rys. 69. Pomiar oporu przewodu dwużyłowego (pętli).



Rys. 70. Pomiar oporu przewodu jednożyłowego.

Przy pomiarze oporu przewodu dwużyłowego przełącznik PL znajduje się w pozycji środkowej, zaś przy pomiarze oporu przewodu jednożyłowego — w pozycji lewej. Przełącznik PP w obu wypadkach znajduje się w pozycji lewej.

Jeżeli mierzony opór jest nieznan, to wtyczkę wkładamy naprzód do gniazda, oznaczonego liczbą 1000 i staramy się uzyskać równowagę mostku. Jeżeli to się nie udaje, to przesuwamy rolkę stykową od liczby 1 w kierunku na prawo. Jeżeli podczas tego przesuwania rolki wskazówka gal-

wanometru zbliża się do zera, to wtyczkę przenosimy do gniazda, oznaczonego liczbą 10000; jeżeli zaś wskazówka oddala się do zera, to wtyczkę przenosimy do gniazda, oznaczonego liczbą 100, 10 lub 1 i uzyskujemy równowagę mostku.

Jeżeli przy wyłączonym źródle prądu (przełącznik PB pośrodku) pod wpływem obcego prądu wskazówka galwanometru wychyla się, to przy uzyskiwaniu równowagi mostku nie doprowadzamy wskazówki galwanometru do zera, lecz do tzw. fałszywego punktu zerowego. W tym celu pozostawiamy galwanometr stale włączony i przestawiamy przełącznik PB naprzemian z jednej skrajnej pozycji do drugiej, przesuwając przy tym rolkę stykową tak długo, aż wskazówka galwanometru w obydwóch skrajnych pozycjach przełącznika PB będzie wskazywać tę samą podziałkę skali, stanowiącą właśnie fałszywy punkt zerowy. Wartość mierzonych oporów oblicza się również ze wzoru 81).

Wskutek pojemności przewodu wskazówka galwanometru podczas przestawiania przełącznika PB z jednej skrajnej pozycji do drugiej doznaje rzutów. Jednak nie zwracamy na to uwagi i staramy się uzyskać to samo wychylenie w obydwóch pozycjach przełącznika PB.

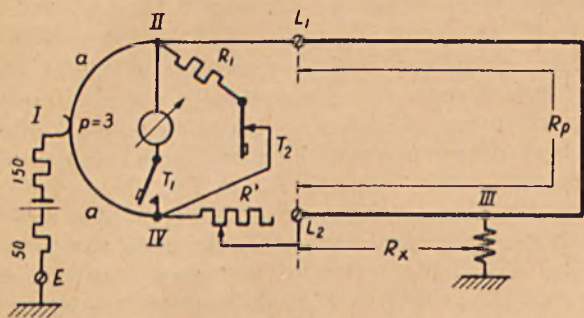
Pomiar oporu przewodu jednożyłowego (rys. 70) wykonywany jest przy dwóch kierunkach prądu. Z pomiaru otrzymujemy opór przewodu wraz z oporami obydwóch uziemień.

#### d) OKREŚLANIE MIEJSCA USZKODZENIA IZOLACJI (uziemnienia)

W celu określenia miejsca uszkodzenia izolacji, przyłącza się uziemioną żyłę do zacisku  $L_2$  (rys. 63), zaś nieuszkodzoną żyłę — do zacisku  $L_1$ . W wypadku przewodu dwużyłowego zaleca się jako nieuszkodzoną żyłę używać drugą żyłę tego przewodu. Obydwie żyły zwieramy ze sobą na odległym końcu i mierzymy opór  $R_p$  pętli w sposób powyżej podany. Zaznaczyć należy, że o ile nie ma drugiego uziemienia, to uziemienie jednej żyły nie wpływa na wynik pomiaru oporu pętli.

Schemat przy określaniu miejsca uziemienia uwidocznił rys. 71. Przełącznik PB znajduje się w pozycji prawej lub lewej, przełącznik PP — w pozycji lewej, zaś przełącznik PL — w pozycji prawej. Wtyczka jest włożona w którekolwiek gniazdo przełącznika oporowego. Źródło prądu jest uziemione jednym biegunem, zaś miejsce uziemienia stanowi wówczas wierzchołek III mostku. Gałąź II — III mostku składa się z nieuziemionej żyły i części żyły uziemionej, zawartej pomiędzy odległym końcem a miejscem uziemienia. Jeżeli  $R_x$  oznacza opór części uszkodzonej żyły, zawartej pomiędzy punktem pomiarowym a miejscem uziemienia, to opór gałęzi II — III wy-

nosi  $R_p - R_x$ . Opór  $R_x$  wraz z oporem porównawczym  $R$  stanowi ramię III — IV mostku.



Rys. 71. Określanie miejsca uziemienia.

Naprzód ustawiamy przełącznik PB w pozycji środkowej i naciskamy przycisk  $T_1$ . Jeżeli wskazówka galwanometru pod wpływem obcego prądu nie wychyla się, to przestawiamy przełącznik PB do jednej ze skrajnych pozycji i uzyskujemy równowagę mostku przez przesuwanie rolki stykowej. Wtyczka W winna przy tym znajdować się w takim gnieździe oporowego S, aby przez przesuwanie rolki stykowej wychylenie wskazówki galwanometru można było sprowadzić do zera. Osiąga się to drogą prób, mierząc przy kilku pozycjach wtyczki W. Jeżeli w wypadku równowagi mostku wskazówka na rolce stykowej wskazuje na skali liczbę  $p$ , zaś liczba wypisana obok gniazda z włożoną wtyczką wynosi  $s$ , to mierzony opór  $R_x$  oblicza się ze wzoru:

$$R_x = R_p - ps) \frac{3}{3 + p} \quad (82)$$

Jeżeli przy wyłączonym źródle prądu (przełącznik PB pośrodku) pod wpływem obcego prądu wskazówka galwanometru wychyla się, to naprzód uzyskujemy równowagę mostku przy pomocy tego obcego prądu, przesuwając rolkę stykową tak długo, aż wskazówka galwanometru zostanie sprowadzona do zera. Następnie przestawiamy przełącznik PB do jednej ze skrajnych pozycji. Jeżeli wskazówka galwanometru pozostaje na zerze, to pomiar został wykonany dobrze; bowiem źródło obcego prądu znajduje się w miejscu uziemienia pętli i działa ono jak bateria. Jeżeli po włączeniu baterii za pomocą przełącznika PB wskazówka galwanometru schodzi z podziałki zerowej, to należy domyślać się jeszcze innych uszkodzeń. Nie należy wówczas liczyć na dobry wynik pomiaru.

Jeżeli w przewodzie dwużyłowym obydwie żyły na całej swej długości posiadają ten sam przekrój i są wykonane z tego samego materiału, to odległość  $l_x$  miejsca uszkodzenia od punktu pomiarowego wyrazi się wówczas wzorem:

$$l_x = 2l \frac{R_x}{R_p} \quad (83)$$

gdzie  $l$  oznacza długość mierzonego odcinka.

Dla przykładu przyjmijmy, że odcinek kablowego przewodu dwużyłowego posiada długość 5420 m. Z pomiaru oporu pętli według schematu z rys. 69 otrzymano  $R_p = p \cdot s = 3,79 \cdot 100 = 379 \Omega$ . Przy określaniu miejsca uziemienia według schematu z rys. 71) równowagę mostku można było otrzymać przy dwóch pozycjach wtyczki w przełączniku oporowym, a mianowicie przy jednej pozycji otrzymano  $p_1 = 6,7$  i  $s_1 = 1$ , zaś przy drugiej —  $p_2 = 5,45$  i  $s_2 = 10$ . Ze wzoru 82) otrzymujemy:

$$R_{x1} = (379 - 6,7) \frac{3}{3 + 6,7} = 115,3 \Omega$$

oraz

$$R_{x2} = (379 - 54,5) \frac{3}{3 + 5,45} = 115,1 \Omega$$

A zatem wartość średnia będzie:  $R_{xs} = 115,2 \Omega$ . Ze wzoru 83) wypadnie:

$$l_x = 2 \cdot 5420 \frac{115,2}{379} = 3295 \text{ m.}$$

W wypadku zwarcia pomiędzy żyłami pętli uziemiamy jedną żyłę pętli bądź w punkcie pomiarowym, bądź na odległym końcu, zaś drugą żyłę przyłączamy do zacisku  $L_2$  i łączymy ją na odległym końcu z trzecią nieuziemiaoną żyłą, przyłączoną do zacisku  $L_1$ . Sposób postępowania jest taki sam, jak powyżej.

W celu ułatwienia rachunku wyznaczanie miejsca uziemienia może być wykonane również metodą mostka, posiadającego równe ramiona stosunkowe  $a$  i  $b$ . W tym wypadku jako opór porównawczy nie stosuje się oporu  $R_1$  wbudowanego w przyrząd (rys. 63) i nastawianego wtyczką W, lecz oddzielny regulowany opornik  $R'$ , jak uwidoczniono na rys. 72. Przełącznik PB znajduje się w pozycji prawej lub lewej, przełącznik PP — w pozycji lewej, przełącznik PL w pozycji prawej, zaś wtyczka W jest włożona w gniazdo, oznaczone przez zero. Strzałka na rolce stykowej jest ustawiona na stałe pośrodku drutu mierniczego, gdzie  $p = 3$ . Pomiar polega na takim wyregulowaniu przyłączonego z zewnątrz oporu  $R'$ , aż galwanometr przestanie wychylać się. W stanie równowagi mostku opory gałęzi II — III i III — IV (rys. 72) są równe sobie t.j.

$$R_p - R_x = R_x + R'$$

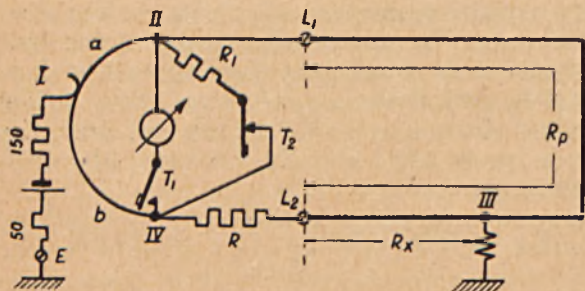
skąd:

$$R_x = \frac{R_p - R'}{2}$$

gdzie  $R_p$  jest zmierzonym uprzednio oporem pętli.

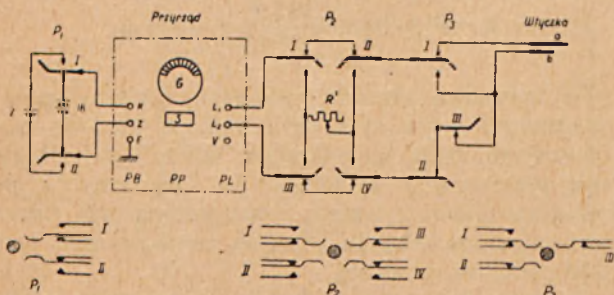
Schemat montażowy urządzenia pomiarowego uwidocznia rys. 73. Przełącznik  $P_1$  umożliwia włączanie napięcia pomiarowego 16 V lub dla specjalnych celów napięcia 1,5 ... 2 V. W pozycji spoczynkowej przełączników  $P_2$  i  $P_3$  zacisk  $L_1$  łączy się z główką wtyczki pomiarowej (żyła a), zaś zacisk  $L_2$  — z gilotną wtyczki (żyła b). Przesławianie prze-

łącznika  $P_2$  w lewo lub w prawo powoduje włączanie regulacyjnego oporu  $R'$  w żyłę a lub b. Przełącznik  $P_3$  służy do pomiaru oporu izolacji żyły a lub b.



Rys. 72. Określanie miejsca uziemienia metodą mostku o równych ramionach stosunkowych.

Opornik  $R'$  jest opornikiem korbkowym, którego poszczególne stopnie różnią się od swoich wartości nominalnych nie więcej, niż o 1%.



Rys. 73. Urządzenie pomiarowe z oddzielnym opornikiem regulacyjnym  $R_1$ .

Przy określaniu miejsca uziemienia mierzymy napróżd opór  $R_p$  pętli przy środkowych pozycjach przełączników  $P_2$  i  $P_3$ . Następnie przestawiamy przełącznik PL z pozycji środkowej na prawo i ustawiamy wskazówkę rolki stykowej na podziałce skali, oznaczonej cyfrą 3, wskutek czego opory ramion a i b mostku stają się równe sobie. Włożenie wtyczki W do gniazda, oznaczonego przez zero (rys. 63), powoduje wyłączenie oporu  $R_1$  zaś przestawienie przełącznika  $P_2$  w prawo lub w lewo powoduje włączenie oporu  $R'$  do gałęzi mostku o mniejszym oporze. Czy opór  $R'$  został włączony do właściwej gałęzi można przekonać się, powiększając opór  $R'$ . Strzałka galwanometru winna wówczas zbliżyć się do punktu zerowego skali.

Po naciśnięciu przycisku  $T_1$  regulujemy opór  $R'$  tak długo, aż wskazówka galwanometru zostanie sprowadzona do punktu zerowego skali. Przez naciśnięcie przycisku  $T_2$  zwiększamy czułość układu i poprawiamy równowagę mostku, regulując opór  $R'$ . Ze zmierzonego oporu  $R_p$  pętli oraz odczytanej wartości oporu  $R'$  obliczamy opór  $R_x$  ze wzoru 84).

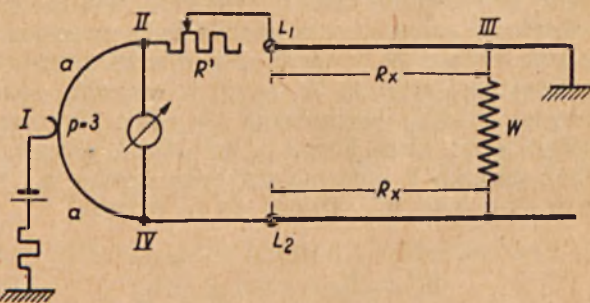
Przyjmijmy dla przykładu, że uziemiona jest żyła a przewodu dwużyłowego. Jako drugą żyłę pomiarową użyto żyłę b. Opór pętli wynosił:

$R_p = 7,7 \cdot 100 = 770 \Omega$ . Przy określaniu miejsca uziemienia metodą mostku o równych ramionach stosunkowych odczytano  $R' = 575 \Omega$ . Ze wzoru 84) otrzymujemy:  $R_x = \frac{1}{2} (770 - 575) = 97,5 \Omega$ .

Jako drugi przykład przyjmijmy, że uziemiona jest żyła b przewodu dwużyłowego napowietrznego, który na początku zawiera kawałek kabla. W celu określenia miejsca uziemienia, zmierzono opór pętli, który wynosił:  $R_p = 7,3 \cdot 100 = 730 \Omega$ . Przy określaniu miejsca uziemienia metodą mostku o równych ramionach stosunkowych odczytano  $R' = 450 \Omega$ . Ze wzoru 84) otrzymujemy:  $R_x = \frac{1}{2} (730 - 450) = 140 \Omega$ . Ponieważ zmierzony opór żyły kablowej wynosił  $95 \Omega$  zaś jednostkowy opór linii napowietrznej —  $9 \Omega/\text{km}$ , to miejsce uziemienia znajduje się w odległości  $140 - 95 = 9$

$= 5 \text{ km}$  poza odcinkiem kablowym.

Przy określaniu miejsca zwarcia pomiędzy żyłami pętli, uziemiamy się jedną żyłę na odległym końcu (rys. 74), zaś drugą żyłę na odległym końcu izoluje się. Która żyła jest uziemiona nie ma znaczenia, gdyż od tego zależy tylko pozycja prze-



Rys. 74. Określanie miejsca zwarcia pomiędzy żyłami metodą mostku o równych ramionach stosunkowych.

łącznika  $P_2$ , który może znajdować się w pozycji prawej lub lewej. Jeżeli W oznacza opór miejsca zwarcia, to w wypadku mostku o równych ramionach stosunkowych opory gałęzi II — III i III — IV w stanie równowagi są równe sobie, czyli:

$$R' + R_x = W + R_x$$

skąd

$$R' = W$$

A zatem opór  $R'$  w stanie równowagi mostka równa się oporowi W miejsca zwarcia.

Z pomiaru oporu pętli wyniknie:

$$R_p = 2 R_x + W = 2 R_x + R'$$

skąd:

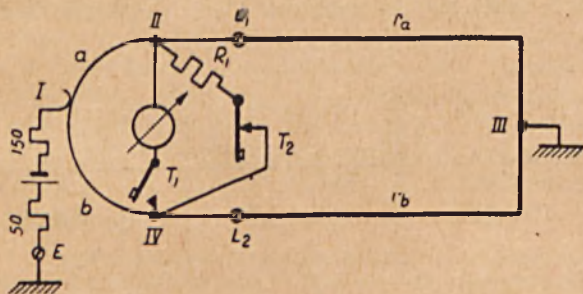
$$R_x = \frac{R_p - R'}{2} \tag{85}$$

Jeżeli np. jest:  $R_p = 615$  oraz  $R' = 105 \Omega$ , to ze wzoru 85) otrzymujemy:  $R_x = \frac{1}{2} (615 - 105) = 255 \Omega$ . Opór miejsca zwarcia wynosi  $W = R' = 105 \Omega$ .

Jeżeli opór miejsca zwarcia żył zmienia się, to wówczas uziemia się jedną żyłą, przekształcając w ten sposób zwarcie żył na uziemienie drugiej żyły. Posiłkując się trzecią nieuziemiałą żyłą, można znanym sposobem określić miejsce uziemienia.

#### e) POMIAR NIERÓWNOWAGI OPOROWEJ.

W celu sprawdzenia, czy obydwie żyły przewodu dwużyłowego posiadają ten sam opór, łączymy je ze sobą na odległym końcu i równocześnie uziemia. Schemat pomiaru nierównowagi oporowej uwidocznił rys. 75. Przełącznik PB znajduje się w pozycji prawej lub lewej, przełącznik PP w pozycji lewej, przełącznik PL w pozycji prawej, zaś wtyczka znajduje się w gnieździe, oznaczonym przez zero. Naprzód mierzymy znanym sposobem opór  $R_p$  pętli, a następnie uzyskujemy poraz drugi równowagę mostku w układzie z rys. 75. Jeżeli opór żyły a wynosi  $r_a$ , zaś opór żyły b —  $r_b$ , to w wypadku równości tych oporów równowaga mostku ma miejsce wówczas, gdy wskazówka rolki stykowej wskazuje na skali liczbę  $p = 3$  t.j. gdy ramiona a i b mostku równają się sobie.



Rys. 75. Pomiar nierównowagi oporowej.

Jeżeli rolka stykowa w stanie równowagi mostku nie stoi pośrodku drutu mierniczego, to oznaczając przez  $p$  liczbę, wskazywaną wówczas na skali przez strzałkę rolki stykowej, obliczamy opory  $r_a$  i  $r_b$  ze wzorów:

$$\begin{aligned} r_a &= R_p \frac{p}{p+3} \\ r_b &= R_p \frac{3}{p+3} \end{aligned} \quad (86)$$

Nierównowaga oporowa wyrazi się więc wzorem:

$$r_a - r_b = \frac{p-3}{p+3} R_p \quad (87)$$

Gdy rozporządzamy urządzeniem pomiarowym z rys. 73, to po zmierzeniu oporu  $R_p$  pętli, ustawiamy wskazówkę rolki stykowej pośrodku drutu mierniczego, gdzie  $p = 3$ , a następnie przestawia-

my przełącznik  $P_2$  tak, aby opór regulacyjny  $R'$  został połączony w szereg z żyłą, posiadającą mniejszy opór. Regulując opór  $R'$ , doprowadzamy wychylenie wskazówki galwanometru do zera. Jeżeli opór  $R'$  jest połączony w szereg z żyłą b, to po odczytaniu wartości  $R'$  w stanie równowagi opory żył obliczamy ze wzorów:

$$\begin{aligned} r_a &= \frac{R_p + R'}{2} \\ r_b &= \frac{R_p - R'}{2} \end{aligned} \quad (88)$$

Nierównowaga oporowa będzie zatem:

$$r_a - r_b = R' \quad (89)$$

Opór  $R'$  odczytany po uzyskaniu równowagi, stanowi więc miarę nierównowagi oporowej.

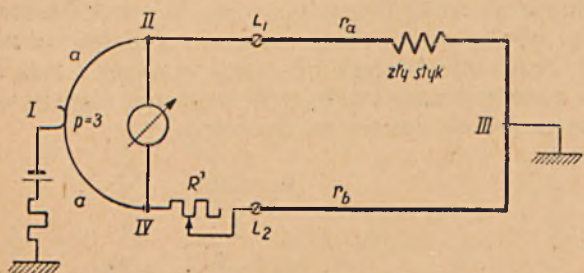
Jeżeli np. jest:  $R_p = 690$  i  $R' = 30 \Omega$ , to z równań 88) otrzymujemy:  $r_a = \frac{1}{2}(690 + 30) = 360 \Omega$  oraz  $r_b = \frac{1}{2}(690 - 30) = 330 \Omega$ . Nierównowaga oporowa wynosi  $r_a - r_b = 30 \Omega = R'$ .

#### f) WYKRYWANIE ZŁEGO STYKU.

Złe lutowanie lub złe złącza w przewodach dwużyłowych zakłócają równowagę oporową i powodują powstawanie szumów i przesłuchów. Przy pomiarze wyższym napięciem 16V wspomniane defekty częstokroć nie mogą być wykryte. Przy użyciu urządzenia pomiarowego z rys. 73 obydwie żyły przewodu dwużyłowego zwiera się na odległym końcu i uziemia, a następnie trzyma bez prądu w ciągu 10 minut. Po przyłączeniu przewodu do przyrządu pomiarowego przestawiamy przełącznik  $P_1$  do pozycji lewej (2V), ustawiamy rolkę stykową pośrodku drutu mierniczego ( $p = 3$ ), wkładamy wtyczkę w gniazdo, oznaczone przez zero, uzyskując schemat przedstawiony na rys. 76, i regulujemy opór  $R'$  tak długo, aż przy naciśnięciu obydwóch przycisków  $T_1$  i  $T_2$  wychylenie wskazówki galwanometru będzie wynosić od 3 do 5 podziałek. W wypadku dobrego przewodu wystarczy włączyć w oporniku  $R'$  niewielką liczbę omów, wskazówka galwanometru stoi wówczas nieruchomo, co wskazuje, że żyły a i b posiadają ten sam opór. Jeżeli w przewodzie znajdzie się zły styk, to wskazówka galwanometru waha się, zaś w oporniku  $R'$  należy wówczas włączyć większą liczbę omów, aby wskazówkę galwanometru zbliżyć do zera skali. Jak wynika z rys. 76, wartość oporu  $R'$  w stanie równowagi równa się oporowi złego styku.

Po wykonaniu powyższego pomiaru włączamy za pomocą przełącznika  $P_1$  baterię o napięciu 16V. Jeżeli przewód znajduje się w porządku, to następuje wówczas niewielki ruch wskazówki galwanometru, jeżeli zaś przewód posiada zły styk,

to wtedy wskazówka przeskakuje na drugą stronę punktu zerowego.



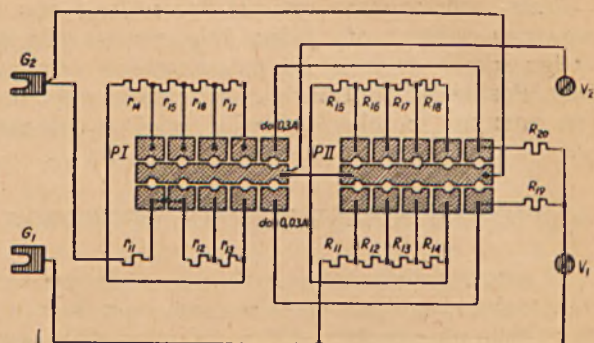
Rys. 76. Wykrywanie złego styku.

O ile z powyższych prób wyniknie, że przewód znajduje się w porządku, to dla pewności można jeszcze zmierzyć opór pętli napięciem 16V.

g) POMIAR PRĄDU I NAPIĘCIA.

Dodatkową skrzynkę, uwidocznioną na rys. 77, przyłącza się za pomocą widełek G<sub>1</sub> i G<sub>2</sub> do zacisków L<sub>1</sub> i V (rys. 63) przyrządu, którego przełącznik PP znajduje się w pozycji prawej, zaś przełączniki PB i PL mogą zajmować pozycje dowolne.

Na rys. 77 przełączniki wtyczkowe PI i PII dla



Rys. 77. Dodatkowa skrzynka do pomiarów prądów i napięć.

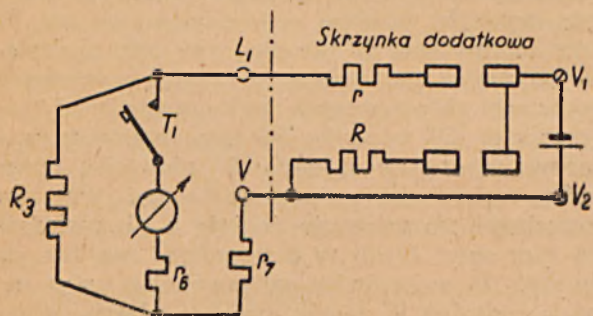
nika PI zwężony koniec tej wtyczki po jej dociśnięciu sięgał do odpowiedniego gniazda przełącznika PII. Zaznaczyć należy, że obydwa te przełączniki są obsługiwane jedną wtyczką.

Poniżej podano znaczenia napięciowe jednej podziałki skali galwanometru dla poszczególnych gniazd przełącznika PI oraz zakresy prądowe.

Pomiar napięcia odbywa się według schematu, uwidocznionego na rys. 78. Mierzone napięcie przykłada się do zacisków V<sub>1</sub> i V<sub>2</sub> skrzynki do-

Górny szereg	1 <sup>o</sup> =0.6V	1 <sup>o</sup> =0.8V	1 <sup>o</sup> =1.0V	1 <sup>o</sup> =1.2V	do 0.3A
Dolny szereg	Ogniwa mikrofonowe 1 <sup>o</sup> =0.1V	1 <sup>o</sup> =0.1V	1 <sup>o</sup> =0.2V	1 <sup>o</sup> =0.4V	do 0.03A

lepszego zrozumienia narysowano obok siebie, lecz w rzeczywistości przełącznik PII jest umieszczony pod przełącznikiem PI w ten sposób, aby po włożeniu wtyczki w którekolwiek gniazdo przełącz-



Rys. 78. Pomiar napięcia.

datkowej, a następnie wkłada lekko dużą wtyczkę w gniazdo, które zakresem swoim najbardziej odpowiada mierzonemu napięciu. Naprzykład w celu zmierzenia napięcia 80V wkładamy wtyczkę w gniazdo, oznaczone przez „1<sup>o</sup> = 0,8V”. Po naciśnięciu przycisku T<sub>1</sub> odczytujemy na czarnej skali wychylenie galwanometru w woltach, a następnie po dociśnięciu wtyczki odczytujemy poraż drugi. Podczas pierwszego pomiaru źródło prądu jest zamknięte dużym oporem, wskutek czego źródło to dostarcza małego prądu. Z pierwszego pomiaru otrzymujemy zatem w przybliżeniu siłę elektromotoryczną źródła. Po dociśnięciu wtyczki zostaje włączony odpowiedni opór bocznikowy R (rys. 78), który obciąża mierzone źródło nominalnym prądem, wskutek czego z drugiego pomiaru otrzymujemy napięcie źródła.



## Uczmy się podstaw telekomunikacji

Pragnąc wzbudzić większe zainteresowanie podstawami telekomunikacji u naszych Czytelników oraz pogłębić i utrwalić ich wiadomości będziemy zamieszczać pytania i odpowiedzi egzaminacyjne w Szkołach Telekomunikacyjnych w Warszawie i zagranicą.<sup>1)</sup>

Nowy ten dział otwieramy w Wiadomościach Telekomunikacyjnych tytułem próby i dlatego zamieszczone pytania tworzą dość szeroki wachlarz wiadomości z różnych dziedzin telekomunikacji.

Oczekujemy od naszych Czytelników wypowiedzenia się co do tej inowacji. Na podstawie opinii Czytelników ustalimy ostateczny program i zakres tego działu.

Redakcja

### Pytanie 1.

Wyjaśnić dlaczego w obwodzie prądu zmiennego z indukcyjnością prąd opóźnia się w stosunku do napięcia.

### Odpowiedź.

Indukcyjność obwodu jest właściwością wytwarzania pola magnetycznego przez prąd płynący w obwodzie. Im indukcyjność jest większa tym większą liczbę linii sił posiada wytworzone pole magnetyczne. Przy zmiennym prądzie liczba linii sił pola ustawicznie się zmienia i zmiany te odbywają się proporcjonalnie i współcześnie z prądem.

<sup>1)</sup> Między innymi w Miejskim Instytucie w Londynie (City and Guilds Institute of London) wg. „Supplement to the Post Office Electrical Engineers Journal“.

Przy zmianie liczby linii sił powstaje w obwodzie zawsze wg prawa Faraday'a indukcyjna siła elektromotoryczna. Wielkość tej indukcyjnej siły elektromotorycznej zależy jedynie od szybkości zmiany strumienia, to jest od tego, ile powstaje w jednostce czasu nowych linii sił lub ile istniejących zanika.

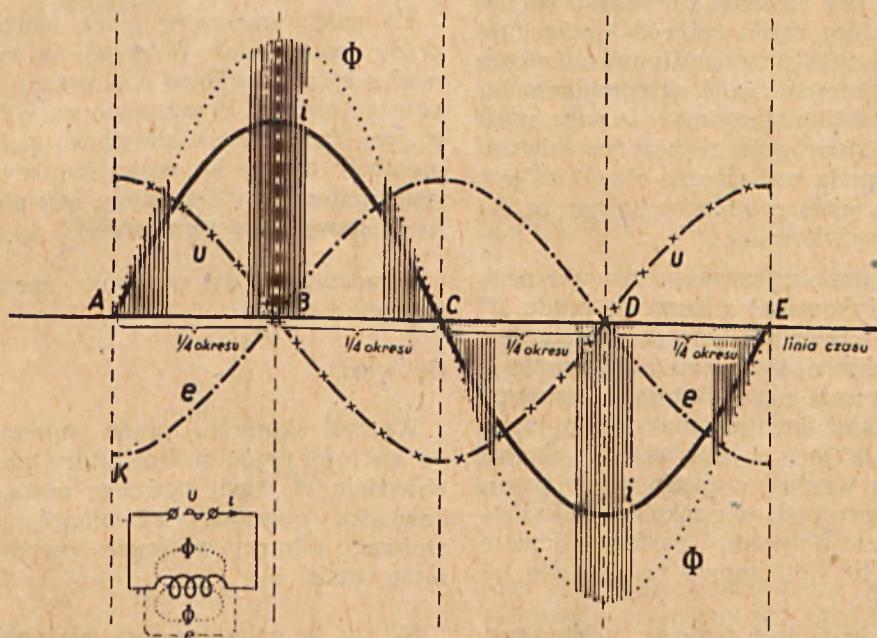
Na rys. 1a sinusoida „i” oznaczona ciągłą linią pokazuje nam zmiany prądu w obwodzie z biegiem czasu, a więc każdorazowe chwilowe wartości natężenia prądu.

Proporcjonalnie i współcześnie z prądem zachodzą zmiany strumienia magnetycznego. Uwidacznia to sinusoida  $\Phi$  oznaczona linią kropkowaną.

Zmiany strumienia są najgwałtowniejsze w obszarach koło punktów A, C, E, gdyż wtedy każda następna chwila daje znaczny przyrost nowych linii lub zanik istniejących. W tych momentach powstaje największa siła elektromotoryczna indukcyjna.

W obszarach koło punktów B i D wielkość strumienia prawie się nie zmienia. Przed punktem B nowych linii prawie nie przybywa, za punktem B zanikanie istniejących linii jest również bardzo powolne. Wobec tego w obszarach koło punktów B i D wielkość siły elektromotorycznej indukcyjnej będzie mała, a w samych punktach B i D spada ona do zera.

Sinusoida e, oznaczona na rys. 1a linią kreska-kropka uwydatnia te zmiany siły elektromotorycznej.



Rys. 1a. Zmiany prądu strumienia siły elektromotorycznej indukcji oraz napięcia zasilającego z biegiem czasu.

Z powyższego wynika, że zerowe wartości indukcyjnej siły elektromotorycznej będą w punktach B, D i w ogóle tam, gdzie strumień i prąd mają swe maksima. W punktach A, C, E i w ogóle tam, gdzie strumień i prąd mają wartości zerowe przypadną maksima indukcyjnej siły elektromotorycznej.

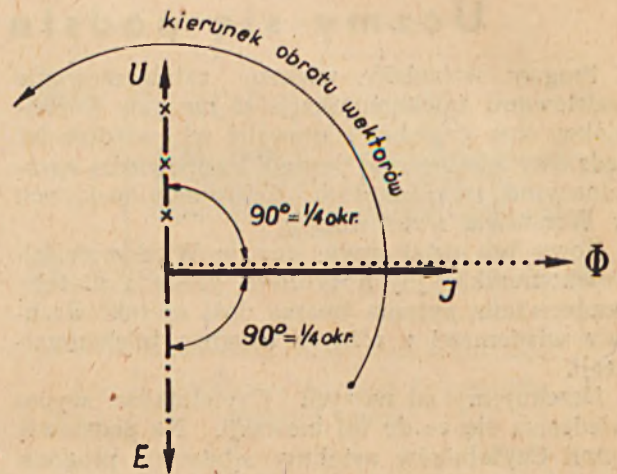
Pozostaje jeszcze do wyjaśnienia jakie maksima, a więc dodatnie, czy ujemne będą w poszczególnych punktach A, C, E, itd. Prawo Lenza powiada, że każdy obwód elektryczny posiada właściwą mu bezwładność, to znaczy, że przeciwstawia się on wszelkim zmianom prądu w obwodzie. Jeżeli prąd wzrasta to obwód działa tak, że chciałby utrudnić wzrastanie prądu, jeżeli prąd maleje obwód zachowuje się w ten sposób, że chciałby podtrzymać malejący prąd. W obszarze od punktu A do B prąd wzrasta, obwód więc stara się temu przeszkodzić i powstająca w nim indukcyjna siła elektromotoryczna działa w kierunku przeciwnym do prądu, a więc wspomniane wyżej maksimum siły elektromotorycznej w punkcie A jest ujemne i przez cały czas narastanie prądu, to jest od punktu A do punktu B siła elektromotoryczna indukcyjna jest ujemna to znaczy skierowana odwrotnie do prądu. Rysujemy więc tę część sinusoidy siły elektromotorycznej pod osią poziomą. Jest to część sinusoidy K B.

W obszarze od punktu B do C prąd maleje. Bezwładność obwodu działa teraz w kierunku podtrzymania zanikającego prądu. Sinusoida więc siły elektromotorycznej jest skierowana zgodnie z prądem i przechodzi nad osią poziomą osiągając w punkcie C swoje dodatnie maksimum.

Ustaliliśmy więc przebieg zmian, to jest sinusoidę indukcyjnej siły elektromotorycznej. Napięcie zewnętrzne, które zasila obwód i powoduje przepływ w nim prądu „i” musi dla umożliwienia tego przepływu skompensować wspomnianą indukcyjną siłę elektromotoryczną, a więc musi być każdorazowo skierowane wprost przeciwnie. Sinusoida więc napięcia zasilającego obwód to jest sinusoida u będzie miała przebieg pokazany na rysunku krzywą krzyżykowaną.

Porównując sinusoidę napięcia zewnętrznego „u” (krzywa krzyżykowana) z sinusoidą prądu „i” (krzywa ciągła) widzimy, że prąd stale jest opóźniony o  $\frac{1}{4}$  okresu w stosunku do napięcia. W punkcie A napięcie ma dodatnie maksimum, a prąd osiągnie także dodatnie maksimum dopiero w punkcie B to jest po upływie  $\frac{1}{4}$  okresu. Podobnie zerowa wartość napięcia przy przejściu z góry na dół przypada w punkcie B, także sama zerowa wartość prądu nastąpi dopiero w punkcie C, to jest znowu po upływie  $\frac{1}{4}$  okresu.

Na rys. 1b podany jest wykres wektorowy, odpowiadający sinusoidom uwidocznionym na rys. 1.



Rys. 1b. Wykres wektorowy prądu, strumienia, siły elektromotorycznej indukcyjnej oraz napięcia zasilającego.

W rozpatrywanym obwodzie przyjmowaliśmy istnienie jedynie indukcyjności. Praktycznie każdy obwód oprócz indukcyjności posiada jeszcze pewien opór omowy. Pociąga to za sobą ten skutek, że prąd będzie opóźniony nie o  $\frac{1}{4}$  okresu, a mniej zależnie od wielkości oporu omowego. Opóźnienie to określamy jako przesunięcie fazowe prądu w stosunku do napięcia i oznaczamy kątem. Kąt ten oczywiście nie ma charakteru przestrzennego i wyraża jedynie pewien czas to jest pewną część okresu. Wychodzimy z umownego założenia, że cały okres symbolicznie najlepiej przedstawia nam okrąg koła. Stąd cały okres wyraża się jako  $360^\circ$ , czwarta część okresu jako  $90^\circ$ , a każda inna część okresu jako kąt  $\varphi$ .

#### Pytanie 2.

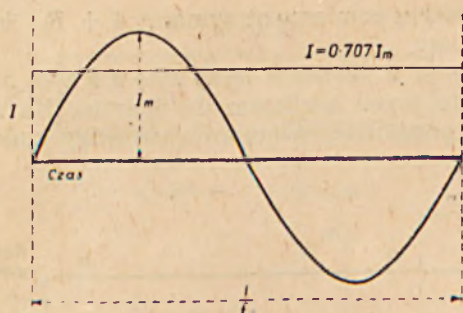
Co należy rozumieć przez wartość skuteczną prądu zmiennego? Wskazać na rysunku zależność między chwilową i skuteczną wartością dla pełnego okresu. Przedstawić na wykresie wektorowym napięcia na szeregowo połączonych elementach: oporze R omów, indukcyjności L henrów i pojemności C faradów, gdy płynie przez nie prąd sinusoidalny I amperów.

Przedstawić w podobny sposób przyłożone napięcie i prąd.

#### Opowiedź.

Wartość skuteczna prądu zmiennego jest równa wartości prądu stałego, który, płynąc w danym obwodzie w ciągu pewnego czasu, wydałby na zewnątrz obwodu tyleż energii, co dany prąd zmienny, płynący w tymże obwodzie w tym samym czasie.

Na rys. 2a pokazana jest zależność między wartościami chwilowymi i wartością skuteczną dla prądu sinusoidalnego. Chwilowa moc w obwo-



Rys. 2a. Wartość skuteczna prądu.

dzie prądu zmiennego jest  $p = ui$ . Niech  $u = U_{max} \sin \omega t$ , prąd zaś  $i = I_{max} \sin \omega t$ . zn. prąd i napięcie są w fazie.

Wówczas:

$$p = ui = U_m \sin \omega t \times I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin^2 \omega t = U_m I_m \cdot \frac{1}{2} (-\cos 2\omega t) = \frac{U_m I_m}{2} - \frac{U_m I_m}{2} \cos 2\omega t$$

Średnia wartość mocy  $P$  dla pełnego okresu jest równa pierwszemu składnikowi powyższego wyrażenia, ponieważ średnia wartość drugiego składnika (dla dowolnej całkowitej liczby okresów) jest zawsze równa zeru.

Zatem:

$$P = UI = \frac{U_m I_m}{2} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

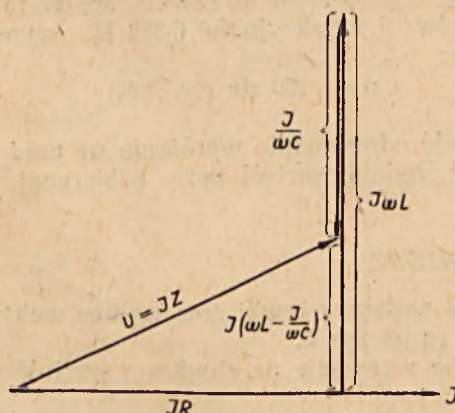
czyli:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m$$

podobnie:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

Skuteczna wartość przebiegu sinusoidalnego jest zatem równa 0,707 wartości szczytowej.



Rys. 2b. Wykres wektorowy napięć na oporach RLC.

Na rys. 2b przedstawiono za pomocą wektorów napięcia na oporze  $R$  indukcyjności  $L$  i pojemności  $C$ , gdy płynie przez nie prąd sinusoidalny  $I$  amperów.

Część napięcia źródła prądu zużywana na przeprowadzenie prądu przez opór  $R$  przedstawia co do wielkości i kierunku wektor  $IR$ . część napięcia idąca na skompensowanie indukcyjności  $L$  reprezentuje wektor  $I\omega L$ , który wyprzedza o  $1/4$  okresu czyli o  $90^\circ$  wektor  $IR$ ; wreszcie ostatnią część napięcia źródła prądu potrzebną do przewyciężenia pojemności kondensatora  $C$  wyraża

wektor  $\frac{I}{\omega C}$ , który to wektor opóźniony jest w stosunku do wektora  $IR$  o  $90^\circ$ . Wypadkowa tych trzech wektorów przedstawia przyłożone napięcie  $U = IZ$ , gdzie  $Z$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Prąd jest przesunięty w fazie względem napięcia o kąt  $\varphi$ , określony przez

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Jeżeli wartość tego wyrażenia jest dodatnia, prąd „spóźnia się“ względem przyłożonego napięcia, gdy wartość ta jest ujemna — prąd „wyprzedza“ przyłożone napięcie.

PYTANIE 3.

Elektryczny przyrząd pomiarowy o oporze wewnętrznym  $500\Omega$  daje pełne wychylenie wskazówki, gdy płynie przez niego prąd  $0,01A$ . Jakie napięcie powinno być przyłożone do końców szeregowego połączenia tego przyrządu oraz oporu  $9500\Omega$ , aby wskazówka przyrządu wychylała się do końca skali? Do jakiego celu może być użyty taki przyrząd?

ODPOWIEDŹ

$$U = IR = 0,01 \cdot 500 = 5V.$$

Napięcie na zaciskach przyrządu przy pełnym wychyleniu wskazówki jest  $5V$ . Jeżeli takie samo wychylenie ma być osiągnięte, gdy opór szeregowego połączenia danego przyrządu oraz oporu dodatkowego wynosi  $500 + 9500 = 10000\Omega$ , to napięcie przyłożone powinno być równe

$$10000 \times 0,01 = 100V$$

gdyż i w tym wypadku dla pełnego odchylenia wskazówki potrzebny jest prąd  $0,01A$ .

Przyrząd może być użyty albo jako woltomierz o zakresie od  $0$  do  $5V$ , albo też, z oporem szeregowym, jako woltomierz o zakresie od  $0$  do  $100V$ .

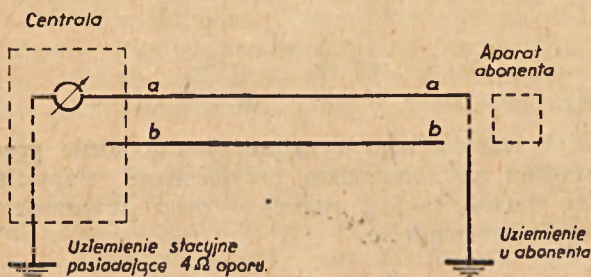
## PYTANIE 4.

Jak zmierzyć z centrali telefonicznej opór uziemienia u abnenta i jaki w tym celu potrzebny jest przyrząd pomiarowy?

## ODPOWIEDŹ.

Pomiar uziemienia ze względu na polaryzację elektrolityczną w wilgotnej ziemi uskutecznia się prądem zmiennym. Jako przyrząd pomiarowy stosuje się mostek Witstona zasilany brzęczykiem i posiadający zamiast galwanometra słuchawkę telefoniczną o małym oporze. Dla zmierzenia oporu uziemienia u abonenta pсыłamy tam monteru a na centrali wykonujemy 3 pomiary wg następujących schematów.

1. Monter odłącza aparat abonenta od linii i żyłę a łączy z uziemieniem abonenta. Na stacji tę samą żyłę a łączymy z uziemieniem stacyjnym, włączamy mostek pomiarowy i przy zaniku dźwięku w słuchawce odczytujemy przykładowo 96 omów.

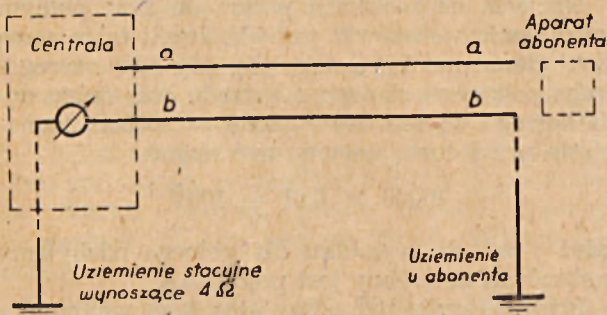


Rys. 4a. Włączenie żyły a do uziemienia x.

W tym wypadku są załączone w obwód pomiarowy następujące opory: uziemienie stacyjne 4 omy, opór żyły a, który oznaczamy jako  $R_a$  omów i opór mierzzonego uziemienia abonenta, to jest x omów.

Otrzymujemy wtedy  $4 + R_a + x = 96$  omów.

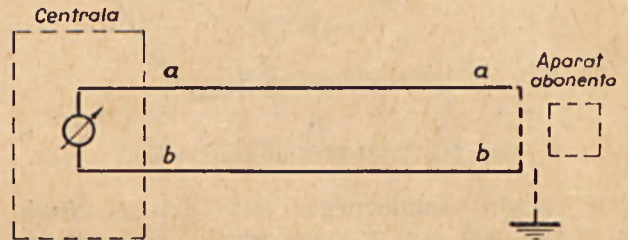
2. Monter łączy żyłę b linii abonenta z ziemią abonenta. Na stacji żyłę b łączymy z uziemieniem stacyjnym. Pomiar daje 102 omy. Analogicznie jak



Rys. 4b. Włączenie żyły b do uziemienia x.

w pierwszym pomiarze otrzymamy  $4 + R_b + x = 102$  omy.

3. Monter u abonenta łączy żyłę a z żyłą b bezpośrednio przed wejściem do aparatu. Na stacji mostek pomiarowy włączamy pomiędzy końce li-



Rys. 4c. Połączenie żył a i b przed wejściem do aparatu abonenta.

nii abonenta to jest pomiędzy żyły a i b. Przy zaniku dźwięku w słuchawce otrzymujemy przykładowo 168 omów, to jest

$$R_a + R_b = 168.$$

Z 3 pomiarów mamy 3 równania:

1.  $4 + R_a + x = 96$
2.  $4 + R_b + x = 102$
3.  $R_a + R_b = 168$

Dwa pierwsze równania dodajemy do siebie:

$$\begin{aligned} 4 + R_a + x + 4 + R_b + x &= 198 \\ R_a + R_b + 2x + 8 &= 198 \\ R_a + R_b + 2x &= 190 \end{aligned}$$

Z 3-go równania wiadomo, że  $R_a + R_b = 168$ . Podstawiając tę wartość, otrzymamy

$$\begin{aligned} 168 + 2x &= 190 \\ 2x &= 190 - 168, \quad 2x = 22 \\ x &= 11 \text{ omów.} \end{aligned}$$

Przepisowe uziemienie u abonenta powinno być w granicach 5 — 15 omów.

## PYTANIE 5.

Napięcie, przyłożone do cewki o oporze równym 100 omów i indukcyjności 0,319 H, wyraża się wzorem:

$$u = 100 \sin(2\pi \cdot 50t)$$

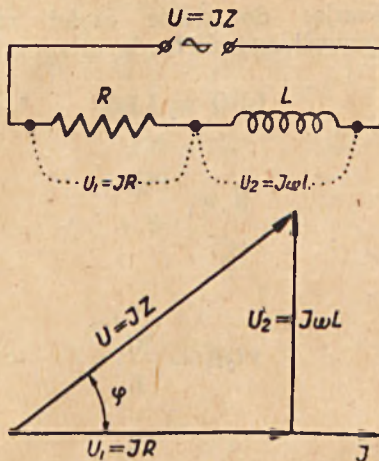
Znaleźć odpowiednie wyrażenie na prąd i wyznaczyć średnią wartość mocy pobieranej przez cewkę.

## ODPOWIEDŹ.

Układ zastępczy cewki oraz wykres wektorowy podane są na rys. 5.

Ogólne wyrażenie na chwilową wartość napięcia jest:

$$u = U_m \sin \omega t = U_m \sin 2\pi ft$$



Rys. 5. Schemat włączenia i wykres wektorowy cewki.

Chwilowa wartość prądu wyraża się wzorem:

$$i = I_m \sin(2\pi ft \pm \varphi) = \frac{U_m}{Z} \sin(2\pi ft \pm \varphi)$$

gdzie  $U_m$  = wartość szczytowa napięcia  
 $I_m$  = " " " prądu  
 $Z$  = opór pozorny  
 $\varphi$  = kąt przesunięcia fazy między prądem i napięciem

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} = \sqrt{100^2 + (3,14 \times 0,319)^2} = 141,4 \Omega$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R} = \frac{100}{100} = 1$$

$$\varphi = 45^\circ = \frac{\pi}{4} \text{ radianów} = \frac{1}{8} \text{ okresu}$$

$$I_m = \frac{U_m}{Z} = \frac{100}{141,4} = 0,707 \text{ A}$$

$$I = \frac{0,707}{\sqrt{2}} = 0,5 \text{ A}$$

Przedstawiając to do wzoru na  $i$  otrzymamy

$$i = 0,707 \sin\left(2\pi 50t - \frac{\pi}{4}\right)$$

Średnia moc

$$P = UI \cos \varphi = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot 0,5 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 25 \text{ watów}$$

#### PYTANIE 6.

Cewka o stałej indukcyjności jest przyłączona do źródła prądu zmiennego o częstotliwości 50 c/s i o minimalnym oporze wewnętrznym. Po włączeniu w szereg z cewką kondensatora o pojemności  $2 \mu\text{F}$  i minimalnym oporze (który można

pominać) prąd płynący ze źródła nie ulega zmianie. Obliczyć indukcyjność cewki.

Jeżeli cewka ma opór 80 omów, znaleźć całkowity opór pozorny obwodu.

ODPOWIEDŹ.

Oznaczając:

$R$  = opór cewki w omach,  
 $L$  = indukcyjność w henrach,  
 $C$  = pojemność kondensatora w faradach,  
 $\omega = 2\pi f =$  pulsacja.

otrzymamy w pierwszym przypadku

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$

Po dołączeniu kondensatora (przypadek drugi):

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Ponieważ napięcie i prąd płynący ze źródła pozostają w obu przypadkach bez zmiany, jest oczywiste, że

$$Z_1 = Z_2.$$

Zatem

$$\omega^2 L^2 = \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2$$

czyli

$$\omega L = \pm \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2$$

Ponieważ znak  $+$  w powyższym równaniu jest nie do przyjęcia gdyż, jak łatwo zauważyć, pojemność  $C$  musiałaby być wtedy nieskończenie wielka, przeto

$$\omega L = - \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

czyli

$$\frac{1}{\omega C} = 2\omega L$$

Podstawiając podane wartości liczbowe, otrzymamy

$$\frac{10^6}{2\pi \cdot 50 \cdot 2} = 2 \cdot 2\pi \cdot 50L$$

$$L = \frac{10^6}{10^4 \cdot 4\pi^2} = \frac{25}{\pi^2} = 2,532 \text{ H}$$

Ponieważ  $R = 80 \Omega$  przeto  $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ .

$$Z_2 = \sqrt{80^2 + (314 \cdot 2,532)^2} \approx 800 \Omega$$

## PYTANIE 7.

Dane pewnego dławika są następujące:

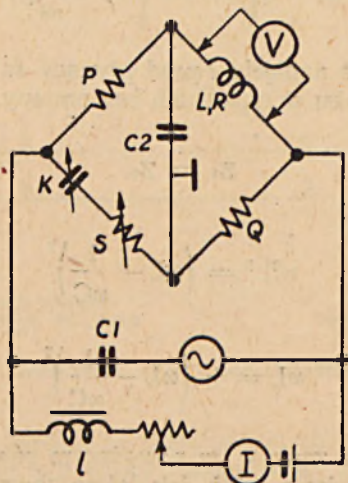
Opór pozorny dławika, mierzony przy częstotliwości 800 c/s przy napięciu zmiennym na dławiku równym 1V i stałym prądzie 5 mA, płynącym przez jego uzwojenie, wyraża się przez równoległe połączenie pewnej indukcyjności oraz oporu rzeczywistego. Indukcyjność powinna zawierać się w granicach od 0,8 H do 1,2 H, opór zaś powinien być mniejszy niż 4000 omów.

Podać schemat mostka do badania takich dławików, przy czym elementami zmiennymi, służącymi do zrównoważenia mostka, mają być opornik i kondensator.

Jakie wartości winny posiadać elementy mostka, aby można było zbadać dany dławik?

## ODPOWIEDŹ.

Mostek nadający się do tego celu podany jest na rys. 7.



Rys. 7. Schemat mostka do badania dławików.

S i K są elementami zmiennymi (regulowanymi). Napięcie zmienne na badanym dławiku mierzy się woltmierzem lampowym V, który odłącza się przy ostatecznym doprowadzaniu mostka do stanu równowagi. Źródło prądu stałego jest założone równoległe do generatora. W szereg z baterią jest połączony dławik L, aby uniknąć zwierania generatora przez źródło prądu stałego. Kondensatory blokujące C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> nie pozwalają na rozływ prądu stałego, który przepływa tylko przez gałęzie P i LR.

W stanie równowagi

$$PQ = \left( S + \frac{1}{j\omega K} \right) \left( \frac{Rj\omega L}{R + j\omega L} \right)$$

$$PQ (R + j\omega L) = Rj\omega L \left( S + \frac{1}{j\omega K} \right)$$

$$PQR + j\omega LPQ = j\omega LRS + \frac{RL}{K}$$

Przyrównując do siebie części rzeczywiste i urojone powyższego równania, otrzymuje się:

$$LPQ = LRS$$

czyli

$$R = \frac{PQ}{S}$$

oraz

$$PQR = \frac{RL}{K}$$

czyli

$$L = PQK.$$

Dla danego dławika odpowiednie wartości elementów mostka:  $P = Q = 1000 \Omega$ .

Wówczas  $L = 10^6 K$ , to znaczy indukcyjność L w henrach jest równa pojemności K wyrażonej w mikrofaradach. Zatem pojemność kondensatora K powinna być od 0,8  $\mu F$  do 1,2  $\mu F$ . Ponieważ da-

lej  $S = \frac{PQ}{R}$ , a powinno być  $R < 4000 \Omega$ , opór S powinien być większy od  $\frac{10^6}{4000}$ , to znaczy

$$S > 250 \Omega.$$

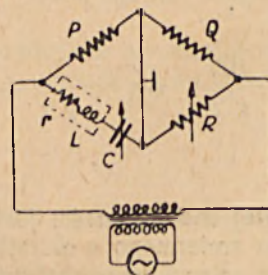
## PYTANIE 8.

Podać schemat mostka prądu zmiennego do pomiaru indukcyjności i oporu strat cewek pupinowskich.

Narysować wykres wektorowy wyjaśniający warunek równowagi mostka i wyprowadzić wzory na indukcyjność oraz opór strat badanej cewki.

## ODPOWIEDŹ.

Do pomiaru indukcyjności i oporu strat cewek Pupina najodpowiedniejszy jest mostek rezonansowy.



Rys. 8a. Mostek rezonansowy do badania cewek pupinowskich.

W stanie równowagi

$$PR = Q \left( r + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

Stąd wynika

$$PR = Qr$$

czyli

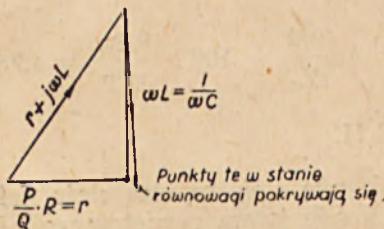
$$r = \frac{P \cdot R}{Q}$$

oraz

$$j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 0$$

czyli

$$L = \frac{1}{\omega^2 C}$$



Rys. 8b. Wykres wektorowy w chwili równowagi mostka.

PYTANIE 9.

Opisać zjawisko rezonansu w obwodzie szeregowym. Określić długość fali rezonansowej obwodu, złożonego z kondensatora o pojemności 1000 pF w szereg z indukcyjnością, 500 μH. Jak zmieni się, długość fali rezonansowej obwodu, jeśli włączyć dodatkowo w szereg kondensator 250 pF.

ODPOWIEDŹ.

Opór pozorny szeregowego obwodu złożonego z oporu rzeczywistego R, indukcyjności L i pojemności C równy jest

$$Z = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Opór pozorny osiąga wartość najmniejszą równą R, o ile wyraz

$$\omega L - \frac{1}{\omega C}$$

równy jest zeru. Mówimy wtedy, iż obwód jest w rezonansie.

Opór pozorny obwodu może być napisany w postaci

$$Z = R \sqrt{1 + \left[ \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \right]^2}$$

Ze wzoru tego widzimy, iż Z jest funkcją stosunku  $\frac{\omega L}{R}$  lub też stosunku  $\frac{R}{2fL}$  (f - częstotli-

wość). Wyrażenie  $\frac{R}{2fL}$  jest tzw. logarytmicznym dekrementem tłumienia obwodu. Jeżeli narysujemy przebieg krzywej  $\frac{R}{Z}$  w funkcji stosunku  $\frac{f}{f_0}$  (f - zmienna częstotliwość,  $f_0$  - częstotliwość rezonansowa), to otrzymamy krzywą, która jest wspólna dla wszystkich obwodów, mających ten sam logarytmiczny dekrement tłumienia. Wykreślając takie krzywe dla różnych wartości logarytmicznego dekrementu, otrzymamy rodzinę krzywych dla wszystkich obwodów tego rodzaju. Krzywe te nazywamy krzywymi rezonansowymi.

Często w literaturze spotyka się nieco inne ujęcie, które podamy poniżej.

Własności obwodu rezonansowego w znacznej mierze określa współczynnik zwany dobrocią obwodu, określony stosunkiem

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

Przy tym istnieje prosta zależność pomiędzy logarytmicznym dekrementem tłumienia a dobrocią obwodu; mianowicie

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{\pi}{\left( \frac{R}{2f \cdot L} \right)} = \frac{\pi}{v}$$

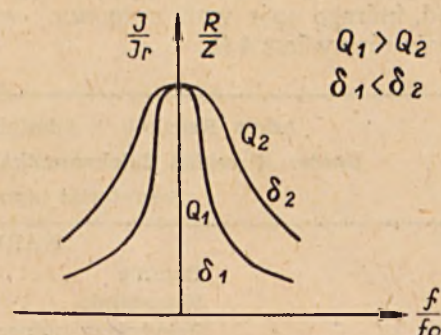
Z drugiej strony stosunek  $\frac{R}{Z}$  wyraża stosunek prądu I, płynącego przez obwód dla dowolnej częstotliwości, do prądu rezonansowego  $I_r$ ; w istocie bowiem przy stałej sile elektromotorycznej, czynnej w obwodzie:

$$I = \frac{E}{Z}, \quad I_r = \frac{E}{R}$$

czyli

$$\frac{I}{I_r} = \frac{R}{Z}$$

Na rysunku podano przykładowo krzywe rezonansowe dla różnych dobroci (różnych dekrementów) obwodu szeregowego.



Rys. 9. Krzywe rezonansowe dla różnych dobroci obwodu szeregowego.

Widzimy, im bardziej jest dobry obwód, tym ostrzejsza jest krzywa rezonansowa obwodu.

Dla częstotliwości rezonansowej napięcie na cewce równe jest napięciu na kondensatorze, przy czym zwykle wielokrotnie przewyższa ono wartość czynnej siły elektromotorycznej.

Prąd w rezonansie

$$I_r = \frac{E}{R}$$

Stąd napięcie na cewce

$$U_c = I_r \cdot \omega L = E \frac{\omega L}{R} = E \cdot Q$$

Długość fali rezonansowej w metrach wynosi

$$\lambda = 1885 \sqrt{L \cdot C}$$

gdzie

$$L \text{ w } \mu\text{H i } C \text{ w } \mu\text{F}$$

Przykład 1.

$$L = 500 \mu\text{H}; C = 1000 \text{ pF}$$

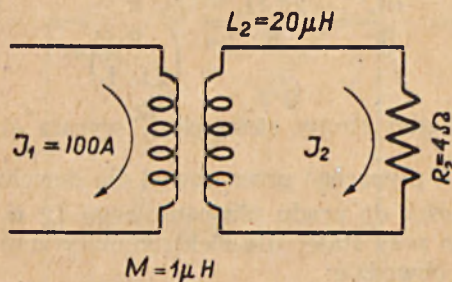
$$\lambda = 1885 \cdot \sqrt{500 \cdot 0,001} = 1332 \text{ m}$$

Przykład 2.

$$L = 500 \mu\text{H}; C_1 = 1000 \text{ pF}; C_2 = 250 \text{ pF}$$

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1000 \cdot 250}{1250} = 200 \text{ pF}$$

$$\lambda_2 = 1885 \cdot \sqrt{500 \cdot 0,0002} = 596 \text{ m}$$



Rys. 10. Pomiar prądu za pomocą transformatora

**PYTANIE 10.**

Termoamperomierz sprzężony jest z obwodem drgań w. cz. przy pomocy transformatora z rdzeniem powietrznym. W pierwotnym uzwojeniu transformatora płynie prąd 100 A o częstotliwości  $10^5$  c/s. Indukcyjność wtórnego uzwojenia wynosi  $20 \mu\text{H}$ , a indukcyjność wzajemna między obu uzwojeniami  $1 \mu\text{H}$ . Obliczyć prąd płynący przez przyrząd, którego opór wraz z oporem wtórnego uzwojenia równy jest  $4 \Omega$ .

**ODPOWIEDŹ.**

SEM indukowana w obwodzie wtórnym równa jest

$$E_2 = I_1 \omega M$$

Prąd w obwodzie wtórnym

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{I_1 \omega M}{\sqrt{R_2^2 + (\omega L_2)^2}}$$

gdzie

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^5$$

$$\omega M = 2\pi \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} = 0,2 \cdot \pi \Omega$$

$$\omega L_2 = 2\pi \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 4\pi \Omega$$

$$Z_2 = \sqrt{4^2 + (4\pi)^2} = 13,2 \Omega$$

Zatem

$$I_2 = I_1 \frac{\omega M}{Z_2} = 100 \cdot \frac{0,2\pi}{13,2} = 4,76 \text{ A}$$

**PYTANIE 11.**

Obliczyć stałą dielektryczną oleju, jeśli obwód złączony z kondensatora powietrznego i indukcyjności posiada rezonans przy fali o długości 500 m, a po zanurzeniu kondensatora w oleju długość fali rezonansowej wynosi 750 m.

**ODPOWIEDŹ.**

Jeśli dielektryk pomiędzy okładzinami kondensatora powietrznego zostanie zastąpiony innym materiałem izolacyjnym, pojemność kondensatora wzrośnie w sposób ściśle określony dla użytego ciała. Stosunek pojemności w ostatnim przypadku do pojemności kondensatora z dielektrykiem powietrznym nazywamy stałą dielektryczną badanego materiału. Stałą dielektryczną próżni przyjmuje się dowolnie, jako równą jedności.

Długość fali rezonansowej obwodu jest proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z iloczynu LC. Jeśli indukcyjność L jest stała, możemy napisać iloraz

$$\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2 = \frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{750}{500}\right)^2 = 2,25$$

który jednocześnie równy jest stałej dielektrycznej oleju, użytego w doświadczeniu.

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Nowogrodzka 45, III p., telef. 871-70.

Konto: „Przegląd Telekomunikacyjny”, PKO w Warszawie Nr. I-4430

Sekretariat czynny codziennie od godz. 9 do 14.

**WARUNKI PRENUMERATY:**

Rocznie . . . . .	<b>ZŁ. 250,—</b>
Kwartalnie . . . . .	<b>ZŁ. 70,—</b>
Pojedynczy numer . . . . .	<b>ZŁ. 25,—</b>

Redaktor: inż. Henryk Kowalski.

Wydawca: Sekcja Telekomunikacyjna SEP  
Druk. S. L. W-wa, Skolimowska 5. B-48648