

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

**PRACE
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI**

ROK XIII

ZESZYT 2(42)

WARSZAWA 1966

WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE

SPIS TREŚCI

| | Str. |
|--|------|
| 1. <i>Tadeusz Tomankiewicz, Lech Stasiński</i> — Określenie tłumienia fali przyziemnej z pomiarów własności elektrycznych ziemi . | 3 |
| 2. <i>Tadeusz Tomankiewicz, Lech Stasiński</i> — Określenie własności elektrycznych ziemi z pomiarów elipsy polaryzacji fali przyziemnej . | 17 |
| 3. <i>Kazimierz Demski, Krzysztof Kowalski, Tadeusz Tudek</i> — Półautomatyczna maszyna rozdzielcza paczek typ MRp-IŁ-64 . | 35 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|---|------|
| 1. <i>Т. Тома́нкевич, Л. Стасерски</i> — Определение затухания земной волны по измерениям электрических свойств земли . | 3 |
| 2. <i>Т. Тома́нкевич, Л. Стасерски</i> — Определение электрических свойств земли по измерениям эллипса поляризации земной волны . | 17 |
| 3. <i>К. Дэмски, К. Ковальски, Т. Тудэк</i> — Полуавтоматическая машина для сортировки посылок тип MRp-IŁ-64 . | 35 |

CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| 1. <i>T. Tomankiewicz, L. Stasiński</i> — Surface wave loss-determination from the electrical properties of the soil measurements . | 3 |
| 2. <i>T. Tomankiewicz, L. Stasiński</i> — Determination of the electrical properties of the soil from polarisation ellipse measurements of the surface wave . | 17 |
| 3. <i>K. Demski, K. Kowalski, T. Tudek</i> — Semiautomatic parcels' distributing machine type MRp-IŁ-64 . | 35 |

SOMMAIRE

| | Page |
|--|------|
| 1. <i>T. Tomankiewicz, L. Stasiński</i> — Détermination de l'atténuation de l'onde de sol en partant des mesures des propriétés électriques du sol . | 3 |
| 2. <i>T. Tomankiewicz, L. Stasiński</i> — Détermination des propriétés électriques du sol à l'aide des mesures de l'ellipse de polarisation de l'onde de sol . | 17 |
| 3. <i>K. Demski, K. Kowalski, T. Tudek</i> — Machine semi-automatique pour la répartition des colis postaux type MRp-IŁ-64 . | 35 |

INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|--|-------|
| 1. <i>T. Tomankiewicz, L. Stasiński</i> — Bestimmung der Bodenwellendämpfung aus den Messungen der elektrischen Bodeneigenschaften . | 3 |
| 2. <i>T. Tomankiewicz, L. Stasiński</i> — Bestimmung der elektrischen Eigenschaften des Bodens aus den Messungen der Polarisationsellipse der Bodenwelle . | 17 |
| 3. <i>K. Demski, K. Kowalski, T. Tudek</i> — Halbautomatische Paketverteilungs- maschine typ MRp-IŁ-64 . | 35 |

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRACE
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI

ROK XIII

ZESZYT 2(42)

WARSZAWA 1966

WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE

Komitet Redakcyjny

Redaktor Naczelny — *prof. mgr inż. Feliks Błocki*

Redaktorzy działów:

mgr inż. Aleksy Brodowski, prof. mgr inż. Sylwester Jarkowski
prof. mgr inż. Lesław Kędzierski

Sekretarz Redakcji — *Maria Jabłonowska*

Adres Redakcji

Institut Łączności, Warszawa — Miedzeszyn, ul. Szachowa. 1

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Printed in Poland

Opracowano w Dziale Wydawniczym

Institutu Łączności

Redaktor techniczny *A. Napiórkowska*

WNT Warszawa 1987. Wydanie I. Nakład 565 egz. Ark. wyd. 54. Ark. druk. 4,5 (5,99/A). Format B5. Papier dr. sat. kl. V — 70 g. Oddano do składania 18.11.66. Podpisano do druku 6.2.67. Druk ukończono w lutym 1967. Symbol 80390/INB Cena zł 20,—

Zakł. Graf. im. M. Kasprzaka — Poznań. Zam. 2321/66 — A-1

TADEUSZ TOMANKIEWICZ
LECH STASIEŃSKI

550.372:621.391.812.62

OKREŚLENIE TŁUMIENIA FALI PRZYZIEMNEJ Z POMIARÓW WŁASNOŚCI ELEKTRYCZNYCH ZIEMI

Rękopis dostarczono do Komitetu Redakcyjnego
dnia 15. II. 1966 r.

W pracy podano wyniki pomiarów σ_{ef} i ε_{ef} metodą elipsy polaryzacji na trasie o długości 58 km między Wrocławiem a Opolem. Badaną trasę podzielono na odcinki o zbliżonych wartościach σ_{ef} i ε_{ef} i wyznaczono dla nich wartości średnie σ_{sr} i ε_{sr} . Obliczono tłumienie fali przyziemnej dla różnych podziałów trasy na odcinki. Wyniki obliczeń porównano z wynikami pomiarów natężenia pola dla radiostacji wrocławskiej ($f \approx 1259$ kHz, $P = 50$ kW). Uzyskano dużą zgodność wyników obliczeń i pomiarów. Stwierdzono przydatność do określania tłumienia fali przyziemnej: a) metody określania σ i ε ziemi za pomocą elipsy polaryzacji, b) zastosowanej w pracy metody określania wartości średnich σ_{sr} i ε_{sr} , c) metody *Millingtona* do obliczeń tłumienia fali przyziemnej.

1. WSTĘP

Rozchodzenie się fal radiowych nad ziemią zależy od własności elektrycznych ziemi. W ogólnym przypadku ziemia jest elektrycznie niejednorodna i wykazuje dużą zmienność własności elektrycznych tak w kierunku poziomym, jak i pionowym (warstwowa struktura ziemi). Teoretyczna analiza rozchodzenia się fal radiowych nad ziemią niejednorodną, nawet dla tak wyidealizowanego przypadku, jak przyjęcie trasy składającej się z kilku odcinków jednorodnych, jest bardzo skomplikowana, a obliczenia są bardzo pracochłonne. Ponieważ rzeczywista ziemia wykazuje znaczną zmienność parametrów elektrycznych, stosowanie rygorystycznych metod do obliczenia tłumienia fali przyziemnej jest bardzo złożone i nie nadaje się do zastosowań praktycznych. Występuje zatem problem określania parametrów elektrycznych ziemi rzeczywistej i prostego obliczania tłumienia fali przyziemnej. W przypadku trasy składającej się z kilku odcinków jednorodnych jedna z tzw. metod półempirycznych, a mianowicie

metoda *Millingtona*, odznacza się stosunkowo dużą dokładnością i prostotą obliczeń [4]. W celu sprawdzenia przydatności i zastosowania wyników pomiarów σ_{ef} i ε_{ef} metodą elipsy polaryzacji do określenia tłumienia fali przyziemnej na trasie niejednorodnej wyznaczono wartości wyżej wymienionych parametrów ziemi na trasie o długości 58 km. Trasę podzielono na odcinki o zbliżonych własnościach elektrycznych, przyjęto dla nich wartości średnie $\bar{\sigma}_{ef}$ i $\bar{\varepsilon}_{ef}$, a następnie obliczono dla niej tłumienie fali przyziemnej metodą *Millingtona*.

Równocześnie z pomiarami σ_{ef} i ε_{ef} wykonano pomiar rozkładu natężenia pola wzdłuż trasy. Następnie porównano wyniki obliczonego przebiegu natężenia pola z wartościami zmierzonymi.

2. WYNIKI POMIARÓW σ_{ef} I ε_{ef} WZDŁUŻ TRASY

2.1. Dobór punktów pomiarowych

Trasę, na której przeprowadzono systematyczne pomiary σ_{ef} i ε_{ef} oraz pomiary przebiegu natężenia pola, wybrano ze względu na:

- 1) łatwość dojazdu,
- 2) brak przeszkód w postaci lasów, linii wysokiego napięcia przebiegających w pobliżu, większych miejscowości, torów kolejowych itp. przeszkód terenowych,
- 3) różnorodność trasy pod względem elektrycznym (odcinki o dobrej przewodności: tereny podmokłe, czarnoziem; o złej przewodności: tereny piaszczyste),
- 4) możliwie małe poziomy sygnałów zakłócających stacji pracujących na tej samej lub na zbliżonej częstotliwości do częstotliwości pomiarowej,
- 5) tereny możliwie płaskie.

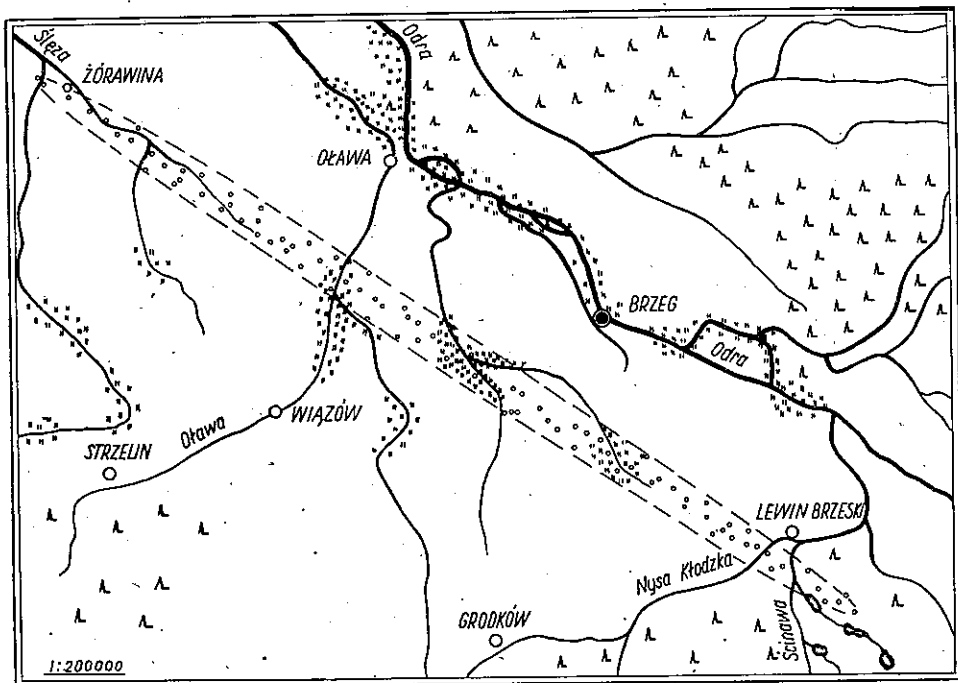
Przed ostatecznym wyborem trasy wykonano próbne pomiary na kilku trasach w oparciu o sygnał radiostacji wrocławskiej. Wybrana trasa ma długość 58 km i przebiega od radiostacji w Żórawinie do miejscowości Lipowa pod Opolem. Rozkład punktów pomiarowych na trasie przedstawia rys. 1. Początkowo trasa przebiega w terenie o dobrej przewodności (czarnoziem — 14 km), dalej w terenie o małej przewodności (gleba piaszczysto-gliniasta — 8 km) z niewielkim obszarem łąk podmokłych nad rzeką Oławą (2,5 km). Następnie na trasie występują tereny o średniej przewodności (ok. 20 km), o lepszej przewodności (12 km) i na końcu o złej przewodności.

Pomiary własności elektrycznych ziemi wykonano w obszarze pierwszej strefy *Fresnela* — jest to elipsa o dużej osi odpowiadającej w przybliżeniu, długości trasy 58 km, i małej osi ok. 2,5 km. Odległości między kolejnymi

punktami pomiarowymi wynosiły od 250 m do 800 m, przy czym gęściej wykonywano pomiary w terenie silnie niejednorodnym w kierunku poziomym. Przy wyborze punktów pomiarowych zwracano uwagę na:

- brak przeszkód terenowych,
- płaskie ukształtowanie terenu,
- jednorodność elektryczną ziemi w kierunku poziomym na możliwie dużym obszarze wokół punktu pomiarowego.

W przypadku dużych niejednorodności terenu wykonywano serię pomiarów na stosunkowo małym obszarze i jako wynik pomiaru dla tego obszaru brano wartości średnie. W każdym punkcie pomiarowym wykonywano co najmniej dwa pomiary kątów α i β .

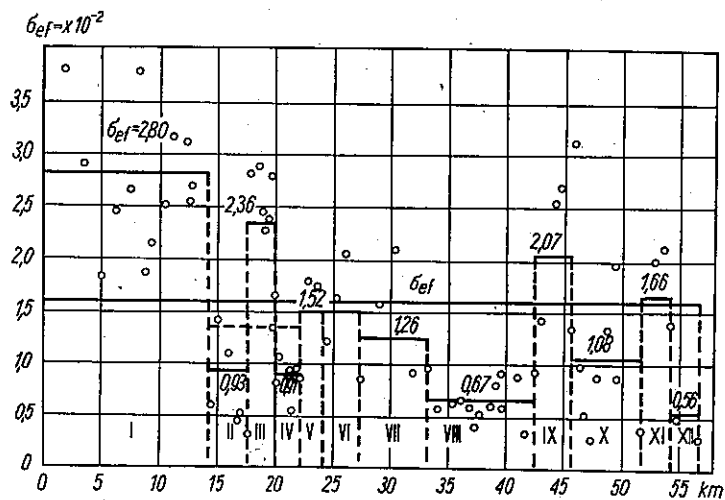


Rys. 1. Rozkład punktów pomiarowych na trasie

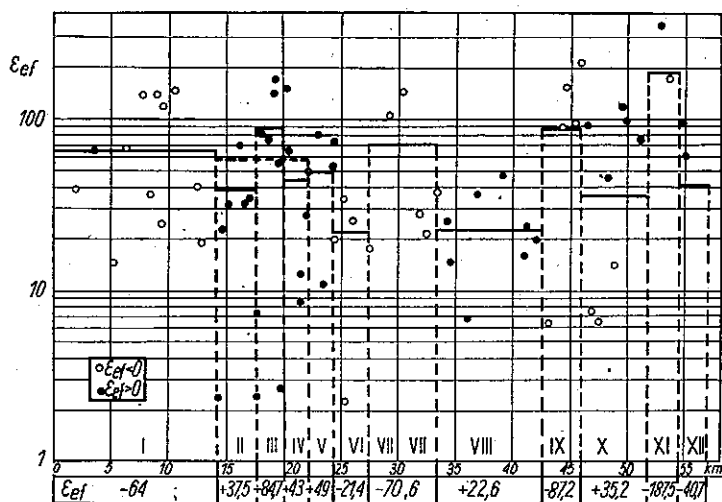
2.2. Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów przewodności ziemi σ_{ef} uzyskane w punktach pomiarowych są przedstawione na rys. 2, a wyniki ε_{ef} na rys. 3. Na wykresach widać często duże różnice wartości σ_{ef} i ε_{ef} dla bliskich punktów trasy. Można jednak podzielić trasę na odcinki, na których wartości σ_{ef} i ε_{ef} są stosunkowo bliskie. Granice między poszczególnymi odcinkami występują

na ogół dość ostro. Jednakże różnice wartości ε_{ef} na poszczególnych odcinkach są znacznie większe, co wynika z większych zmian ε_{ef} w terenie uwarstwionym w porównaniu ze zmianami σ_{ef} oraz z mniejszej dokładności wyznaczania ε_{ef} , zwłaszcza w tych punktach, gdzie $\alpha \sim \beta$. Po doko-



Rys. 2. Wyniki pomiarów σ_{ef} i wartości średnie



Rys. 3. Wyniki pomiarów ε_{ef} i wartości średnie

naniu podziału trasy na odcinki o zbliżonych σ_{ef} oraz na odcinki o zbliżonych ε_{ef} okazało się, że odcinki te na ogół się pokrywają, co znacznie uprościło dalsze obliczenia tłumienia fali przyziemnej wzdłuż trasy. Cała trasa została podzielona na 12 odcinków. Na ogół czarnoziem cechowały

ujemne wartości ε_{ef} , grunty podmokłe — dodatnie ε_{ef} o dużej wartości $|\varepsilon_{ef}|$, natomiast dla gruntów piaszczysto-gliniastych ε_{ef} ma na ogół wartości dodatnie, ale znacznie mniejsze odnośnie bezwzględnej wartości. Dla określenia wartości średnich $\sigma_{sr} = \bar{\sigma}_{ef}$ i $\varepsilon_{sr} = \bar{\varepsilon}_{ef}$ dla poszczególnych odcinków, punkty na wykresach połączono odcinkami linii prostej. Powstała w ten sposób krzywa łamana $\sigma_{ef} = \sigma_{ef}(x)$ i $\varepsilon_{ef} = \varepsilon_{ef}(x)$, gdzie x jest odległością punktu pomiarowego od początku danego odcinka trasy. Za przewodność elektryczną i przenikalność dielektryczną średnią dla danego odcinka przyjęto

$$\bar{\sigma}_{ef} = \frac{1}{l} \int_0^l \sigma(x) dx, \quad \bar{\varepsilon}_{ef} = \frac{1}{l} \int_0^l \varepsilon_{ef}(x) dx$$

gdzie l — długość danego odcinka. Właściwości elektryczne poszczególnych odcinków ujmuje poniższa tablica.

| Odcinek | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|-------|-------|------|------|-------|
| $\sigma_{ef} \cdot 10^{-2}$ [$\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$] | 2,80 | 0,93 | 2,36 | 0,91 | 1,52 | 1,52 |
| ε_{ef} | -64 | +37,5 | +84,7 | +43 | +49 | -21,4 |

| Odcinek | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| $\sigma_{ef} \cdot 10^{-2}$ [$\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$] | 1,26 | 0,67 | 2,07 | 1,08 | 1,66 | 0,56 |
| ε_{ef} | -70,6 | +22,6 | -87,2 | +35,2 | -187,5 | -40,7 |

2.3. Omówienie trasy

Odcinek pierwszy (0—14,2 km) znajduje się na obszarze czarnoziemiu. Jak wynika z tablicy, jest to odcinek o dużej przewodności i ujemnej przenikalności dielektrycznej. Na ogół nie wiadomo, na jakiej głębokości znajduje się na tym odcinku woda gruntowa. Drugi odcinek (14,2—17,6 km) znajduje się na obszarze piaszczysto-gliniastym, przy czym występuje ostra granica we własnościach elektrycznych i w rodzaju gruntu między pierwszym i drugim odcinkiem. Na odcinku tym jest mała przewodność i dodatnia przenikalność dielektryczna. Także i tutaj nieznaną jest głębokość wody gruntowej. Odcinek trzeci (17,6—20,0 km) przebiega na terenie podmokłym nad rzeką Oławą, przepływającą poprzecznie do trasy. Są to podmokłe łąki o dużej wartości przewodności i dodatniej przenikalności dielektrycznej. Głębokość wody gruntowej wynosi około 0,7 m. Od-

ciniek czwarty (20,0—22,2 km) ma glebę podobną do gleby odcinka drugiego i analogiczne własności elektryczne. Odcinek piąty (22,2—24,3 km) i szósty (24,3—27,4 km) znajdują się na terenie gliniastym. Poziom wody gruntowej nie jest znany. Jakkolwiek odcinki te mają tę samą wartość średniej przewodności, jednak zostały potraktowane jako różne, gdyż cechują się różnymi wartościami przenikalności dielektrycznej zarówno co do wartości, jak i co do znaku. Przyczyną tych różnic jest prawdopodobnie różna głębokość wody gruntowej. Odcinek siódmy (27,4—33,3 km) znajduje się na terenie podmokłym w okolicy Psarskiego, Pępickiego i Przyleskiego Potoku. Trasa przebiega na przemian nad terenami podmokłymi i suchymi. Występują duże wahania przewodności i przenikalności w poszczególnych punktach. Przenikalność dielektryczna jest jednak zawsze ujemna. Przewodność ma wartość średnią $\sigma_{ef} = 1,32 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\Omega m}$. Odcinek ósmy (33,3—42,6 km) leży na terenie piaszczystym, na ogół suchym. Zarówno przewodność jak i przenikalność jest niewielka. Odcinek dziewiąty (42,6—45,9 km) ma glebę piaszczysto-gliniastą. Teren jest zmeliorowany, poziom wody gruntowej na głębokości 1 m÷1,5 m. Mimo że nie ma czarnoziemiu, przewodność w poszczególnych punktach jest duża, ponieważ teren jest podmokły. Przenikalność dielektryczna jest ujemna i ma dużą wartość bezwzględną. Odcinek dziesiąty (45,3—51,8 km) przecina poprzecznie rzekę Nysę Kłodzką. Należałoby spodziewać się znacznych wartości σ_{ef} , jednakże wartość σ_{ef} na tym odcinku jest niewielka, co spowodowane jest tym, że gleba jest tu na ogół piaszczysta, a woda gruntowa głęboko. Przenikalność ϵ_{ef} również jest niewielka, dodatnia. Także odcinek jedenasty (51,8—54,3 km) znajduje się na terenie piaszczystym, podmokłym, poziom wody gruntowej około 0,7 m. Tutaj zauważono dużą wartość przewodności i nadzwyczaj dużą co do wartości bezwzględnej, ujemną wartość przenikalności. Jednakże z własności odcinków trzeciego i jedenastego wynika, że ujemna wartość ϵ_{ef} nie jest charakterystyczna tylko dla terenów podmokłych. Wreszcie odcinek dwunasty (54,3—56,8 km) przebiega przez teren piaszczysty, suchy. Charakteryzuje się bardzo małą przewodnością i również niewielką, ujemną przenikalnością. Omówiony wyżej podział trasy będziemy nazywali podziałem „A”.

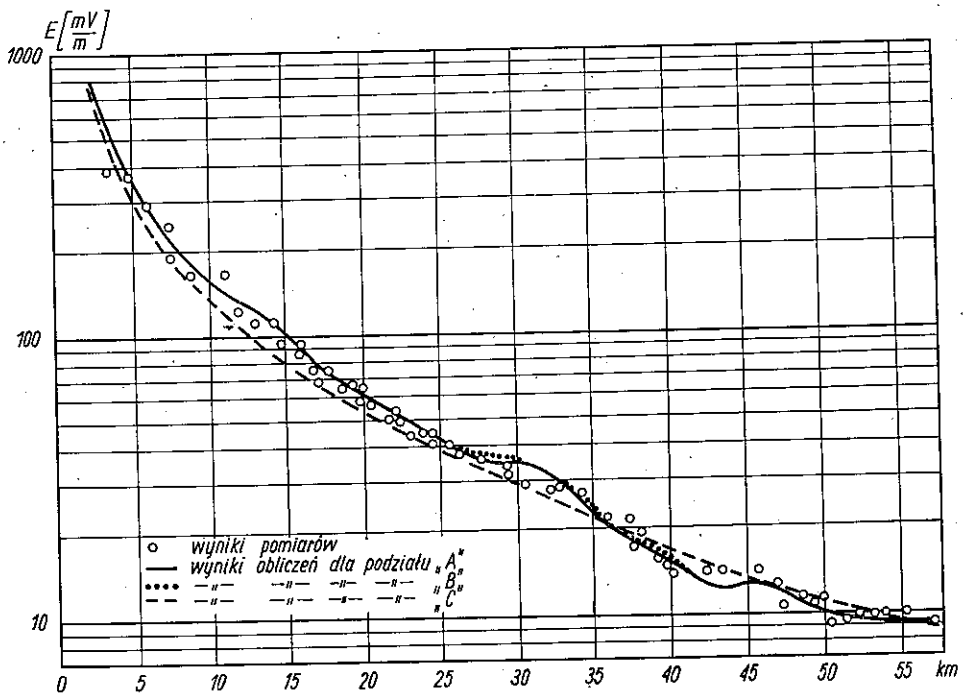
Ze względu na to, że odcinek trzeci jest stosunkowo krótki, a odcinki drugi i czwarty charakteryzują się bardzo zbliżonymi wartościami parametrów σ_{ef} i ϵ_{ef} , uśredniono również (w podany wyżej sposób) parametry na odcinkach drugim, trzecim i czwartym. Wypadkowe wartości wynoszą: $\sigma_{ef} = 1,36 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\Omega m}$, $\epsilon_{ef} = + 53,2$. Ten podział trasy, w którym uśredniono wartości parametrów dla odcinków drugiego, trzeciego i czwartego,

a pozostałe odcinki trasy zostały niezmienione (tabl. na str. 7), będziemy nazywali podziałem „B”.

Obliczono wreszcie średnie wartości σ_{ef} i ε_{ef} dla całej trasy (w sposób omówiony w rozdz. 2.2). Średnie wartości parametrów dla całej trasy wynoszą $\sigma_{ef} = 1,60 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{m}\Omega}$, $\varepsilon_{ef} = 4,4$ (wartość zbliżona do przyjmowanej dla krzywych tłumienia opublikowanych przez CCIR). Ten podział trasy będziemy nazywali podziałem „C”.

3. OBLICZENIE TŁUMIENIA FALI PRZEMIENNEJ

Znając uśrednione wartości elektrycznych parametrów ziemi dla poszczególnych odcinków trasy przeprowadzono obliczenie przebiegu natężenia pola wzdłuż trasy, stosując metodę *Millingtona*. Przy obliczeniach korzystano z uniwersalnych krzywych tłumienia podanych w pracy [1] dla dodatnich wartości ε_{ef} i w pracy [2] dla ujemnych wartości ε_{ef} . Można by korzystać tylko z krzywych podanych w pracy [2], jednakże ze względu na większą dokładność korzystano również z wykresów podanych w pracy [1]. Należy zaznaczyć, że korzystanie w obliczeniach z krzywych uni-



Rys. 4. Wyniki pomiarów natężenia pola i przebiegi obliczone

wersalnych wprowadza dodatkowe błędy związane z niedokładnością rysunku i odczytu współrzędnych na krzywych (dla zmniejszenia błędów odczytu stosowano wykresy czterokrotnie powiększone). Krzywe te są bowiem podane tylko dla kilku wartości stosunku $[f(1 + \epsilon_{ef})] : \sigma_{ef}$ tak, że w większości przypadków należało stosować interpolację dla wyznaczenia współczynnika tłumienia. Wyniki obliczeń tłumienia fali dla omówionych podziałów trasy „A”, „B” i „C” podano na rys. 4.

4. POMIARY NATĘŻENIA POLA

4.1. Metoda pomiaru natężenia pola

Pomiary natężenia pola wykonano za pomocą aparatury do pomiaru σ_{ef} i ϵ_{ef} , stosując metodę przedstawioną w pracy [3]. W obudowie odbiornika pomiarowego umieszczony był lokalny generator w.c.z. zasilający małą antenkę zewnętrzną. Sprzężenie między antenką lokalnego generatora i anteną odbiornika przy jej położeniu poziomym jest dla danej częstotliwości stałe (pojemnościowe). Pomiary wykonywano przy ustalonych wartościach prądu w antenie generatora. W ten sposób indukowała się w antenie odbiornika (ustawionej na wychylenie zerowe w mierzonym polu) stała SEM, odpowiadająca pewnemu stałemu natężeniu pola E_c . Po wyłączeniu generatora obracano dipolem w płaszczyźnie pionowej tak, aby uzyskać na wyjściu odbiornika to samo wychylenie, jak przy zasilaniu z generatora. Kąt obrotu γ , przy którym indukuje się w antenie odbiornika z mierzonego pola SEM odpowiadająca E_c , określa wielkość składowej pionowej mierzonego pola:

$$E_c = E_z \sin \gamma, \quad E_z = \frac{E_c}{\sin \gamma}$$

Stałą wartość E_c wyznaczono przy użyciu wzorcowego miernika natężenia pola.

4.2. Dokładność pomiaru natężenia pola

Ze wzoru $E_z = \frac{E_c}{\sin \gamma}$ wynika, że względna wartość błędu pomiaru natężenia pola wynosi $\left| \frac{\Delta E_z}{E_z} \right| = |\Delta \gamma| \operatorname{ctg} \gamma$. Wynika stąd mała względna dokładność pomiaru natężenia pola w przypadku małych kątów γ . Małe kąty γ występują przy silnych polach i małej wartości E_c . Dla zwiększenia dokładności w przypadku silnych pól należy zmniejszyć czułość odbiornika pomiarowego, zwiększając równocześnie odpowiednio stałą E_c o tyle

dB, o ile została zmniejszona czułość odbiornika. Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że powtarzalność pomiaru kąta γ wynosi około $|\Delta\gamma| = 0,2^\circ$. W pobliżu radiostacji wrocławskiej otrzymywano kąty γ równe około 2° . Stąd dokładność pomiaru wynosiła

$$\left| \frac{\Delta E_z}{E_z} \right| = \frac{0,2\pi}{180} \operatorname{ctg} 2^\circ = 0,10$$

Zwiększając stałą E_c o 20 dB otrzymujemy w tych samych warunkach dokładność $\left| \frac{\Delta E_z}{E_z} \right| = 0,01$, a więc 10 razy lepszą.

Przebieg dokładności pomiaru natężenia pola w funkcji odległości od radiostacji nadawczej przy stosowaniu stałej $E_c = 6 \frac{\text{mV}}{\text{m}}$ przedstawia poniższa tablica:

| d [km] | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|--------------------|-------|------|------|-------|--------|
| $ \Delta E_z/E_z $ | 0,137 | 0,04 | 0,02 | 0,009 | 0,0013 |

Należy ponadto zwrócić uwagę na to, że dokładny pomiar przebiegu natężenia pola wzdłuż pewnej trasy jest utrudniony jeszcze z innego powodu. Radiostacja jest zasilana z ogólnej sieci energetycznej, w której występują wahania napięcia. Ma to istotny wpływ na napięcie anodowe stopnia mocy nadajnika, a więc na moc wypromieniowaną przez nadajnik. Wahania napięcia anodowego mogą być spowodowane także przez samą radiostację przy zmianach głębokości modulacji. Pomiaru przebiegu natężenia pola wzdłuż pewnej trasy w sposób ścisły można by dokonać mierząc natężenie pola w punktach pomiarowych w tym samym momencie. Jest to oczywiście niemożliwe. Rozrzuty wyników pomiaru natężenia pola dokonywanych w tym samym miejscu w odstępach kilkudniowych wynoszą około 10%.

4.3. Porównanie wyników pomiarów i obliczeń tłumienia fali

Wyniki pomiarów przebiegu natężenia pola wzdłuż trasy oraz wyniki obliczeń przebiegu natężenia pola dla podziału „A” zostały przedstawione na rys. 4. Wynika z niego duża zgodność przebiegów tłumionego i obliczonego. Na przeważającej części trasy wyniki są zgodne w granicach paru procent. Największe rozbieżności, które występują jedynie w kilku punktach między tymi przebiegami w funkcji odległości, podano w tablicy na str. 12.

| | | | | | | |
|-------------------------|-----|----|----|----|----|----|
| Odległość (km) | 7,5 | 15 | 20 | 30 | 43 | 50 |
| Rozbieżność wyników w % | 20 | 16 | 20 | 16 | 15 | 10 |

Na powyższe rozbieżności składają się:

- 1) wahania mierzonego natężenia pola,
- 2) dokładność pomiaru natężenia pola,
- 3) dokładność pomiaru σ_{ef} i ε_{ef} ,
- 4) metoda uśredniania σ_{ef} i ε_{ef} ,
- 5) niedokładność metody *Millingtona*,
- 6) niedokładność obliczeń (stosowanie krzywych tłumienia interpolowanych, niedokładność odczytów z wykresu).

Wydaje się, że wobec tylu przyczyn błędów pomiaru i obliczeń uzyskana zgodność wyników pomiarów i obliczeń tłumienia jest duża. Zwiększenie zgodności obu przebiegów jest raczej trudne praktycznie do zrealizowania. Wszystkie powyższe okoliczności wskazują, że uzyskana zgodność jest w zupełności wystarczająca do stosowania wyników pomiarów σ_{ef} i ε_{ef} przy obliczaniu tłumienia fali przyziemnej. Potwierdza się również doświadczalnie przydatność metody *Millingtona*.

Rozbieżności między wynikami obliczeń i pomiarów są bardzo małe, co wskazuje na to, że nawet przy znacznych różnicach własności elektrycznych ziemi nie jest konieczny podział na odcinki małe rzędu pojedynczych kilometrów. Na rys. 4 przedstawiono również przebieg tłumienia dla podziału „C”, tzn. przy przyjęciu dla całej trasy jednej średniej wartości $\sigma_{ef} = 1,60 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\Omega m}$, $\varepsilon_{ef} = + 4,4$. Maksymalne różnice wynoszą: w odległości 14 km — 29%, w odległości 30,5 km — 26%, w odległości 43 km — 17%. Wynika z tego, że stosując przy obliczaniu tłumienia wartości średnie σ_{ef} i ε_{ef} , nawet dla długich odcinków kilkudziesięciu kilometrów, uzyskuje się wyniki obliczeń tłumienia wystarczające dla celów praktycznych.

5. WNIOSKI

Z powyższych rozważań wynika, że użyta metoda pomiaru σ_{ef} i ε_{ef} oraz zastosowana metoda uśredniania ich na trasie nadaje się do obliczeń tłumienia fali przyziemnej. Na podstawie dotychczasowych prac nie można jeszcze podać wytycznych odnośnie optymalnej gęstości wykonywania pomiarów. Jednak na podstawie uzyskanych wyników można przyjąć, że minimalna odległość między punktami pomiarowymi wynosi 1 km.

Помiar własności elektrycznych ziemi w jednym punkcie przy dwukrotnym pomiarze kąta α i dwukrotnym pomiarze kąta β wraz z pomiarem natężenia pola trwa nie dłużej niż pół godziny. W ciągu jednego dnia ekipa terenowa złożona z trzech ludzi może wykonać, uwzględniając czas dojazdów, około 8 do 10 pomiarów, co odpowiada odcinkowi około 10 km.

Do pomiarów najbardziej nadaje się okres letni, po żniwach, gdyż łatwo jest znaleźć wówczas odpowiednie miejsce do pomiarów.

Wysiłki mające na celu dalsze zwiększenie dokładności pomiarów σ_{ef} i ϵ_{ef} oraz natężenia pola wydają się być niecelowe. Omówiona metoda nie pozwala na określenie σ_{ef} i ϵ_{ef} takich terenów, jak lasy, miasta i niedostępne mokradła.

WYKAZ LITERATURY

1. ALPERT J. Ł., GINZBURG W. Ł., FEINBERG J. Ł.: Rasprostranienje radjowoln. GITTE, Moskwa, 1953.
2. WAIT J. R.: Radiation from a Vertical Electric Dipole over a Stratified Ground. Trans. IRE Vol. AP-1, 1953, nr 1, s. 9—11.
3. GROSSKOPF J.: Über Bodenleitfähigkeitsmessungen in Schleswig-Holstein. FTZ t. 2, 1949, s. 211—218.
4. MILLINGTON G.: Ground-Wave Propagation over an Inhomogeneous Smooth Earth. Proc. IEE; cz. III, t. 96, 1949, s. 53—64.

T. Томапкевич
Л. Стасерски

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ ЗЕМНОЙ ВОЛНЫ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕМЛИ

Резюме

В работе приведены результаты измерений σ_{ef} и ϵ_{ef} по методу эллипса поляризации на трассе длиной 58 км между г. Вроцлав и г. Ополе. Изучаемая трасса была разделена на участки со сходными значениями σ_{ef} и ϵ_{ef} и были определены для них средние значения σ_{ef} и ϵ_{ef} . Было рассчитано затухание земной волны при разных делениях трассы на участки. Результаты вычислений были сравнены с результатами измерений напряженности поля вроцлавской радиостанции ($f = 1259$ кГц, $P = 50$ кВт). Получена значительная согласованность результатов вычислений и измерений. Подтверждена пригодность трех, приведенных ниже, методов для определения затухания земной волны: а) метода определения σ и ϵ

земли с помощью эллипса поляризации, б) использованного в настоящем труде метода определения средних значений σ_{sr} и ε_{sr} , в) метода Миллингтона для расчетов затухания земной волны.

T. Tomankiewicz

L. Stasiński

SURFACE WAVE LOSS DETERMINATION FROM THE ELECTRICAL PROPERTIES OF THE SOIL MEASUREMENTS

Summary

The results of σ_{eff} and ε_{eff} measurements by the polarisation ellipse method on 58 km route between Wrocław and Opole are presented. The investigated route was divided into sectors of similar values. σ_{eff} and ε_{eff} are measured and the corresponding average values σ_{sr} and ε_{sr} were established. The soil wave loss for different sector divisions of the route was computed. The computation results were compared with field strength measurement results for radio station Wrocław ($f = 1259$ kHz, $P = 50$ kW). A great conformity of computation and measurement results was obtained. It was admitted as suitable for surface wave loss determination: a) σ and ε determination method by polarisation ellipse, b) average σ_{sr} and ε_{sr} values determination method, as used in this work, c) Millington method for surface wave loss computation.

T. Tomankiewicz

L. Stasiński

DÉTERMINATION DE L'ATTÉNUATION DE L'ONDE DE SOL EN PARTANT DES MESURES DES PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES DU SOL

Résumé

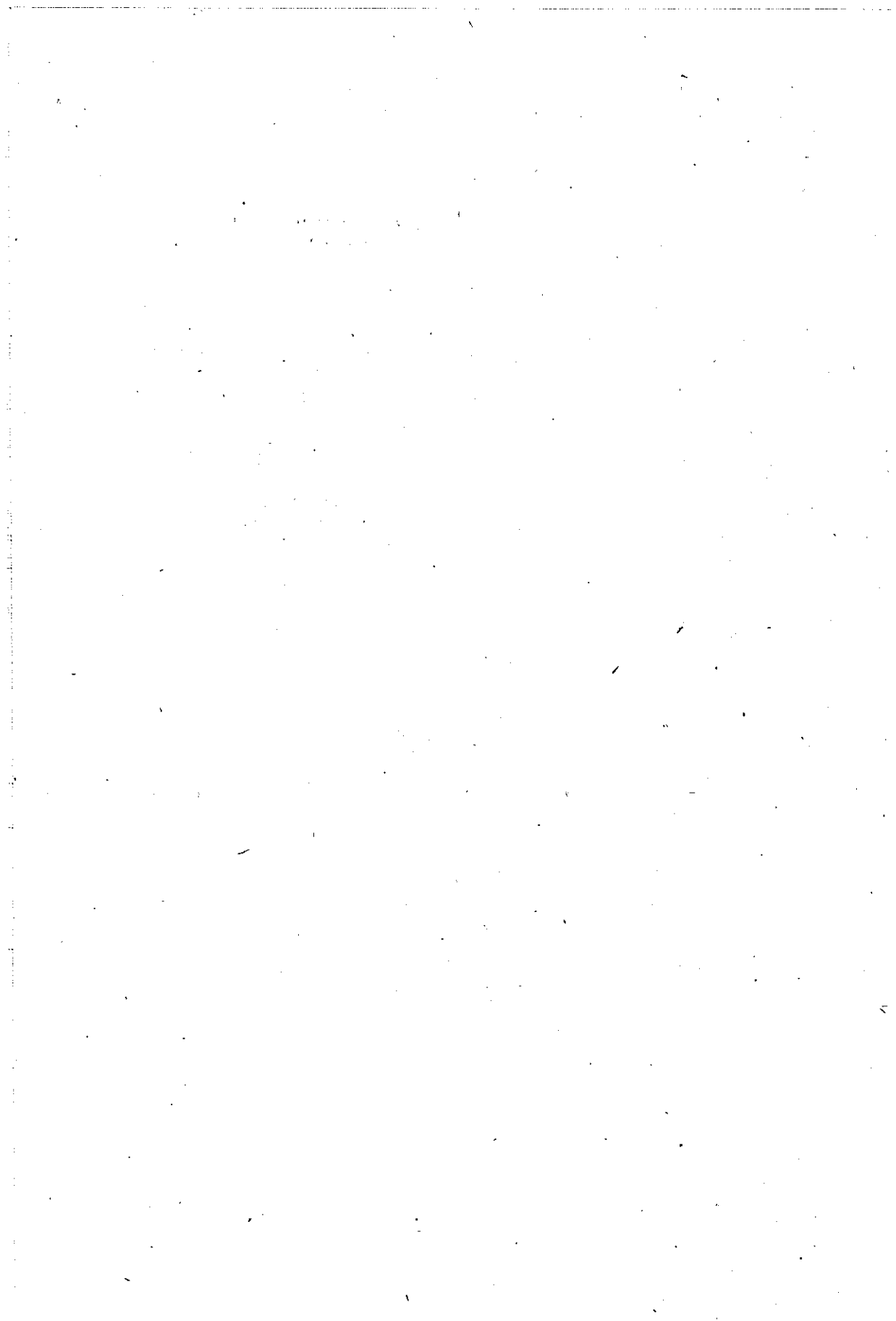
On présente les résultats des mesures de σ_{eff} et ε_{eff} selon la méthode de l'ellipse de polarisation sur un trajet d'une longueur de 58 km entre Wrocław et Opole. Le trajet étudié a été divisé en secteurs de longueurs semblables. On a mesuré σ_{eff} et ε_{eff} et on a déterminé pour eux les valeurs moyennes σ_{sr} et ε_{sr} . On a calculé l'atténuation de l'onde de sol pour différentes répartitions du trajet en secteurs. Les résultats des calculs ont été comparés avec les résultats des mesures de l'intensité du champ de l'émetteurs de Wrocław ($f = 1259$ kHz, $P = 50$ kW). On a obtenu une très grande conformité des résultats des calculs et des mesures. On a constaté que pour déterminer l'atténuation de l'onde de sol sont utiles: a) la méthode de détermination de σ et ε du sol à l'aide de l'ellipse de polarisation, b) la méthode de détermination des valeurs moyennes σ_{sr} et ε_{sr} , utilisée dans ce travail, c) la méthode de Millington pour les calculs de l'atténuation de l'onde de sol.

T. Tomankiewicz
L. Stasiński

BESTIMMUNG DER BODENWELLENDÄMPFUNG AUS DEN MESSUNGEN DER
ELEKTRISCHEN BODENEIGENSCHAFTEN

Zusammenfassung.

Die Messergebnisse von σ_{eff} und ϵ_{eff} mit dem Verfahren der Polarisationsellipse auf der Strecke von 58 km Länge zwischen Wrocław und Opole werden dargestellt. Die zu untersuchende Strecke wurde in Abschnitte von ungefähr gleichen Längen geteilt. Aus den gemessenen Werten von σ_{eff} und ϵ_{eff} wurden die Mittelwerte σ_{mitt} und ϵ_{mitt} festgestellt. Die Dämpfung der Bodenwelle wurde für verschiedene Teilmengen der Strecke auf Abschnitte berechnet. Die Berechnungsergebnisse wurden mit Messergebnissen der Feldstärke des Senders Wrocław ($f = 1259$ kHz, $P = 50$ kW) verglichen. Eine erhebliche Übereinstimmung der Berechnung und Mess-Ergebnisse wurde erreicht. Für die Bestimmung der Bodenwellendämpfung wurde als tauglich festgestellt: a) das Bestimmungsverfahren von σ und ϵ des Bodens mittels der Polarisationsellipse, b) das in dieser Arbeit angewendete Bestimmungsverfahren der Mittelwerte von σ_{mitt} und ϵ_{mitt} , c) das Verfahren von Millington für die Berechnung der Bodenwellendämpfung.



TADEUSZ TOMANKIEWICZ
LECH STASIEŃSKI

550.372:621.391.812.62

OKREŚLENIE WŁASNOŚCI ELEKTRYCZNYCH ZIEMI Z POMIARÓW ELIPSY POLARYZACJI FALI PRZYZIEMNEJ

Manuskrypt dostarczono do Komitetu Redakcyjnego
dnia 15. II. 1966 r.

W pracy przedstawiono metodę określania efektywnej przewodności elektrycznej σ_{ef} i efektywnej przenikalności dielektrycznej ϵ_{ef} niejednorodnej ziemi z pomiaru nachylenia i stosunku osi elipsy polaryzacji fali przyziemnej. Szczególną uwagę zwrócono na pomiar nachylenia elipsy polaryzacji nie względem pionu, lecz względem normalnej do terenu w otoczeniu o wymiarach rzędu długości fali w ziemi. Uzyskano znaczną dokładność pomiarów dla terenu o małych nieregularnościach.

1. WSTĘP

Znajomość elektrycznych własności ziemi w zakresie wielkich częstotliwości ma w radiotechnice duże znaczenie. Jest ona potrzebna przy lokalizacji obiektów radiotechnicznych, jak np. radiostacje nadawcze w zakresie fal długich i średnich oraz centra nadawcze i odbiorcze w zakresie krótkofalowym. Własności ziemi mają w tych przypadkach istotny wpływ na sprawność i własności promieniowania urządzeń antenowych. Znajomość własności elektrycznych ziemi jest także potrzebna do określania rozchodzenia się fal elektromagnetycznych wzdłuż ziemi — tłumienia fali przyziemnej i refrakcji brzegowej. Zwykle zależy nam na określeniu pewnych efektywnych wartości przewodności elektrycznej σ_{ef} i przenikalności dielektrycznej ϵ_{ef} ziemi rzeczywistej, przeważnie niejednorodnej elektrycznie tak w kierunku pionowym, jak i poziomym, na ogół o powierzchni nieregularnej. Decydujący wpływ na własności elektryczne ziemi ma skład gleby, jej wilgotność oraz struktura warstwowa ziemi. W zależności od budowy gleby, zwłaszcza w kierunku pionowym, własności elektryczne σ_{ef} i ϵ_{ef} zmieniają się w funkcji częstotliwości; ϵ_{ef} może przy tym mieć wartości ujemne, a przy przejściu w kierunku poziomym z terenu o złej przewodności na teren o bardzo dobrej przewodności (łąd-morze) i σ_{ef} może

osiągać także wartości ujemne; jest to związane ze zjawiskiem wzrastania natężenia pola z odległością przy przejściu fali z lądu nad morze (recovery effect).

2. PODSTAWY TEORETYCZNE

2.1. Struktura pola fali elektromagnetycznej nad płaską ziemią jednorodną dla pionowego dipola promieniującego

Struktura pola fali elektromagnetycznej wypromieniowanej przez pionowy element, rozchodzącej się w ośrodku nieprzewodzącym (w powietrzu), wzdłuż ośrodka przewodzącego (nad ziemią) jest ściśle związana z własnościami elektrycznymi ośrodka przewodzącego: z jego przewodnością elektryczną σ i z przenikalnością dielektryczną ϵ [1]. Zwykle względna przenikalność magnetyczna ziemi jest równa jedności. Historyczny rozwój ujęcia teoretycznego rozchodzenia się fali przyziemnej i obecny stan metod teoretycznych i empirycznych przedstawił w języku polskim Z. Godziński w pracy [2]. Istotnym postępowaniem w teorii rozchodzenia się fal elektromagnetycznych nad ziemią płaską i jednorodną była praca Sommerfelda [3]. Wypadkowe pole ujął on jako złożone z pola pierwotnego (rozchodzącego się w nieograniczonym ośrodku jednorodnym) oraz pola wtórnego uwzględniającego wpływ ziemi. Ujęcie to ze względu na złożony aparat matematyczny jest dość uciążliwe dla zastosowań praktycznych. Podobne wyniki jak Sommerfeld uzyskał na innej drodze Weyl [4], który ujął wypadkowe pole jako superpozycję jednorodnych i niejednorodnych fal płaskich. Ważne dla praktyki są prace Szulejkina [5], van der Pola [6], [7], Niessena [6, 7], Nortona [8], [9] i Riazina [10], [11] zawierające ostateczne wzory i ich dyskusję. Krytyczne ujęcie problemu podaje Feinberg [12]. W jego ujęciu przybliżony wzór na składową normalną do powierzchni ziemi pola elektrycznego tuż nad ziemią dla pionowego elementu promieniującego także tuż nad ziemią ma postać:

$$E(r) = y(sr) \frac{e^{-ik_0 r}}{r}$$

We wzorze tym czynnik $\frac{e^{-ik_0 r}}{r}$ przedstawia pole nad idealnie przewodzącą płaszczyzną, $y(sr)$ ujmuje tłumienie fali przez ziemię o skończonej przewodności, gdzie:

sr — odległość liczbowa,

r — odległość,

s — współczynnik zależny od własności elektrycznych ziemi i od częstotliwości:

$$S = \frac{\pi}{\lambda \left[\frac{4\pi\sigma}{\omega} + i(\varepsilon + 1) \right]}$$

σ — przewodność ziemi,

ε — przenikalność dielektryczna ziemi.

Wzory podano w układzie cgs abs.

Tłumienie ziemi $y(sr)$ jest określone wzorem

$$y(sr) = 1 - 2\sqrt{sr} e^{-sr} \int_{-i\infty}^{\sqrt{sr}} e^{v^2} dv$$

Całka występująca we wzorze nie daje się obliczyć elementarnie. Wartości jej są ujęte dla rzeczywistych odległości liczbowych w tablicach pracy [13]. Dla małych i dużych odległości liczbowych tłumienie można ująć przybliżonymi wzorami:

dla $|sr| < \approx 0,1$

$$y(sr) = 1 - i\sqrt{\pi sr} - 2sr,$$

dla $|sr| > \approx 4$

$$y(sr) \approx -\frac{1}{2sr} - \frac{3}{4(sr)^2} - \frac{15}{8(sr)^3}$$

dla dużych odległości liczbowych $|sr| > \approx 20$

$$y(sr) \approx -\frac{1}{2sr}$$

Funkcję tłumienia można przedstawić w postaci wykładniczej

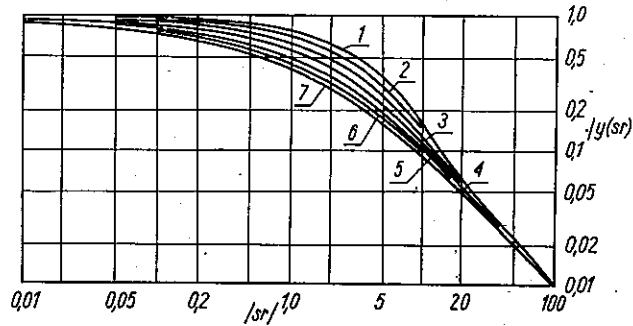
$$y = |y| e^{-i\varphi}$$

Przebieg modułu i fazy y w funkcji $|sr|$ zależnie od charakteru fazowego s podany jest na rysunkach 1 i 2. Malenie $|y|$ ze wzrostem odległości oznacza tłumienie ziemi; nieliniowe zmiany fazy oznaczają zmiany szybkości fazowej fal elektromagnetycznych. Dla dużych odległości faza zdąża do wartości asymptotycznej

$$\varphi_{asympt} = \pi - \text{arctg} \frac{(\varepsilon + 1)\omega}{4\pi\sigma}$$

Oznacza to, że szybkość fazowa przestaje się zmieniać i jest równa szybkości fazowej w wolnej przestrzeni. Wzory powyższe są słuszne dla ziemi jednorodnej i płaskiej. Założenie ziemi płaskiej jest słuszne tylko

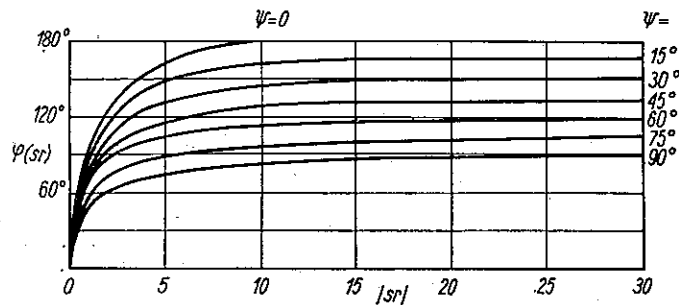
dla małych odległości; dla dużych odległości należy przyjąć ziemię kulistą. Uogólnienie poprzednich wyników analizy na ziemię kulistą prowadzi do zastąpienia funkcji cylindrycznych kulistymi. Uzyskane szeregi są wolnozbieżne. Po odpowiednich przekształceniach uzyskano szeregi szybkozbieżne, przy pomocy których wykonano obliczenia. Dla celów praktycznych ujęto je w postaci wykresów i tablic, np. krzywe CCIR.



Rys. 1. Przebiegi modułu $|y|$ funkcji $y(sr)$ dla różnych charakterów fazowych współczynnika s w zależności od wartości iloczynu $|sr|$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{(\varepsilon+1)\omega}{4\pi\sigma}, \quad \psi = \operatorname{arctg} \frac{(\varepsilon+1)\omega}{4\pi\sigma}$$

| Krzywa | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------------|-----------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|
| $\operatorname{tg} \psi$ | 0 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | ∞ |
| ψ | 0° | $11^\circ 20'$ | $26^\circ 30'$ | 45° | $63^\circ 30'$ | $78^\circ 40'$ | 90° |



Rys. 2. Przebiegi argumentu φ funkcji $y(sr)$ dla różnych charakterów fazowych współczynnika s w zależności od wartości iloczynu $|sr|$

Niezależnie od tych prac uczeni radzieccy opracowali bardzo płodną metodę analizy teoretycznej, opartą na zastosowaniu przybliżonych warunków brzegowych. Przy pomocy tej metody *Leontowicz* zanalizował

rozchodzenie się fal elektromagnetycznych wokół ziemi kulistej, uwzględniając także refrakcję w atmosferze [14]. Metodę tę zastosowano następnie do analizy rozchodzenia się fal elektromagnetycznych nad terenem niejednorodnym.

Warunki brzegowe, jakie spełniają wektory natężenia pola na granicy obu ośrodków — powietrza i doskonałego przewodnika — są bardzo proste. Dla powietrza zespolona przenikalność dielektryczna $\epsilon_{rk} = 1$, dla doskonałego przewodnika $\epsilon_{rk} = \infty$. Natężenie pola jest normalne do granicy obu ośrodków $E_h = 0$. Dla najczęstszego przypadku ziemi rzeczywistej moduł jej zespolonej przenikalności dielektrycznej jest znacznie większy od modułu przenikalności dielektrycznej powietrza $|\epsilon_{rk}| \gg 1$ i warunki brzegowe mało różnią się od przypadku $\epsilon_{rk} = \infty$. Aby je określić, rozważa się pole w znacznej odległości od źródła, na małej powierzchni na granicy powietrza i ziemi o skończonej przewodności. W tym przypadku funkcja tłumienia jest wolnozmienna na odcinku długości fali w powietrzu. W związku z wnikaniem energii pola do przewodnika w kierunku zbliżonym do normalnego, z warunków granicznych wynika występowanie także oprócz składowej normalnej pola, składowej stycznej E_h w przewodniku i w powietrzu w kierunku rozchodzenia się fali. Stosunek modułów składowej stycznej E_h do składowej normalnej E_z oraz ich przesunięcie w fazie jest określone przez σ i ϵ ośrodka przewodzącego. W rezultacie fala elektromagnetyczna nad ośrodkiem przewodzącym jest spolaryzowana eliptycznie. Ze stosunku wielkości osi elipsy oraz nachylenia dużej osi względem normalnej można określić przewodność oraz przenikalność dielektryczną ośrodka przewodzącego.

2.2. Struktura pola nad płaską ziemią niejednorodną

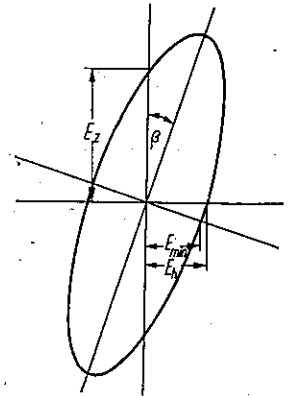
W warunkach rzeczywistych ziemia jako ośrodek przewodzący jest także elektrycznie niejednorodna. Występują najczęściej oprócz niejednorodności w kierunku poziomym znaczne niejednorodności w kierunku pionowym. Ziemia ma najczęściej strukturę warstwową; pod stosunkowo cienką warstwą gleby występują inne warstwy geologiczne oraz woda gruntowa, charakteryzujące się różnymi właściwościami elektrycznymi. Fala elektromagnetyczna wnikając do ziemi jest silnie tłumiona, a na granicach warstw występują częściowe odbicia i przenikania fali oraz ich interferencje.

O strukturze fali nad powierzchnią takiej ziemi decydują zjawiska zachodzące w głębi niejednorodnej ziemi. Elipsa polaryzacji nad ziemią niejednorodną jest związana z jej efektywną przewodnością oraz przenikalnością. W pracy [15] podano związki między efektywnymi parametra-

mi ziemi a stosunkiem osi i nachyleniem elipsy (rys. 3).

$$\sigma_{ef} = \sigma_0 \frac{4 \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3}{\left[1 + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2\right]^2}, \quad \varepsilon_{ef} = \frac{1}{\alpha^2} \frac{\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 - \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^4}{\left[1 + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2\right]^2},$$

$$\sigma_0 = \frac{f[\text{Hz}]}{4 \sin^2 \alpha} \approx \frac{f[\text{Hz}]}{4 \alpha^2}$$



Rys. 3. Elipsa polaryzacji

2.3. Struktura pola nad ziemią o małych nieregularnościach

Gdy powierzchnia ziemi nie jest płaska i występują stosunkowo nieduże nieregularności w postaci odchylenia powierzchni od poziomu, fala przyziemna określona przez warunki brzegowe dopasowuje się do powierzchni ziemi. Małe nieregularności względem długości fali w ziemi rzędu kilkunastu centymetrów (np. bruzdy) nie mają wpływu na strukturę fali na wysokości około 1 m. Jeśli nieregularności ziemi są rzędu kilkunastu metrów o niedużym odchyleniu od poziomu (kilka stopni), fala przyziemna dopasowuje się do lokalnej powierzchni terenu. Potwierdziły to specjalnie wykonane pomiary struktury fali elektromagnetycznej w terenie o większych nieregularnościach. Kąt β nachylenia wielkiej osi elipsy należy określać wówczas nie względem pionu, lecz względem lokalnej normalnej do terenu w otoczeniu punktu pomiarowego. Składowa styczna pola E_h ma wówczas kierunek nie poziomy, lecz równoległy do terenu w płaszczyźnie rozchodzenia się fali.

3. OPIS APARATURY

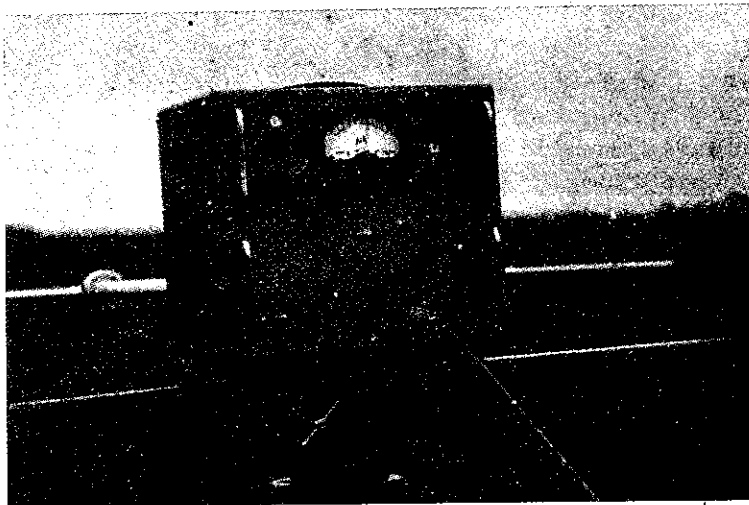
Do pomiarów elipsy polaryzacji użyto dipol symetryczny o długości około 1,5 m. Jako wskaźnika natężenia pola użyto odbiornika z przemianą częstotliwości, składającego się z jednostopniowego wzmacniacza w.c.z., stopnia przemiany częstotliwości, dwóch stopni wzmacniacza p.c.z., detekcji o odpowiednio dużej stałej czasu i wskaźnika natężenia pola. W celu zmniejszenia wpływu wymiarów odbiornika na strukturę pola w otoczeniu dipola połączono go mechanicznie z odbiornikiem ramieniem o długości około 1 m. Wewnątrz ramienia znajdowała się linia koncentryczna

łącząca elektrycznie dipol z odbiornikiem. Zwrócono szczególną uwagę na symetryzację dipola w układzie sprzęgającym go z linią koncentryczną. Czułość odbiornika regulowano wielkością sprzężenia anteny z obwodem wejściowym stopnia w.cz. W celu uzyskania dużej stałości wzmocnienia w czasie pomiarów stabilizowano napięcie anodowe, a do żarzenia lamp użyto akumulatora żelazo-niklowego. Ponadto w czasie pomiarów kontrolowano wielkości napięć zasilania. Aby wyeliminować wpływ temperatury zewnętrznej na częstotliwość lokalnej heterodyny, zastosowano układ ze stabilizacją kwarcową. Początkowe punkty pracy lamp dobrano tak, aby uzyskać liniową zależność między wychyleńiami wskaźnika i natężeniem pola. Liniowość sprawdzono porównując wychylenia wskaźnika z kątami położenia dipola przy obracaniu nim w płaszczyźnie pionowej, prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali. Uzyskano zależność:

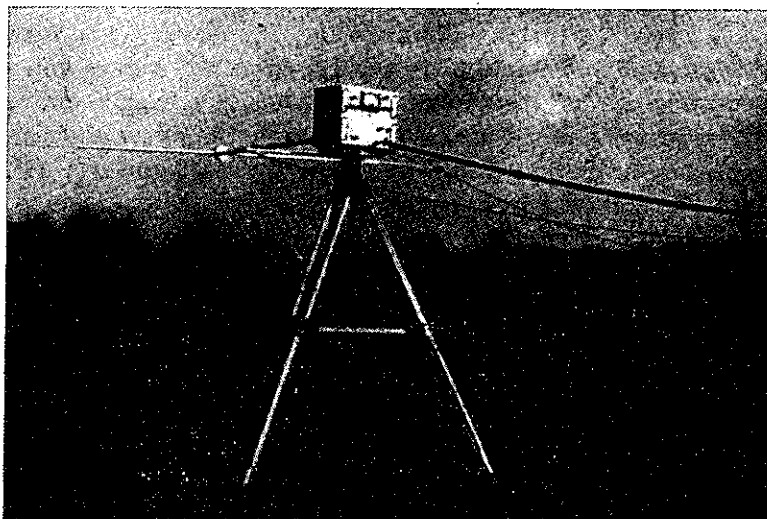
$$E = E_z \sin \alpha$$

Czułość odbiornika powinna być odpowiednio duża, aby przy natężeniach pola E_z około 0,1 mV/m, przy dobrze przewodzącej ziemi, uzyskać pełne wychylenie wskaźnika dla składowej poziomej E_h .

Odbiornik umieszczono w obudowie metalowej o możliwie małych wymiarach ($265 \times 315 \times 215$) w celu zmniejszenia wpływu odbiornika na kształt pola elektromagnetycznego. Wpływ wymiarów geometrycznych odbiornika na wyniki pomiarów zbadano nakładając na aparaturę konstrukcję metalową zwiększającą objętość układu dwukrotnie. Nie zauważono wpływu zwiększonych wymiarów na wyniki pomiarów, a zatem wymiary zastosowanego odbiornika są wystarczająco małe. Specjalną uwagę zwrócono na precyzję napędów mechanicznych ustalających położenie di-



Fot. 4. Zdjęcie odbiornika



Fot. 5. Zdjęcie kompletnej aparatury pomiarowej

pola i na wskaźniki położenia dipola. Do obrotu dipola w płaszczyźnie pionowej zastosowano przekładnię ślimakową oraz bezluzową przekładnię zębatą stożkową o stosunku 1 : 120. Z dipolem połączono sztywno podziałkę kątową, na której odczytuje się położenie dipola w płaszczyźnie pionowej z dokładnością do 0,1 stopnia. Obrót dipola w płaszczyźnie poziomej uzyskiwano obracając odbiornik wraz z dipolem naokoło osi pionowej. Całość jest zmontowana obrotowo na stabilnym mechanicznie trójnożnym stojaku na wysokości około 1,6 m nad ziemią. Regulowana długość nóg umożliwia pionowe ustawienie osi, naokoło której obraca się odbiornik z dipolem. Pionowe ustawienie stojaka jest określane za pomocą czułej poziomnicy. Położenie dipola w płaszczyźnie poziomej jest ustawiane według wskazań skali kątowej, której początkowe położenie zerowe ustawia się w kierunku rozchodzenia się fali elektromagnetycznej (azymut $\varphi = 0$). Całość aparatury jest pokazana na rys. 4 i 5.

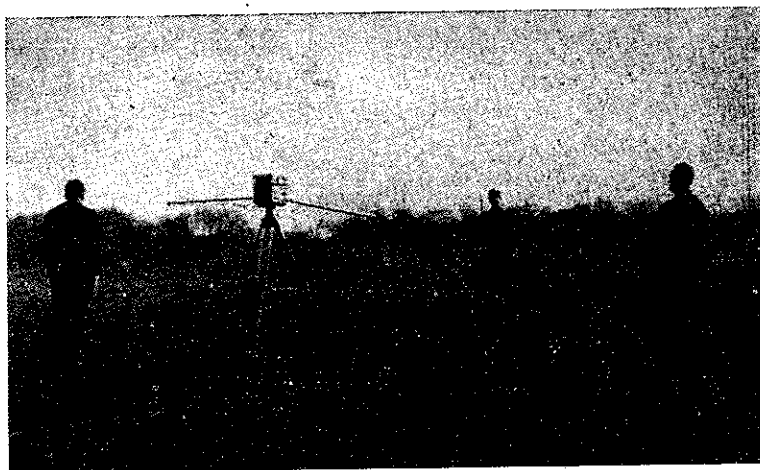
4. METODA POMIARU

4.1. Sposób dokonywania pomiaru, sterowania i obserwacji

Pomiary wykonuje się w terenie:

- 1) wolnym od przeszkód terenowych, jak np. linie wysokiego napięcia, linie telefoniczne, linie kolejowe, drzewa, budynki itp.,
- 2) możliwie płaskim w otoczeniu kilkunastu metrów (ale nie koniecznie poziomym).

Pierwszą czynnością przy wykonywaniu pomiaru jest pionowe ustawienie stojaka i zmontowanie na nim aparatury. Następnie załącza się źródła napięć i sprawdza napięcie anodowe i żarzenia. Przy możliwie dużej czułości odbiornika szuka się takiego położenia dipola, przy którym otrzymuje się wychylenie zerowe wskaźnika. W ten sposób jest określony kierunek przychodzenia fali (poziomą skalę ustawiamy na wartość azymutu $\varphi = 0$) oraz kierunek dipola równoległy lokalnie do terenu (w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny rozchodzenia się fali). Odczytujemy go na noniuszu kątowej skali pionowej z dokładnością do 0,1 stopnia. Następnie obracamy odbiornikiem wraz z dipolem w płaszczyźnie poziomej o kąt 90° (azymut $\varphi = 90^\circ$). Gdyby teren był poziomy i oś obrotu pionowa, dipol byłby po obrocie także równoległy do ziemi, a przyrząd wskazywałby wychylenie proporcjonalne do składowej poziomej E_h , gdyż dipol jest ustawiony teraz w kierunku rozchodzenia się fali. Ponieważ jednak lokalne nachylenia terenu są niezauważalne w granicach do $0,5^\circ$, a pomiaru kąta β nachylenia małej osi względem terenu chcemy dokonać z dokładnością $0,1^\circ$, należy więc ustawić dipol w płaszczyźnie rozchodzenia się fali równoległe do terenu w obszarze kilku metrów z dokładnością także $0,1^\circ$. Do ustawienia dipola równoległe do terenu w obszarze kilkunastu metrów użyto tyczki izolacyjnej zakończonej metalowym ostrzem wbijanym w ziemię i krążkiem ograniczającym głębokość wbicia. Tyczka jest zaopatrzona we wskazówkę przesuwaną wzdłuż jej osi. Najpierw wbijamy tyczkę pionowo w ziemię pod środkiem dipola i ustalamy wysokość wskazówki na wysokości dipola. Następnie ustawiamy pionowo tyczkę w odległości około 10 m od dipola w płaszczyźnie rozchodzenia się fali wyznaczonej przez dipol dla $\varphi = 90^\circ$ i antenę stacji nadawczej (rys. 6).



Fot. 6. Ustawianie dipola równoległe do terenu

Obracając dipolem w płaszczyźnie pionowej ustawiamy go za pomocą specjalnych urządzeń celowniczych zmontowanych na końcach dipola na wskazówkę na tyczce i położenie dipola odczytujemy na pionowej skali katowej. Czynność tę powtarzamy ustawiając tyczkę w kierunku przeciwnym względem dipola i stacji nadawczej i podobnie dokonujemy odczytu położenia dipola. W terenie niezupełnie płaskim może wystąpić różnica obu odczytów. Ustawiamy wówczas dipol w położeniu odpowiadającym średniej arytmetycznej z obu położen. Następnie czułość odbiornika ustalamy na cały czas dokonywania pomiaru taką, aby wielkość wychylenia przyrządu przy tym położeniu, proporcjonalna do E'_h , była odpowiednio duża (około 0,8 pełnego wychylenia przyrządu). Obracamy teraz dipolem w płaszczyźnie pionowej w kierunku od stacji nadawczej i odczytujemy minimalne wychylenie przyrządu E'_{min} odpowiadające małej osi elipsy. Aby zmierzyć dokładnie położenie niezbyt ostro występującego minimum, obracamy dalej dipolem w tym samym kierunku, aż do uzyskania wychylenia odpowiadającego E'_h . Kąt między dwoma położeniami dipola przy wskazaniach odpowiadających E'_h jest równy $2\beta'$. W celu dokładniejszego wyznaczenia kąta β wykonujemy ponownie taki sam pomiar dla azymutu $\varphi = 270^\circ$. Analogicznie ustawiamy położenie równoległe dipola do terenu za pomocą tyczki, dokonujemy odczytu proporcjonalnego do E''_h i E''_{min} oraz wyznaczamy kąt $2\beta''$. Jest jasne, że dla $\varphi = 90^\circ$ i $\varphi = 270^\circ$ powinny być spełnione równości: $\beta' = \beta''$; $E'_h = E''_h$; $E'_{min} = E''_{min}$.

W terenie o większych lokalnych nieregularnościach ostatnie równości mogą nie być spełnione. Wówczas jest wskazany pomiar kąta β względem takiego położenia dipola, w którym otrzymuje się średnią arytmetyczną E'_h i E''_h . Można również przyjąć kąt β jako równy średniej arytmetycznej kątów β' i β'' . Oba sposoby dają praktycznie te same wyniki kąta β z dokładnością $0,1^\circ$, nawet w terenie o większych nieregularnościach.

Przy podanym wyżej sposobie określenia położenia dipola równoległego do terenu, przy lokalnych małych nieregularnościach rzędu 5 cm, łatwo zauważalnych, jak bruzdy, dółki, zakrzywienia powierzchni, błąd ustawienia wynosi

$$\Delta\beta \cong \arctg \frac{0,05 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 0,005 \approx 0,3^\circ$$

Dokonując pomiaru kąta β w opisany sposób dla $\varphi = 90^\circ$ oraz $\varphi = 270^\circ$ uzyskujemy zwiększenie dokładności. Duży wpływ na dokładność pomiaru kąta β ma dobór odpowiednio płaskiego terenu.

Po dokonaniu pomiaru kąta β ustawiamy dipol w położeniu początkowym odpowiadającym zerowemu wychyleniu przyrządu ($\varphi = 0$), a następnie obracamy nim w obu kierunkach w płaszczyźnie pionowej, aż do uzyskania wychyleń odpowiadających małej osi elipsy E_{min} i odczytujemy

kąty położenia dipola na pionowej podziałce kątowej. Różnica między tymi kątami jest równa 2α . W celu uzyskania większej dokładności wykonuje się ten pomiar dwukrotnie i bierze się średnią arytmetyczną. Czas pomiaru kątów β i α w jednym miejscu wynosi około 15 minut.

W celu uniknięcia wpływu osób wykonujących pomiar na rozkład natężenia pola w pobliżu dipola obsługa znajduje się w odległości około 4—5 m od odbiornika z drugiej strony dipola. Sprawdzone, że przy dobrej symetrii elektrycznej anteny odległość ta gwarantowała zupełny brak wpływu personelu na wyniki pomiaru. Dipol w płaszczyźnie pionowej obracano z tej odległości za pomocą rurki izolacyjnej połączonej z układem napędowym, a obrotu odbiornika z dipolem dokonywano w płaszczyźnie poziomej za pomocą izolacyjnej linki. Odczytu wskazań przyrządów dokonywano także z odpowiedniej odległości za pomocą lornetki (rys. 7).



Fot. 7. Odczytywanie wartości E_{min} oraz E_h za pomocą lornetki

W celu sprawdzenia liniowości całego układu oraz wpływu personelu zmierzono zależność wskazań przyrządu od położenia dipola w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Uzyskano zależność sinusoidalną w funkcji kąta obrotu, co świadczy o liniowości odbiornika i braku wpływu personelu na strukturę pola elektromagnetycznego w otoczeniu dipola dla wszelkich jego położenia.

4.2. Powtarzalność wskazań przyrządu

W celu sprawdzenia powtarzalności wskazań przyrządu przy pomiarze kątów α i β dla tego samego terenu wykonano kilka pomiarów sprawdzających. Pomiaru te wykonywano w terenie wolnym od przeszkód oraz możliwie płaskim. Wykonano je w następujących wariantach:

a. Po zmontowaniu aparatury na stojaku zmierzono kilka razy kąty β i α nie rozmontowując aparatury. Dla każdego pomiaru osobno określano za pomocą tyczki położenie dipola równoległe do terenu w płaszczyźnie rozchodzenia się fali.

b. Wykonano kilka pomiarów kątów β i α w tym samym miejscu, rozmontowując kompletnie aparaturę.

c. Wykonano kilka pomiarów w kilku punktach na małej powierzchni kwadratowej o boku około 20 m, gdzie można przyjąć, że σ_{ef} i ε_{ef} są prawie jednakowe.

Dla zakresu fal średnich kąty α i β wynoszą około $2^\circ \div 5^\circ$.

Z pomiarów sprawdzających wynikały rozrzuty w zmierzonych wielkościach kątów α i β nie przekraczające $0,2^\circ$. Na uzyskaną dokładność pomiaru kątów α i β składa się dokładność ustawienia i odczytu położenia dipola w płaszczyźnie pionowej (za pomocą noniusza) oraz dokładność ustawienia dipola równoległe do terenu za pomocą tyczki. Wysiłki zmierzające do uzyskania większej dokładności są niecelowe, gdyż praktycznie nie występuje teren zupełnie regularny. Nawet w terenie, który wydaje się zupełnie płaski występują lokalne nierówności o wysokości do 5 cm, powodując niedokładności w ustawieniu dipola równoległym do terenu rzędu uzyskanej powtarzalności pomiarów.

W celu sprawdzenia powtarzalności pomiarów w terenie nieregularnym wykonano także kilka pomiarów w okolicach pogórkowatych o nachyleniu zboczy względem poziomu do kilku stopni. Przy określaniu położenia równoległego do terenu za pomocą tyczki oraz przyjmując położenie średnie dla $\varphi = 90^\circ$ i $\varphi = 270^\circ$ uzyskiwano powtarzalność wyników pomiarów dla α i β w tym samym miejscu także w granicach $0,2^\circ$.

Przy zmianach miejsca pomiarów w terenie nieregularnym występowały szybsze zmiany α i β , a więc σ_{ef} i ε_{ef} niż w terenie płaskim. Jest to spowodowane szybszą zmianą σ_{ef} i ε_{ef} , związaną np. ze zmianą głębokości wody gruntowej i zmianą w strukturze warstwowej terenu.

4.3. Wpływ obiektów w terenie na wyniki pomiarów

Obiekty o dużych wymiarach względem λ_0 , jak np. budynki, drzewa, linie kolejowe, a zwłaszcza linie wysokiego napięcia i telefoniczne, mogą mieć znaczny wpływ na rozkład wypadkowego pola elektromagnetycznego w swoim otoczeniu. Stanowią one źródła wtórne fal elektromagnetycznych. Najsilniejszy ich wpływ na wypadkowe pole występuje w bezpośrednim otoczeniu, w ich obszarze bliskim. Wpływ ten szybko maleje, początkowo odwrotnie proporcjonalnie do trzeciej, a dalej do niższych potęg odległości. Pole wtórne od linii wysokiego napięcia może mieć do-

wolną polaryzację, gdyż oprócz poziomych przewodów występują pionowe konstrukcje wsporcze o długości porównywalnej z λ_0 .

W celu określenia wpływu linii wysokiego napięcia wykonano pomiary β i α w pobliżu linii zbudowanej wzdłuż kierunku rozchodzenia się fali pierwotnej elektromagnetycznej oraz w kierunku prostopadłym. Stwierdzono silniejszy wpływ linii równoległej do kierunku rozchodzenia się fali elektromagnetycznej. W bezpośrednim otoczeniu linii występuje silna zmiana polaryzacji wypadkowego pola wskutek interferencji fali pierwotnej i wtórnej. Znajdowano położenie zerowe dipola, jednak różne od położenia równoległego do terenu i prostopadłego do kierunku rozchodzenia się fali pierwotnej. W bezpośrednim sąsiedztwie linii zauważono różnice we wskazaniach przyrządu odpowiadających małym osiom elipsy dla $\varphi = 90^\circ$ i $\varphi = 270^\circ$. Świadczy to o szybkim maleniu pola źródła wtórnego, zauważalnym już na odcinku o długości 2 m (położenie dipola dla $\varphi = 90^\circ$ i $\varphi = 270^\circ$). W odległości około λ_0 nie zauważono wpływu linii na wyniki pomiaru.

Podobnie określono wpływ drzew o wysokości kilkunastu metrów na strukturę pola elektromagnetycznego. Bardzo blisko drzew, w odległości 10 do 20 m, stwierdzono silną zmianę polaryzacji wypadkowego pola oraz różne wskazania przyrządu odpowiadające małej osi elipsy dla $\varphi = 90^\circ$ i $\varphi = 270^\circ$. W odległości około $0,5 \lambda_0$ od pojedynczych drzew wpływu ich nie zauważono.

Inne obiekty w terenie o wymiarach porównywalnych względem λ_0 miały podobny wpływ. Natomiast przedmioty metalowe o długości kilku metrów miały mały wpływ, zauważalny dopiero w odległości kilku metrów.

Zauważono także wpływ zboża na strukturę fali przyziemnej w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Wpływ ten uzewnętrznia się w postaci nierówności minimalnych wskazań dla $\varphi = 90^\circ$ i $\varphi = 270^\circ$, zwłaszcza gdy przy jednym z tych położen dipol jest tuż przy zbożu. Wpływ ten zanika już w odległości kilku metrów. W związku z powyższym wybór odpowiedniego miejsca do pomiarów w okresie przed zbieraniem zbóż jest utrudniony.

4.4. Wpływ wahań natężenia pola

W celu uzyskania dużej dokładności pomiarów kątów β i α natężenie pola w czasie całego pomiaru powinno być stałe. Przy bardzo powolnych zmianach napięcia sieci zasilającej nadajnik zmienia się także natężenie pola — nie ma to jednak wpływu na pomiary własności ziemi, które nie zależą od bezwzględnej wartości natężenia pola. W nadajnikach dużej mocy z anodową modulacją amplitudy, o modulatorach pracujących

w układzie przeciwsobnym w klasie B, przy zmianach głębokości modulacji występują wahania pobieranej mocy, a więc także i wahania napięć zasilających. Wzrost głębokości modulacji może być więc przyczyną zmniejszenia się poziomu fali nośnej. (Wypadkowa moc fali zmodulowanej jednak wówczas rośnie). W celu sprawdzenia wpływu szybkich wahań natężenia pola, związanych ze zmianami głębokości modulacji, obserwowano przez dłuższy okres czasu wychylenia przyrządu. Nie stwierdzono ich wahań.

O stałości natężenia pola w czasie pomiaru kątów β i α w jednym miejscu mogą świadczyć wyniki odczytów odpowiadających małej osi elipsy dla $\varphi = 90^\circ$ i 270° . Powinny one być równe. W celu zmniejszenia wpływu ewentualnych wahań natężenia pola na wyniki pomiarów starano się po ustaleniu kierunku rozchodzenia się fali i położenia dipola równoległych do terenu wykonać pomiary kątów α i β w możliwie krótkim czasie.

Wahanie wypadkowego natężenia pola może także spowodować występowanie w miejscu pomiaru fali odbitej od jonosfery. Ma to miejsce w zakresie średniofalowym już w odległości kilkudziesięciu km od radiostacji. Fala jonosferyczna ma znaczny wpływ w czasie małego tłumienia jonosfery, związanego z małą aktywnością słońca. Zachodzi to w nocy i w okresie zimowym. Dlatego pomiary należy wykonywać w dzień w okresie letnim, gdy nie ma wpływu fali jonosferycznej. Po zachodzie słońca wahania natężenia pola praktycznie uniemożliwiają pomiary. W celu zapewnienia przy pomiarach stałej wartości natężenia pola należy wykonywać je w polu fali przyziemnej tylko jednej radiostacji. Praktycznie niemożliwe jest wykonywanie pomiarów w polu pochodzącym od dwóch radiostacji zsynchronizowanych ze sobą, gdyż występują wówczas wahania wypadkowego pola, zależne od stosunku obu pól, a częstotliwość wahań jest zależna od niestałości częstotliwości stacji.

4.5. Dyskusja dokładności σ_{ef} , ε_{ef}

Ze wzorów podanych w rozdz. 2.2 wynikają następujące zależności na względne błędy σ_{ef} i ε_{ef} (przy $\Delta\alpha = \Delta\beta$):

$$\left| \frac{\Delta\sigma_{ef}}{\sigma_{ef}} \right| \cong \left\{ 2 + \frac{\left(1 + \frac{\alpha}{\beta}\right) \left| 3 - \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 \right|}{4 \left[1 + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 \right] \sigma_0} \right\} \left| \frac{\Delta\alpha}{\alpha} \right|,$$

$$\left| \frac{\Delta\varepsilon_{ef}}{\varepsilon_{ef}} \right| \cong \frac{2 \left[\frac{\alpha}{\beta} \left| 3 - \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 \right| + \left| 3 \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 - 1 \right| \right]}{\left[1 + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 \right] \left[\left| 1 - \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 \right| \right]} \left| \frac{\Delta\beta}{\beta} \right|$$

Z uzyskanej powtarzalności pomiarów α i β przyjęto $\Delta\alpha = \Delta\beta = 0,2^\circ$. Dla typowych terenów uzyskano wyniki podane w tabeli poniżej.

$$f = 1259 \text{ kHz}$$

| Rodzaj gleby | Typowe kąty | | Typowe wartości parametrów | |
|-------------------|-------------|---------|---|------------|
| | α | β | $\frac{\sigma}{\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}}$ | ϵ |
| Podmokłe łąki | 1,7° | 2,3° | $2,65 \cdot 10^{-2}$ | +120 |
| Czarnoziem | 2,5° | 2° | $2,15 \cdot 10^{-2}$ | -70 |
| Gleba gliniasta | 3,5° | 5° | $0,58 \cdot 10^{-2}$ | +30 |
| Gleba piaszczysta | 6,7° | 5,8° | $0,28 \cdot 10^{-2}$ | -6 |

Dla ziemi o dobrej przewodności wypadkowa dokładność przewodności $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma} \right| \leq 20\%$. Dla ziemi o średniej przewodności $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma} \right| \leq 15\%$. Dla ziemi o złej przewodności $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma} \right| \leq 10\%$.

Błąd względny dla dobrej ziemi jest największy, gdyż wówczas występują najmniejsze kąty α i β .

W zakresie długofalowym na wielkość tłumienia ma wpływ tylko przewodność ziemi, w zakresie średnifalowym zaczyna odgrywać już wpływ ϵ_{ef} , jednakże wpływ ten jest jeszcze niewielki.

Ze wzoru na ϵ_{ef} wynika, że zależnie od stosunku $\frac{\alpha}{\beta}$ wielkość ϵ_{ef} może być dodatnia lub ujemna. Dla $\frac{\alpha}{\beta} > 1$, $\epsilon_{ef} < 0$. Dla $\frac{\alpha}{\beta} < 1$, $\epsilon_{ef} > 0$. Ujemne ϵ_{ef} są charakterystyczne dla terenów o pewnej strukturze warstwowej. Ponieważ w liczniku wzoru na ϵ_{ef} występuje różnica $\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 - \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^4$, więc w otoczeniu $\alpha \approx \beta$ uzyskujemy bardzo małą dokładność. W zakresie tym $\left| \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon} \right|$ bywa rzędu 500%. Dla różnych wartości α i β , $\frac{\Delta\epsilon}{\epsilon}$ maleje do 50%.

5. WNIOSKI

Z omówionych zależności rozchodzenia się fal elektromagnetycznych wzdłuż granicy ośrodków — nie przewodzącego i przewodzącego — wynika, że struktura fali przyziemnej w miejscu pomiaru odpowiada własnościom elektrycznym terenu σ_{ef} i ϵ_{ef} w obszarze rzędu długości fali λ w ośrodku przewodzącym. W zakresie długofalowym długość fali λ wynosi kilkadziesiąt metrów, a w zakresie średnifalowym kilkanaście me-

trów. Omówiona metoda może więc być stosowana przy poszukiwaniu terenu o dobrej przewodności, np. do lokalizacji obiektów radiowych. Dobra przewodność terenu w otoczeniu urządzeń antenowych wpływa korzystnie na ich sprawność i charakterystykę promieniowania.

Wyniki pomiarów wykonanych opisaną metodą, jako dotyczące tylko małego obszaru, nie będą mogły być użyte bezpośrednio do określenia tłumienia fali przyziemnej na dużych obszarach. Wykonanie np. mapy przewodności ziemi większych terenów, która mogłaby być użyta do określenia tłumienia fali przyziemnej, wymagałoby wykonania dużej liczby pomiarów o dużym zagęszczeniu w terenie i ich uśrednienia. Każda metoda opierająca się na pomiarach struktury fali przyziemnej (lub na bezpośrednim pomiarze własności elektrycznych gruntu w danym miejscu) dotyczy tylko małego terenu.

W celu zbadania statystycznego sposobu ujęcia wyników pomiarów σ_{ef} i ϵ_{ef} terenu oraz porównania zgodności wyników obliczeń i pomiarów tłumienia fali przyziemnej wykonano odpowiednie pomiary i obliczenia dla trasy o długości kilkadziesiąt kilometrów. Prace wykonane w tym zakresie opisano w artykule pt. „Określenie tłumienia fali przyziemnej z pomiarów własności elektrycznych ziemi”.

Podana metoda określania kierunku dipola równoległego do ziemi w płaszczyźnie rozchodzenia się fali daje maksymalną dokładność, jaką można uzyskać w rzeczywistych warunkach terenowych. Drobne nieregularności terenu, trudne do zauważenia, nie pozwalają na osiągnięcie większej dokładności przy pomiarze kąta β . Uzyskiwanie większych dokładności przy określaniu σ_{ef} i ϵ_{ef} nie jest celowe ze względu na:

- 1) występowanie znacznych rozrzutów w wynikach pomiarów w odległościach kilkuset metrów,
- 2) występowanie zmian σ_{ef} i ϵ_{ef} ze zmianami pór roku.

WYKAZ LITERATURY

1. ALPERT J. Ł., GINZBURG W. Ł., FEINBERG J. Ł.: Rasprostranienje radio-wohn. GITŁ, Moskwa, 1953.
2. GODZIŃSKI Z.: Rozchodzenie się fal elektromagnetycznych nad terenem niejednorodnym. Rozprawy Elektrotechniczne, t. II, 1956, s. 471—556.
3. SOMMERFELD A.: Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie. Ann. Physik, t. 28, 1909, s. 665—736.
4. WEYL H.: Ausbreitung elektromagnetischer Wellen über einen ebenen Leiter. Ann. Physik, t. 60, 1919, s. 481—500.
5. SZULEJKIN M. W.: Rasprostranienje elektromagnitnoj energii. Wyp. 1, Izd. Pierwowo Ruskowo Radjobiuro, Moskwa, 1923, s. 73.

6. Van der POL B., NIESSEN K. F.: Über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen über eine ebene Erde. Ann. Physik, t. 6, 1930, s. 273—294.
7. Van der POL B., NIESSEN K. F.: Über die Raumwellen von einem vertikalen Dipolsender auf ebener Erde. Ann. Physik, t. 10, 1931, s. 485—510.
8. NORTON K. A.: The Propagation of Radio Waves over a Plane Earth. Nature, t. 135, 1935, s. 954—955.
9. NORTON K. A.: The Physical Reality of Space and Surface Waves in the Radiation Field of Radio Antennas. Proc. IRE, t. 25, 1937, s. 1192—1202.
10. RIAZIN P. A.: Nowiejszije issledowanja rasprostranienja radjowołn. Sbornik I, Gostiechizdat 1945, s. 101.
11. RIAZIN P. A.: Rasprostranienje radjowołn w dol ziemnoj powierzchni. Trudy Fiz. Inst. im. P. N. Lebidiewa, AN SSSR, t. III, nr 2, 1946, s. 47—120.
12. FEINBERG J. Ł.: Rasprostranienje radjowołn w dol riealnoj powierzchni. Sbornik wtoroj, Issledowanja po rasprostranienju radjowołn. Izd. AN SSSR, Moskwa—Leningrad, 1948, s. 97—215.
13. JAHNKE E., EMDE F.: Tablicy funkcji s formułami i krywymi. GITTE, Moskwa—Leningrad, 1949.
14. LEONTOWICZ M. A.: O pribliżonnych granicznych ustowjach dla elektromagnitonowo pola na powierzchni choroszo prowadiaszczycch tief. Sbornik wtoroj. Issledowanja po rasprostranienju radjowołn. Moskwa—Leningrad, 1948.
15. GROSSKOPF J.: Über Bodenleitfähigkeitsmessungen in Schleswig-Holstein, FTZ, t. 2, 1949, s. 211—218.

T. *Томанкевич*

L. *Стасерски*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕМЛИ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ЭЛЛИПСА ПОЛЯРИЗАЦИИ ЗЕМНОЙ ВОЛНЫ.

Резюме

В работе представлен метод определения эффективной электрической проводимости σ_{ef} и эффективной диэлектрической проницаемости ϵ_{ef} неоднородной земли по измерению наклона и отношения осей эллипса поляризации земной волны. Особое внимание обращено на измерение наклона эллипса поляризации не относительно вертикали, а относительно нормали к окружающей территории протяженностью порядка длины волны в земле. Получена значительная точность измерений в местностях с малыми нерегулярностями.

T. *Tomankiewicz*

L. *Stasiński*

DETERMINATION OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF THE SOIL FROM POLARISATION ELLIPSE MEASUREMENTS OF THE SURFACE WAVE

Summary

A method of determination of the effective electrical conductance σ_{eff} and of the effective dielectric constant ϵ_{eff} of the non homogeneous soil is presented, which makes use of the surface wave polarisation, ellipse slope and its axes relation mea-

surements. Peculiar attention was paid to polarisation ellipse slope measurements with regard not to the vertical but to the normal to the terrain in the environment whose dimensions are of the order of one wavelength in the soil. A considerable exactitude of measurements for a terrain with small irregularities was attained.

T. Tomankiewicz
L. Stasiński

DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES DU SOL À L'AIDE DES
MESURES DE L'ELLIPSE DE POLARISATION DE L'ONDE DE SOL

Résumé

On présente une méthode de détermination de la conductance électrique effective σ_{eff} et de la constante diélectrique effective ϵ_{eff} du sol hétérogène en partant de la mesure de la pente et du rapport des axes de l'ellipse de polarisation de l'onde de sol. L'attention toute particulière a été portée sur la mesure de la pente de l'ellipse de polarisation non pas par rapport à la verticale mais par rapport à la normale au terrain de l'entourage aux dimensions de l'ordre d'une longueur d'onde dans le sol. On a obtenu une importante précision des mesures pour un terrain à petites irrégularités.

T. Tomankiewicz
L. Stasiński

BESTIMMUNG DER ELEKTRISCHEN EIGENSCHAFTEN DES BODENS AUS
DEN MESSUNGEN DER POLARISATIONSELLIPSE DER BODENWELLE

Zusammenfassung

Ein Verfahren für die Bestimmung der effektiven Leitfähigkeit σ_{eff} und der effektiven dielektrischen Konstante ϵ_{eff} des inhomogenen Bodens aus den Messungen von Achsenneigung und — Verhältnis der Polarisationsellipse der Bodenwelle wird dargestellt. Eine besondere Aufmerksamkeit wurde auf die Messung von Achsenneigung der Polarisationsellipse nicht gegenüber der Senkrechten sondern gegenüber der Normale zum Gelände in der Umgebung mit Abmessungen von der Größenordnung einer Wellenlänge im Boden, gelenkt. Eine erhebliche Messgenauigkeit für das Gelände von geringen Unregelmäßigkeiten wurde erreicht.

KAZIMIERZ DEMSKI
KRZYSZTOF KOWALSKI
TADEUSZ TUDEK

656.882.073.46

PÓLAUTOMATYCZNA MASZYNA ROZDZIELCZA PACZEK TYP MRp-IL-64

Rękopis dostarczono do Komitetu Redakcyjnego
dnia 31. III. 1966 r.

Podano opis opracowanego i zbudowanego w Instytucie Łączności urządzenia do półautomatycznego rozdziału paczek na 11 kierunków. Wydajność praktyczna urządzenia w zależności od wielkości paczek dochodzi do 3600 paczek/godz.

Stanowisko rozdzielcze wyposażone w pulpit sterowniczy jest obsługiwane przez jednego operatora. Układ sterowniczy opiera się na systemie przekaźnikowo-wyberakowym z pamięcią pojemnościową. Elementy zapisu i odczytu informacji sterowniczych każdego członu rozdzielczego są zamontowane na jednym, osobnym panelu szafy sterowniczej.

1. WSTĘP

Wprowadzenie mechanizacji transportu i rozdziału paczek ma na celu eliminację wysiłku fizycznego pracowników rozdzielni oraz zwiększenie wydajności pracy, a tym samym przyspieszenie obiegu przesyłek.

Mechanizacja obejmuje przede wszystkim dworcowe urzędy pocztowe, w których skupia się ruch paczek wysyłanych i przesyłanych do danej miejscowości.

Niniejsza praca omawia zasadę działania i budowę półautomatycznej maszyny rozdzielczej paczek typu MRp-IL-64, opracowanej w Instytucie Łączności w Zakładzie Techniki i Organizacji Pracy Poczty.

2. OPIS OGÓLNY MASZINY

Podstawowymi zespołami maszyny są:

- stanowisko rozdzielcze,
- przenośnik rozdzielczy,
- człony rozdzielcze,

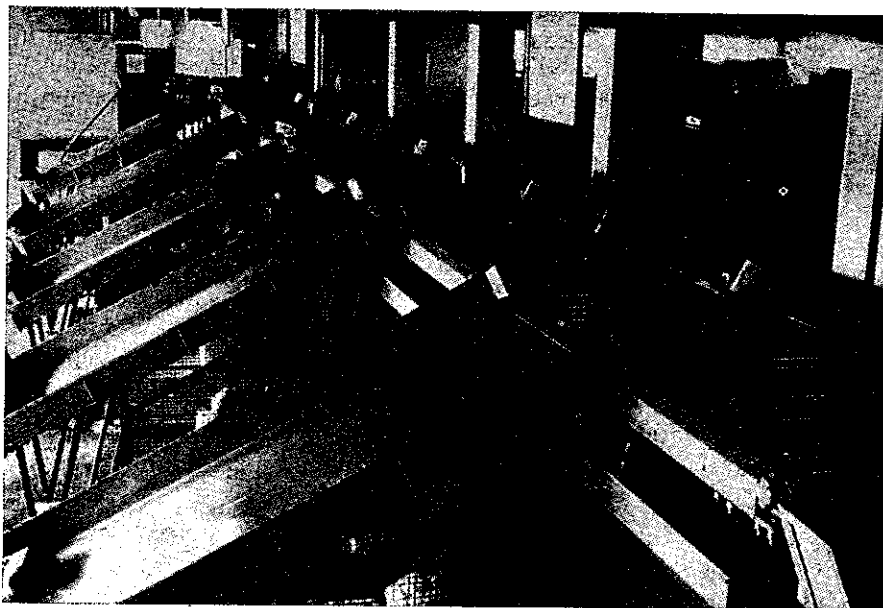
- ślizgi zbiorcze,
- układ sterowniczy.

Maszyna jest przeznaczona do półautomatycznego rozdziału paczek o wymiarach:

- długość: maks. 800 mm, min. 300 mm.
- szerokość: maks. 600 mm, min. 200 mm.
- wysokość: maks. 800 mm, min. 30 mm.

Największy ciężar paczek dopuszczonych do rozdziału może wynosić zgodnie z przepisami eksploatacyjnymi 20 kg.

Maszyna jest wyposażona w stanowisko rozdzielcze, obsługiwane przez jednego operatora. W razie potrzeby można obsługę stanowiska wzmocnić przez pracownika układającego paczki w położeniu ułatwiającym odczytanie adresu, bądź przez opisywacza (w tym ostatnim przypadku od operatora maszyny nie wymaga się kwalifikacji w zakresie znajomości geografii i pocztowych połączeń komunikacyjnych).



Rys. 1. Półautomatyczna maszyna rozdzielcza paczek, typ MRp-IŁ-64. Widok ogólny

Maszyna posiada 11 grup rozdziału. W zasadzie ilość grup rozdziału może być dowolna z tym zastrzeżeniem, że pojemność układu pamięci powinna być odpowiednio dostosowana.

Wydajność teoretyczna maszyny zależy od wielkości rozdzielanych paczek i wynosi od 2000 p/godz dla paczek dużych do 4200 p/godz dla pa-

czek małych. Wydajność praktyczna maszyny dochodzi do 3600 p/godz i uzależniona jest od stanu osobowego obsługi stanowiska rozdzielczego, jej sprawności oraz ilości grup rozdziału.

Stanowisko rozdzielcze maszyny stanowi krótki (około 2 m) odcinek przenośnika rolkowego napędzanego, ustawionego szeregowo w stosunku do przenośnika rozdzielczego. Stanowisko jest wyposażone w pulpit sterowniczy i stół dzielacza wykonany z blachy stalowej o wymiarach: 500×800 mm, umieszczony nad powierzchnią rolek stanowiska rozdzielczego.

Przeznaczone do rozdziału paczki są dostarczone na stanowisko rozdziału przez układ przenośników transportu wewnętrznego urzędu. Dostarczone paczki zatrzymują się na powierzchni stołu dzielacza, gdzie operator na podstawie danych zawartych w adresie paczki lub zgodnie z numerem grupy rozdziału, naniesionym na paczkę przez opisywacza — przekazuje informacje adresowe do układu sterowniczego maszyny przez naciśnięcie odpowiedniego przycisku kodowego na pulpicie sterowniczym, zsuwając następnie paczkę na obracające się rolki stanowiska rozdzielczego. Z chwilą dojścia paczki do właściwego członu rozdzielczego następuje obrót jego ramion zgarniających i paczka zostaje zepchnięta na ślizg zbiorczy.

Zgromadzone na ślizgach paczki są układane na wózki peronowe, a następnie przewożone do ambulansów kolejowych lub samochodów.

Przenośnik rozdzielczy służy do transportu paczek od stanowiska rozdzielczego do członów rozdzielczych. Przenośnik ten ma postać napędzanego przenośnika rolkowego.

Rolki nośne napędzane paskami klinowymi są osadzone w konstrukcji nośnej, która jest wykonana w postaci ramy spawanej z dwóch kątowników nierównoramiennych połączonych poprzeczkami. Całość ramy jest wsparta na nogach wykonanych z rur stalowych i skrecona śrubami.

Człony rozdzielcze (zgarniaki) są przeznaczone do zgarniania rozdzielanych paczek z przenośnika rozdzielczego na ślizgi zbiorcze.

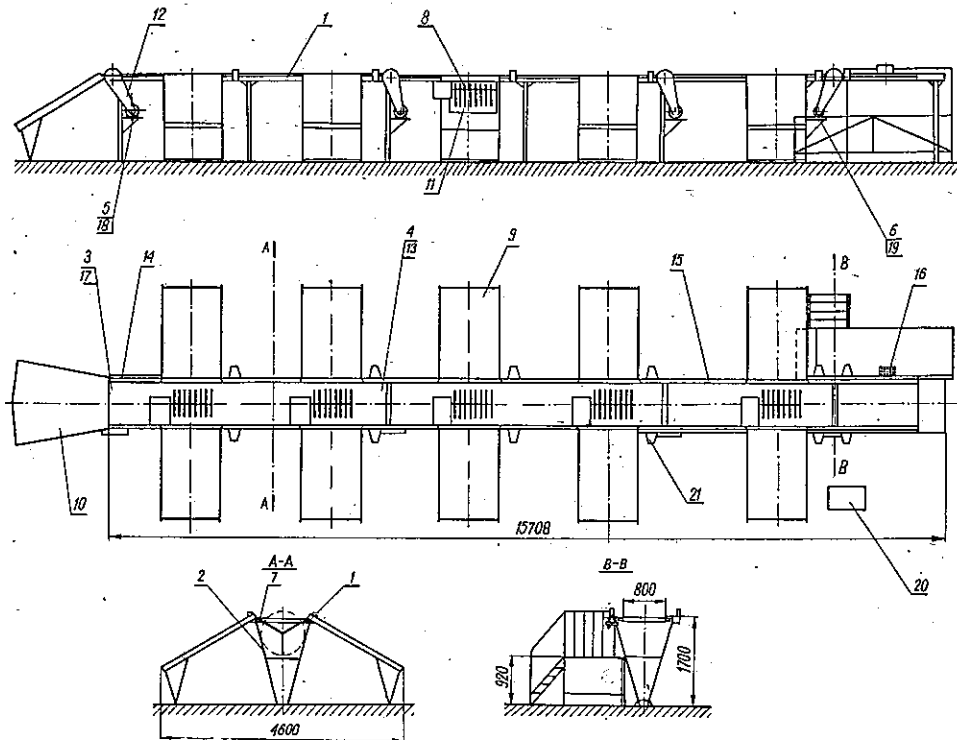
Człony rozdzielcze są zainstalowane wzdłuż przenośnika rozdzielczego w taki sposób, ażeby ramiona zgarniające paczki mogły swobodnie obracać się między rolkami.

Rozstawienie członów rozdzielczych wzdłuż przenośnika jest indywidualnie dostosowane do lokalnych potrzeb urzędu oraz do warunków budowlanych. Minimalna odległość między osiami członów rozdzielczych wynosi 1,6 mb.

Po obu stronach przenośnika rozdzielczego na wprost ramion członów rozdzielczych są umieszczone ślizgi zbiorcze. Wykonane są one z blachy

stalowej w postaci pochyłej płaszczyzny szerokiej 1,2 m, z zagiętymi rogami. Górna część ślizgu jest przymocowana do ramy przenośnika rozdzielczego, a dolna wspiera się na nogach wykonanych z rur stalowych. Pochylenie ślizgu wynosi około 30° , a długość 2,5 m.

Dolna krawędź ślizgu znajduje się na wysokości około 70 cm od osadzki i jest zakończona pasem parciano-gumowym, który służy do łagodnego zatrzymania zsuwających się paczek.



Rys. 2. Schemat konstrukcyjny

1 — rama, 2 — noga, 3 — rolka napędowa, 4 — rolka nośna, 5 — przystawka napędowa przenośnika rozdzielczego, 6 — przystawka napędowa stanowiska rozdzielczego, 7 — rolka napinająca, 8 — człon rozdzielczy (zgarniak), 9 — ślizg zbiorczy, 10 — ślizg końcowy, 11 — osłona członu rozdzielczego, 12 — osłona napędu, 13 — płyta dociskowa, 14 — osłona I pasów napędowych, 15 — osłona II pasów napędowych, 16 — pulpit sterowniczy, 17 — pasy klinowe, 18 — pasy klinowe, 19 — pasy klinowe, 20 — szafa sterownicza, 21 — przekaźniki fotoelektryczne

Wysokość przenośnika rozdzielczego będąca zarazem wysokością całej maszyny wynosi 1,7 m i dostosowana jest do lokalnych potrzeb urzędu.

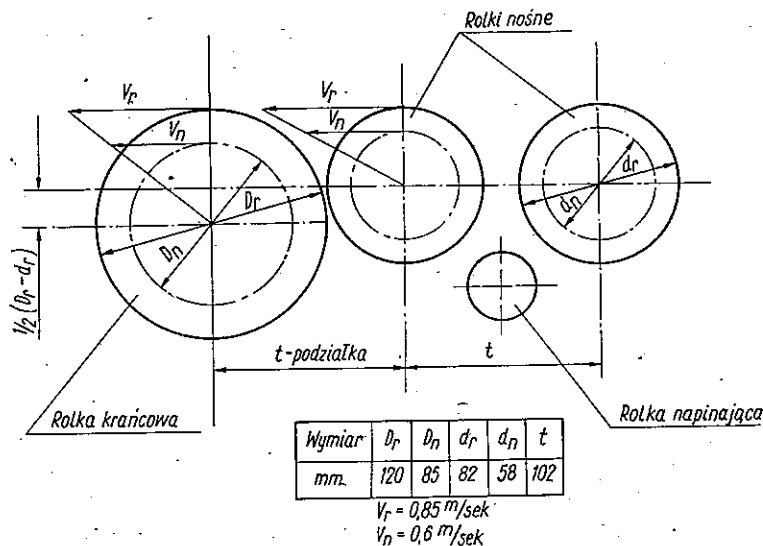
Długość całej maszyny wynosi 15,7 m, a szerokość wraz z ślizgami zbiorczymi 4,6 m.

3. CHARAKTERYSTYKA NAPĘDÓW PRZENOŚNIKA ROZDZIELCZEGO ORAZ STANOWISKA ROZDZIELCZEGO

Elementem nośnym przenośnika rozdzielczego oraz stanowiska rozdzielczego są rolki, napędzane pasami klinowymi. Rolki wykonane są z rur stalowych o długości 800 mm i średnicy 82 mm. Na obu końcach rury są wciśnięte w obudowy łożysk, z których jedna stanowi koło pasowe — klinowe.

Osie rolek są osadzone w łożyskach kulkowych i przymocowane listwami mocującymi do konstrukcji nośnej przenośnika.

Przenośnik rozdzielczy składać się może z kilku segmentów, które posiadają własne przystawki napędowe. Każdy segment w zależności od potrzeb i rozstawienia ślizgów zbiorczych może składać się z kilku sekcji. Mianem sekcji ujęty jest zespół kilkunastu względnie nawet kilkudziesięciu rolek objętych długością pasa klinowego.



Rys. 3. Schemat napędowy rolek

Krańcowe rolki poszczególnych sekcji mają zwiększone średnice kół pasowych w celu powiększenia momentów tarcia pomiędzy kołami pasowymi i pasami klinowymi. Ponieważ rolki te przenoszą napęd z jednej sekcji na drugą, posiadają dwa koła pasowe umieszczone na obu końcach rolki.

Średnica zewnętrzna rolki końcowej wynosi 120 mm i jest tak dobrana, aby przy zapewnieniu tej samej prędkości obwodowej, którą posiadają

pozostałe rolki, uzyskać jak największą średnicę nominalną koła pasowego na tej rolce.

Zwiększona średnica koła pasowego rolki krańcowej umożliwia zastosowanie pasów klinowych o szerokości 17 mm.

Średnice zewnętrzne kół pasowych, ze względów konstrukcyjnych, muszą być mniejsze od średnicy rolek, ponieważ pasy klinowe są przykryte osłoną, która jest zamocowana poniżej powierzchni nośnej rolek. Osłony te z kolei nie mogą wystawać ponad powierzchnię rolek, gdyż w przeciwnym przypadku byłoby niemożliwe zepchnięcie paczki do ślizgu zbiorczego. Przyjmując średnicę zewnętrzną koła pasowego rolek nośnych 70 mm oraz pasy klinowe o szerokości 17 mm i grubości 11 mm, ustala się średnicę nominalną tych kół.

W jednym segmencie przenośnika rozdzielczego mogą być stosowane pasy klinowe o jednakowych lub o różnych długościach. Stosowanie różnych długości pasów jest podyktowane nierównomiernym rozstawieniem ślizgów zbiorczych, które często wynika z konieczności dostosowania się do danego pomieszczenia.

Ilość sekcji i długość pasów w jednym segmencie musi być tak przyjęta, żeby segment nie przekraczał 6 m długości.

Poniżej podaje się tabelę, wg której można dobierać długości pasów, w zależności od potrzeb.

| L mm | L_w mm. | Podziałka mm | Ilość rolek w jednej sekcji | L_0 mm | Odchyłki mm |
|-----------|--------------|-----------------|--------------------------------|-------------|----------------|
| 3150 | 3115 | 103 | 13+2 | 3158 | -8 |
| 3150 | 3115 | 102,5 | 13+2 | 3148 | +2 |
| 3350 | 3315 | 103 | 14+2 | 3364 | -14 |
| 3350 | 3315 | 102,5 | 14+2 | 3348 | +2 |
| 3350 | 3315 | 102 | 14+2 | 3334 | +16 |
| 3350 | 3515 | 102,5 | 15+2 | 3553 | -3 |
| 3550 | 3515 | 102 | 15+2 | 3538 | +12 |
| 3750 | 3715 | 102,5 | 16+2 | 3758 | -8 |
| 3750 | 3715 | 102 | 16+2 | 3742 | +8 |
| 4000 | 3965 | 103 | 17+2 | 3982 | 18 |
| 4500 | 4465 | 101 | 20+2 | 4516 | -16 |
| 4750 | 4715 | 102 | 21+2 | 4766 | -16 |
| 5000 | 4965 | 103 | 22+2 | 5012 | -12 |
| 5000 | 4965 | 102,5 | 22+2 | 4988 | +12 |
| 5600 | 5565 | 102,5 | 25+2 | 5603 | -3 |

Podziałka — rozstawienie rolek nośnych
gdzie:
 L — długość nominalna pasów klinowych,
 L_w — długość wewnętrzna pasów klinowych,
 L_0 — długość obliczeniowa.

Przy doborze pasów należy kierować się zasadą, że pasy te po założeniu muszą już posiadać wstępny naciąg i dlatego jest wskazane, aby stosować te pasy, które posiadają minusową odchyłkę. Odchyłka ta wynika z różnicy długości nominalnej pasa i długości obliczeniowej zależnej od rozstawu rolek (podziałki).

Naciąg wstępny pasa nie wymaga likwidacji luzów przy użyciu rolek napinających, które w tym przypadku powodują powstawanie dużych oporów ruchu.

Roleki napinające powinny jedynie dociskać pasy klinowe do kół pasowych i dopiero po pewnym okresie pracy, kiedy nastąpi częściowe wyciągnięcie się pasów, likwidować powstałe luzy. Rozmieszczenie rolek napinających uzależnione jest od rozstawienia rolek nośnych i w zupełności wystarcza, jeżeli zamocowane są co drugą rolkę nośną. Pierwsza i ostatnia rolka napinająca tej samej sekcji może być umieszczona po drugiej rolce nośnej, licząc rolkę krańcową jako pierwszą.

Zakończenie i połączenie poszczególnych segmentów musi być tak zaprojektowane, żeby zbytnio nie powiększać rozstawienia sąsiadujących ze sobą rolek krańcowych, które ze względu na zwiększone średnice takiego powiększenia wymagają. Problem ten można pominąć w przypadku zastosowania w ostatniej sekcji każdego segmentu pasów klinowych o wymiarach 13×9 , które nie wymagają powiększenia średnicy rolek krańcowych i ich kół pasowych. Ponieważ ostatnia sekcja posiada najmniejsze obciążenie pasów klinowych, można wprowadzić tego rodzaju zróżnicowanie pasów. W takim przypadku ostatnia sekcja nie powinna obejmować więcej niż 11 do 12 rolek. Zróżnicowanie pasów klinowych pociąga również za sobą zróżnicowanie rolek nośnych i kół pasowych, co jest bardzo niewygodne w produkcji, jak również i w konserwacji. Najkorzystniejsze jest jednak stosowanie zarówno dla stanowiska rozdzielczego jak i przenośnika rozdzielczego pasa klinowego o jednakowym przekroju i długości.

Poszczególne segmenty są napędzane silnikami asynchronicznymi prądu trójfazowego o obrotach synchronicznych 1000 obr/min, mocy znamionowej 1 kW i napięciu 220/380 V. Zastosowanie silnika o takiej prędkości obrotowej w znacznym stopniu upraszcza przekładnię przystawki napędowej. Z tego względu można tu stosować dwustopniową przekładnię z zastosowaniem pasów klinowych lub przekładnię zębatą w skrzynce olejowej.

Przełożenie prędkości obrotowych wynosi

$$i_p = \frac{n_s}{n_r}$$

gdzie

i_p — przełożenie przekładni redukującej,

v_r — prędkość obwodowa rolki,
 D_r — średnica rolki krańcowej,
 n_s — obroty synchroniczne silnika,
 n_r — obroty rolki krańcowej.

$$n_r = \frac{60 v_r}{D_r} = 135 \text{ obr/min}$$

$$i_p = 7,4$$

Prędkość obwodowa rolek na stanowisku rozdzielczym przyjęta jest około 0,6 m/sek. Wielkość tej prędkości można ustalić w zależności od założonej wydajności pracy maszyny. W związku z powyższym prędkość obrotowa rolki krańcowej wyniesie 96 obr/min. Z tego względu przekładnię dla napędu stanowiska rozdzielczego należy dobrać dla przełożenia $i_p = 10,4$.

Przystawki napędowe stanowiska rozdzielczego oraz poszczególnych segmentów przenośnika rozdzielczego są umieszczone na początku każdego segmentu, tak aby górna część pasa klinowego była ciągnięta na całej długości segmentu. Jest to podyktowane tym, że ze względów konstrukcyjnych rolki napinające mogą być umieszczone tylko pod dolną częścią pasów klinowych, które w przypadku powyższego umieszczenia napędów w swej dolnej części są luźne i mogą być napinane. Napędy stanowiska rozdzielczego oraz przenośnika rozdzielczego są przenoszone z przystawek napędowych na rolki krańcowe napędowe również za pomocą pasów klinowych.

Rolka krańcowa napędowa różni się tym od rolki krańcowej nośnej, że obraca się razem z wałkiem, na końcu którego zamocowane jest koło pasowe, przejmujące napęd z przystawki napędowej.

Zastosowanie pasów klinowych do napędów półautomatycznej maszyny rozdzielczej paczek zapewnia cichobieżną pracę maszyny. Jest to bardzo istotne, ponieważ praca w urzędach pocztowych wymaga między innymi ciszy i skupienia. Jak wykazały pomiary natężenia hałasu, poziom szumów przy włączonym urządzeniu kształtował się w granicach 45—50 dB, co świadczy o cichobieżności pracy tej maszyny.

4. KONSTRUKCJA CZŁONU ROZDZIELCZEGO (ZGARNIAKA)

Głównymi podzespołami członu rozdzielczego są:

- wirnik,
- podzespół napędowy,
- konstrukcja nośna.

Wirnik składa się z trzech rzędów prętów ze stali sprężynowej, rozsta-

wionych promieniowo co 120° wzdłuż osi wału, który jest osadzony w łożyskach tocznych.

Na jednym końcu wału są osadzone tarcze krzywkowe, współpracujące z wyłącznikami krańcowymi. Występy tarcz są dobrane w ten sposób, aby wirnik wykonywał w trakcie pracy $1/3$ obrotu, a jego ramiona ustawiły się zawsze w pozycji wyjściowej do następnego ruchu roboczego.

Dwustronna praca wirnika pozwala na wykorzystanie jednego członu rozdzielczego do rozdziału paczek na dwie grupy.

W skład podzespołu napędowego wchodzi silnik asynchroniczny trójfazowy o mocy 0,4 kW, prędkości obrotowej 1300 obr/min i napięciu 220/380 V. Moment obrotowy przenoszony jest z silnika na wał wirnika poprzez sprzęgło podatne (elastyczne), przekładnię ślimakową w obudowie i przekładnię kół zębatach czołowych.

Jedną z tarcz sprzęgła stanowi tarczę hamulca szczękowego, zwalnianego przez luzownik elektromagnetyczny, włączany równolegle z silnikiem.

Charakterystyczną cechą członu rozdzielczego jest jego prosta konstrukcja, duża sztywność układu przy zachowaniu małej wagi, a zwłaszcza elementów będących w ruchu.

Masa wirujących elementów, tj. prętów, poprzeczek usztywniających, zacisków i wału wirnika, jest niewielka, dzięki czemu nadwyżki dynamiczne zredukowane na wał silnika są małe i praktycznie mogą być pominięte.

Ruch roboczy członu rozdzielczego wynosi $1/3$ obrotu wirnika i po jego wykonaniu pręty zgarniające muszą się zatrzymać w ściśle określonym położeniu.

Ponieważ w b. krótkim czasie następuje rozruch, praca i hamowanie, elementy napędu muszą tworzyć układ sztywno ze sobą związany, ażeby straty czasu wywołane momentami bezwładności wirujących części i wynikającymi stąd poślizgami w czasie rozruchu i hamowania były małe.

W czasie ruchu roboczego, tj. zgarniania paczki z przenośnika rozdzielczego, najcięższą pracę wykonują pręty wirnika, których kształt i przekrój jest uzależniony od prześwitu pomiędzy rolkami; prześwit ten zazwyczaj jest niewielki i wynosi około 20 mm.

Ze względów konstrukcyjnych ustalono, że najkorzystniejszy jest kształt ramion zgarniających w postaci prostych prętów o przekroju kołowym.

Średnica prętów wynosi 10 mm i pozwala na swobodne przesuwanie ich między rolkami. Pręty są wykonane ze stali sprężynowej ulepszonej cieplnie i na promieniu 150 mm są usztywnione poprzeczkami połączonymi ze sobą.

Taka budowa wirnika zapewnia dużą sztywność, gdyż siły wywołane zgarnianiem paczki rozkładają się proporcjonalnie na wszystkie rzędy prętów.

Długość prętów w wirniku jest uzależniona od szerokości przenośnika rozdzielczego. Dla przenośnika 800 mm największa dopuszczalna długość prętów wynosi $r = 435$ mm. Wymiar ten zapewnia swobodny obrót wirnika bez zaczepienia o pas klinowy, zachowując jednocześnie największą strefę działania prętów na rolkach przenośnika.

Pręty wirnika są wkręcane w zaciski zaciskane na wale za pomocą dwóch śrub. Zaciski posiadają na obwodzie co 120° trzy otwory gwintowane, w które są wkręcane pręty i zabezpieczone nakrętkami przed wykręcaniem się.

Elementami przenoszącymi ruch obrotowy z wału silnika na wał wirnika są:

- sprzęgło podatne,
- przekładnia ślimakowa,
- przekładnia zębata czołowa.

Sprzęgło podatne (elastyczne) przenosi moment obrotowy z wału silnika na wałek wejściowy przekładni ślimakowej. Konstrukcja sprzęgła jest zwarta i charakteryzuje się małymi wymiarami gabarytowymi, co wpływa dodatnio na pracę całego układu napędowego członu rozdzielczego. Tarcza hamulcowa sprzęgła jest wykonana z żeliwa. Warunki pracy hamulca są trudne, gdyż hamowanie odbywa się na bardzo krótkiej drodze i wirnik zatrzymuje się w ściśle określonym położeniu z minimalnymi odchyleniami. Dwukierunkowy ruch wirnika nie pozwala na zastosowanie prostego hamulca taśmowego.

Zastosowany hamulec dwuszcękowy z okładzinami o wysokim współczynniku tarcia (ferrodo) zapewnia hamowanie wirnika niezależnie od kierunku obrotów i zatrzymanie układu niemal natychmiast po wyłączeniu dopływu prądu do silnika. Szczęki hamulcowe są stale zaciśnięte na tarczy za pomocą sprężyny spiralnej. Nacisk sprężyny jest regulowany, co zapewnia prawidłową pracę i regulację hamulca.

Dwukierunkowa praca przekładni ślimakowej, ciągły rozruch i hamowanie stwarzają ciężkie warunki dla zazębienia ślimakowego.

W celu zwiększenia sprawności przekładni zastosowano ślimak dwuzwojowy, stalowy, hartowany i szlifowany; ślimacznica jest wykonana z brązu. Przełożenie przekładni $i = 1 : 20,5$. Obudowa jest wykonana z blachy stalowej i wypełniona olejem, co zapewnia dobre smarowanie oraz gwarantuje największą sprawność przekładni. Wałek ślimacznicy i ślimak obraca się na łożyskach tocznych. Przekładnia zębata czołowa o przełożeniu $i = 1 : 1,6$ wiąże wałek wyjściowy przekładni ślimakowej z wałem

wirnika. Ponieważ przekładnia jest otwarta i jej smarowanie nie jest wskazane ze względu na możliwość zanieczyszczenia, większe koło jest wykonane z turbaksu.

Konstrukcja nośna członu rozdzielczego służy do wzajemnego usytuowania poszczególnych elementów wchodzących w skład członu oraz do usytuowania i przymocowania jego do ramy przenośnika rozdzielczego.

Konstrukcja nośna jest wykonana ze stali profilowej w postaci wieższaków.

Całość jest spawana i skręcana śrubami, a następnie umocowana do ramy za pomocą śrub.

Konstrukcja taka zapewnia łatwość montażu i demontażu członu rozdzielczego oraz dużą elastyczność w ustawieniu ich wzdłuż przenośnika rozdzielczego.

5. KINEMATYKA CZŁONU ROZDZIELCZEGO

Całkowite przełożenie między wałem silnika a wałem wirnika $i = i_1 \times i_2 = 32,8$.

Przy tym przełożeniu ilość obrotów wirnika wynosi

$$n = 39,7 \text{ obr/min}$$

Natomiast maksymalna ilość ruchów roboczych wykonanych w ciągu jednej minuty wynosi

$$3 \times n = 119,1$$

Obwodowa prędkość wirnika przy długości ramion $r = 435$ mm wynosi

$$V_{ob} = 1,81 \text{ m/sek}$$

Zgarnianie paczki następuje z chwilą ukazania się prętów ponad rolkami, do momentu ich ponownego zagłębienia się poniżej rolek (odpowiada to kątowi obrotu -2α). W miarę obrotu wirnika pręty wychylają się coraz bardziej i w pozycji pionowej osiągają największą wysokość ponad rolkami; natomiast długość promienia czynnego prętów zgarniających (od osi wirnika do tworzącej rolek) osiąga wartość najmniejszą i wynosi $r_{min} = 262$ mm.

W tym położeniu prędkość obwodowa dla $r_{min} = 262$ mm jest prędkością zgarniania paczki i wynosi

$$V_{zg} = 1,08 \text{ m/sek}$$

Długość promienia czynnego prętów zgarniających jest wielkością zmienną i maleje od $r_{max} = 435$ mm do $r_{min} = 262$ mm w pierwszej po-

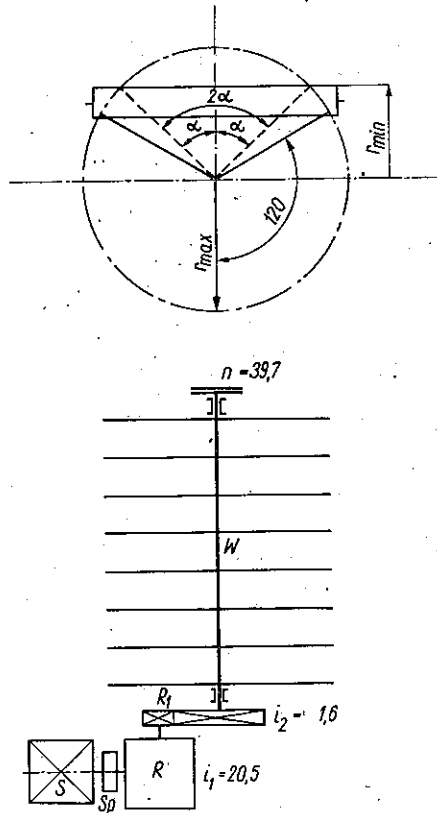
lowie ruchu roboczego, a następnie wzrasta do pierwotnej wielkości w drugiej połowie.

Chwilowa długość promienia czynnego prętów zgarniających zależy od ich położenia, tj. od kąta zawartego pomiędzy prętami a osią pionową, wynosi

$$r_{chwil} = \frac{r_{min}}{\cos \alpha} \text{ mm}$$

gdzie α zmienia się od 0 do $52^{\circ}30'$ zarówno w pierwszej, jak i w drugiej połowie ruchu roboczego. Mając chwilową długość promienia czynnego można obliczyć chwilową prędkość obwodową prętów zgarniających wirnika

$$V_{chwil} = \frac{2\pi r_{chwil} \cdot n_2}{60 \cdot 1000} \text{ m/sek}$$



Rys. 4. Układ kinematyczny członu rozdzielczego

S — silnik elektryczny, Sp — sprzęgło-hamulec, R — przekładnia ślimakowa, R₁ — przekładnia zębata czołowa, W — wirnik

Składowa pozioma chwilowej prędkości obwodowej jest, prędkością zgarniania paczki w pierwszej połowie ruchu roboczego, tj. do chwili, kiedy pręty zgarniające osiągną pionowe położenie.

Prędkość ta jest wielkością stałą, niezależnie od położenia prętów (pomiędzy $\alpha = 0$, a $52^\circ 30'$)

$$V_{zg} = V_{chwil} \cdot \cos \alpha$$

W pionowym położeniu prętów $\alpha = 0$, więc $V_{chwil} = V_{zg}$.

Prędkość zgarniania paczek w drugiej połowie ruchu roboczego zależy od ich wysokości.

Dla paczek, których wysokość jest większa lub równa długości prętów wystających w pozycji pionowej ponad rolki prędkość zgarniania paczki maleje w miarę obrotu wirnika i w chwili skrycia się prętów poniżej rolek równa jest prędkości w pierwszej połowie ruchu roboczego; przy czym zmiana prędkości ma przebieg cosinusoidalny.

Przy stałej prędkości obwodowej końców prętów, składowa powodująca zgarnianie paczki zależy od chwilowego położenia prętów w stosunku do osi pionowej

$$V_{zg} = V_{ob} \cdot \cos \alpha$$

Dla paczek niższych od wysokości prętów wystających w pozycji pionowej ponad rolki, prędkość zgarniania w drugiej połowie ruchu roboczego początkowo jest stała (przy czym ta prędkość jest zależna od wysokości paczek), a potem zmienia się jak dla paczek wysokich.

Zmiana prędkości zgarniania od wielkości stałej w pierwszej połowie ruchu roboczego do maksymalnej na początku drugiej połowy teoretycznie przebiega w sposób skokowy.

W rzeczywistości paczki są mniej lub więcej elastyczne i zgarniające je pręty powodują ugięcie powierzchni paczki, łagodząc uderzenie spowodowane nagłym wzrostem prędkości. Pewne złagodzenie powodują także pręty wykonane ze stali sprężynowej, które uginają się w momencie napierania na paczkę.

Składowa pionowa chwilowej prędkości obwodowej jest wielkością zmienną.

W chwili wychylenia się prętów ponad rolki prędkość ta osiąga maksimum i maleje tangensoidalnie do zera, w momencie gdy pręty wirnika ustawiają się w pozycji pionowej ($\alpha = 0$).

W drugiej połowie ruchu roboczego, gdy pręty przekroczą pionowe położenie i zaczynają się chować poniżej rolek, składowa pionowa ma inny charakter w zależności od tego, jaką wysokość ma zgarniana paczka i tak:

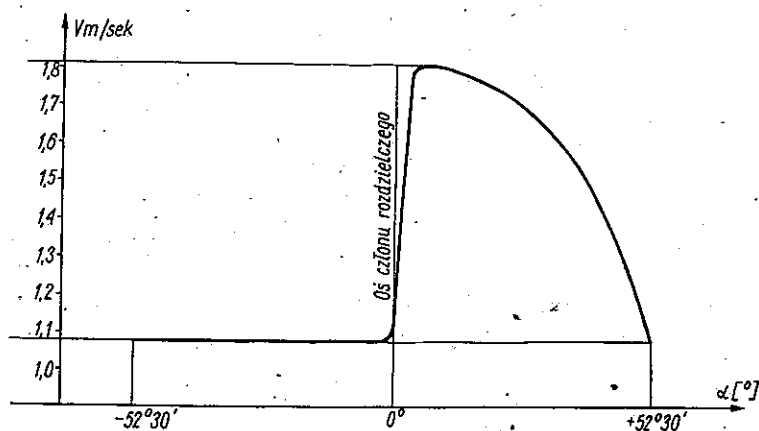
— dla paczek, których wysokość byłaby bardzo mała, zbliżająca się do zera lub równa zeru, składowa pionowa miałaby przebieg tangensoidalny, podobnie jak w pierwszej połowie ruchu roboczego, lecz kierunek jej działania byłby przeciwny,

— dla paczek, których wysokość jest większa od długości prętów wy-

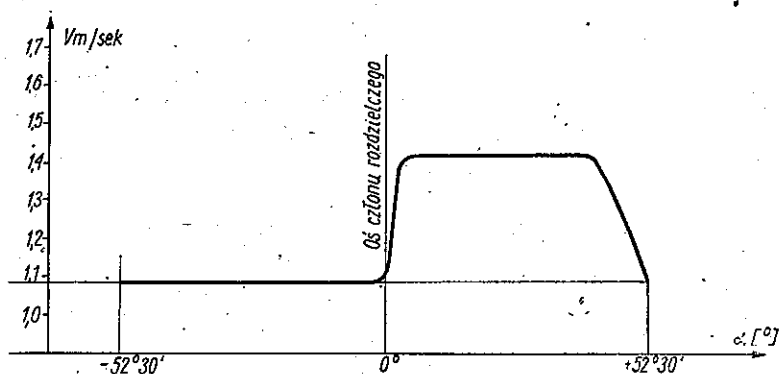
stających w pozycji pionowej ponad rolki, składowa pionowa prędkości ma przebieg sinusoidalny.

W chwili skrycia się prętów pod rolkami składowa pionowa osiąga wielkość maksymalną.

— dla paczek o wysokości pośredniej, składowa pionowa prędkości chwilowej ma charakter złożony.



Rys. 5. Wykres prędkości zgarniania paczek wyższych lub równych wysokości prętów wystających w położeniu pionowym ponad rolki



Rys. 6. Wykres prędkości zgarniania dla paczek (zależnie od ich wysokości) niższych od prętów wystających w położeniu pionowym ponad rolki

Początkowo jej przebieg jest tangensoidalny. Z chwilą gdy paczka zostaje zgarniana końcami prętów, składowa pionowa ma przebieg sinusoidalny.

Analizując przebieg składowej pionowej chwilowej prędkości obwodowej wynika, że w pierwszej połowie ruchu roboczego następuje pewne

podrzucenie paczki tym większe, im bardziej paczka jest umieszczona na skraju rolek przenośnika. Podrzucanie paczek maleje w miarę zbliżenia krawędzi paczki do osi obrotu wirnika. W drugiej połowie ruchu roboczego następuje przyciskanie paczki do rolek tym większe, im bardziej krawędź paczki zbliża się do skraju rolek przenośnika.

W praktyce, składowa pionowa chwilowej prędkości obwodowej nie odgrywa większej roli, gdyż szerokość większości paczek mieści się w strefie zasięgu prętów wirnika nie powodując zakłóceń w rozdziale paczek ani też ich uszkodzeń. W celu zapewnienia prawidłowego położenia paczek na rolkach zainstalowane są wzdłuż przenośnika rozdzielczego płoży korygujące, naprowadzające paczki w strefę działania członów rozdzielczych.

6. ZASADA DZIAŁANIA UKŁADU STEROWNICZEGO

Układ elektryczny zawiera elementy sterowania i napędów zainstalowane:

- a) w pulpicie sterowniczym,
- b) w szafie sterowniczej,
- c) na przenośniku rozdzielczym: przekaźniki fotoelektryczne z rzutnikami światła, zespoły członów rozdzielczych oraz silniki napędowe przenośników układu transportowego maszyny.

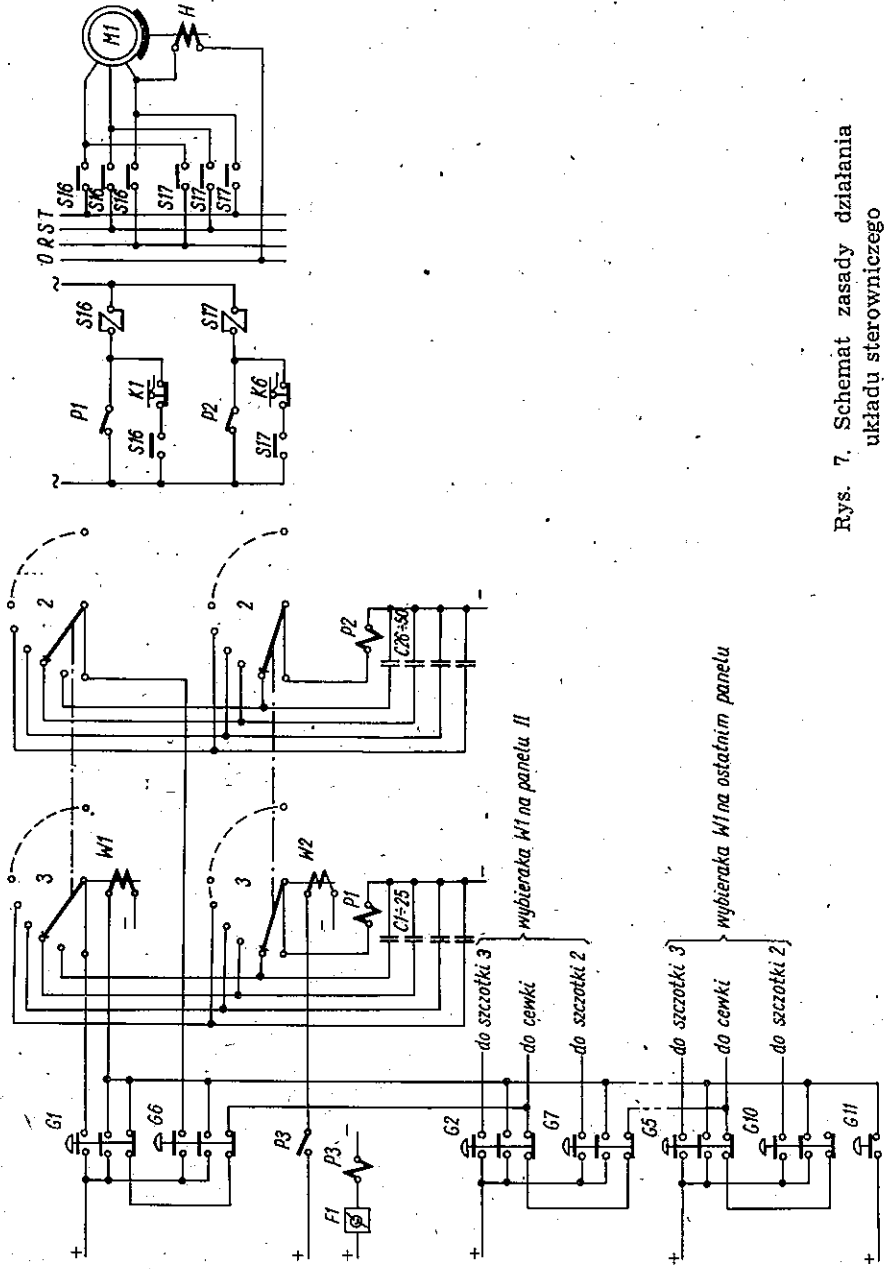
Pod względem funkcjonalnym można w układzie elektrycznym wydzielić zespół zapisowy, zespół odczytowy i zespół wykonawczy oraz obwody pomocnicze i sygnalizacyjne. Zasada działania układu (patrz rys. 2) zostanie omówiona na przykładzie, zakładając, że trzy paczki mają być przekazane ze stanowiska rozdzielczego w następującej kolejności:

— pierwsza paczka na ślizg zbiorczy drugiej grupy rozdziału paczek (drugi kierunek) — za pośrednictwem drugiego, licząc od początku przenośnika rozdzielczego, członu rozdzielczego przy kierunku obrotu wirnika tego członu w lewo;

— druga paczka na ślizg zbiorczy szóstej grupy rozdziału — za pośrednictwem członu rozdzielczego pierwszego, przy kierunku obrotu wirnika w prawo;

— paczka trzecia na ślizg trzeciej grupy — za pośrednictwem członu trzeciego, przy kierunku obrotu w lewo.

Informacje dotyczące przeznaczenia tych paczek zostają na podstawie ich adresów przekazane do zespołu zapisowego przez operatora maszyny za pośrednictwem przycisków kodowych pulpitu sterowniczego.



Rys. 7. Schemat zasady działania układu sterowniczego

Zgodnie z przyjętymi założeniami, operator powinien kolejno wcisnąć przycisk opatrzony cyfrą 2 (G-2) dla pierwszej paczki; cyfrą 6 (G-6) dla paczki drugiej i 3 (G-3) — dla trzeciej.

Przykład zostanie rozpatrzony przy dodatkowym założeniu, że przekazanie informacji dotyczących trzeciej paczki (wciśnięcie trzeciego przycisku) nastąpi przedtem, zanim pierwsza paczka dojdzie do miejsca swego przeznaczenia.

Każdemu członowi rozdzielczemu jest podporządkowany wybierak zapisowy (W1) oraz wybierak odczytowy (W2). Do działek dwóch wieńców (drugiego i trzeciego wg schematu) takiego wybieraka są przyłączone kondensatory pamięci, przy czym 25 kondensatorów (C1÷C25) jednego wieńca odpowiada jednej grupie rozdziału paczek i 25 kondensatorów (C25÷C50) drugiego — grupie drugiej.

W chwili wciśnięcia przycisku drugiej grupy rozdziału jeden z 25 kondensatorów wieńca 3 (odpowiadającego tej grupie) na wybieraku zapisowym W1 drugiego członu rozdzielczego zostaje naładowany. Będzie to oczywiście kondensator połączony z działką, na której w danej chwili znajduje się szczotka wybieraka.

Po upływie określonego czasu od chwili zwolnienia przycisku kodowego, wybierak zapisowy przechodzi na następną pozycję. Jednocześnie wykonują krok wybieraki zapisowe W1 wszystkich członów rozdzielczych poprzedzających dany wybierak zapisowy (w rozpatrywanym przykładzie wybierak zapisowy pierwszego członu).

Zapis informacji dotyczących drugiej i trzeciej paczki przebiega w sposób podobny, z tym że przy sterowaniu drugiej paczki wykonuje krok tylko wybierak pierwszego członu, a przy sterowaniu trzeciej — wybieraki członu trzeciego oraz pierwszego i drugiego.

W chwili zakończenia zapisu informacji dotyczących trzeciej paczki — szczotki wybieraka zapisowego pierwszego członu rozdzielczego są ustawione na pozycji trzeciej, licząc od pozycji początkowej, szczotki wybieraka drugiego członu na pozycji drugiej, a szczotki wybieraka członu trzeciego na pozycji pierwszej.

Naładowane zostały kondensatory pamięci połączone z wieńcami odpowiednich grup rozdziału — na pozycji drugiej wybieraka zapisowego pierwszego członu rozdzielczego, na pozycji pierwszej wybieraka drugiego członu i pozycji pierwszej wybieraka członu trzeciego.

W ustalonej odległości przed każdym członem rozdzielczym zostały zainstalowane przekaźniki fotoelektryczne (F1—F5) zespołu odczytowego.

W chwili kiedy pierwsza paczka przesłania wiązkę świetlną przekaźnika fotoelektrycznego F1 pierwszego członu rozdzielczego, zostaje wzbudzona cewka wybieraka odczytowego W2-tego członu. Ponowne odsło-

nięcie przekaźnika powoduje skok tego wybieraka na następną pozycję. Działki wybieraków odczytowych $W2$ są połączone z kondensatorami pamięci (z działkami wybieraków zapisowych), przy czym pozycja wyjściowa tych wybieraków jest przesunięta o jeden krok wstecz w stosunku do wybieraków zapisowych. Ponieważ uprzednio został naładowany kondensator na drugiej pozycji wybieraka zapisowego pierwszego członu rozdzielczego, a wybierak odczytowy przeszedł na pozycję pierwszą (odpowiadającą pierwszej pozycji wybieraka zapisowego) pierwsza paczka miją pierwszy człon rozdzielczy. Druga paczka spowoduje przeskok szczotek wybieraka odczytowego pierwszego członu na pozycję drugą; na tej pozycji znajdują się na osobnych wieńcach (2 i 3) dwa kondensatory, z których jeden — odpowiadający szóstej grupie rozdziału (na wieńcu 2) jest naładowany.

Poprzez szczotkę wybieraka odczytowego i uzwojenie przekaźnika odczytowego $P2$ szóstej grupy rozdziału następuje rozładowanie kondensatora pamięci i wzbudzenie przekaźnika na przeciąg czasu określony stałą czasu obwodu.

Poprzez zestyki przekaźnika odczytowego zostają uruchomione odpowiednie elementy zespołu wykonawczego, a mianowicie zostaje wzbudzony stycznik $S17$ napędu pierwszego członu rozdzielczego, który z kolei włącza w odpowiednim kierunku silnik napędowy $M1$ tego członu i luzownik H hamulca. Ramiona wirnika członu rozdzielczego zgarniają paczkę z przenośnika rozdzielczego na ślizg zbiorczy szóstej grupy rozdziału.

Po $1/3$ obrotu wirnika, za pośrednictwem krzywki osadzonej na wale wirnika i współpracującego z nią wyłącznika krańcowego $K6$ zostaje przerwany obwód wzbudzenia stycznika, co z kolei powoduje wyłączenie silnika, zwolnienie luzownika hamulca i zaciśnięcie szczęk hamulca na tarczy hamulcowej (sprzęgłowej) członu rozdzielczego.

Każdemu członowi rozdzielczemu jest podporządkowany zespół dwóch przekaźników odczytowych $P1$ i $P2$ (po jednym dla każdej grupy rozdziału), dwóch styczników (dla dwóch kierunków obrotów silnika), dwóch krzywek i dwóch wyłączników krańcowych.

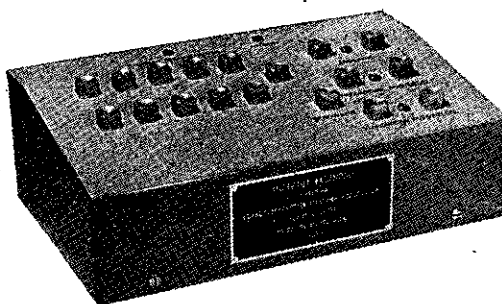
W sposób analogiczny do opisanego przebiegają procesy odczytu informacji w układzie drugiego i trzeciego członu rozdzielczego, przy czym w opisanym przykładzie każdy z tych członów zgarnie z przenośnika rozdzielczego pierwszą paczkę, która przetnie wiązkę świetlną przekaźnika fotoelektrycznego, zainstalowanego przed członem. W omawianym przykładzie będzie to pierwsza paczka przekazana ze stanowiska rozdzielczego dla członu drugiego i trzecia dla członu trzeciego.

Opis działania obwodów pomocniczych i sygnalizacyjnych został podany przy szczegółowym omówieniu układu elektrycznego.

6.1. Opis konstrukcji i rozmieszczenia elementów układu

6.1.1. Pulpit sterowniczy

Pulpit sterowniczy, umieszczony przy stanowisku rozdzielczym, zawiera zespół jedenastu przycisków kodowych, przycisk zerowania układu, włączenia i wyłączenia napięcia zasilającego, zespół przycisków sterowania napędów przenośnikowych oraz lampki sygnalizacyjne.



Rys. 8. Pulpit sterowniczy

Rozmieszczenie przycisków kodowych na pulpicie odpowiada rozstawieniu ślizgów zbiorczych wzdłuż przenośnika rozdzielczego, przy czym przyciski opisane cyframi 1 do 5 odpowiadają ślizgom lewej strony maszyny (patrząc w kierunku ruchu przenośnika rozdzielczego), przyciski 6—10 — ślizgom prawej strony, a przycisk 11 — ślizgowi zainstalowanemu na końcu przenośnika rozdzielczego.

Konstrukcja pulpitu umożliwia łatwą zmianę wysokości i kąta ustawienia względem przenośnika stanowiska rozdzielczego, a w razie potrzeby przesunięcie pulpitu wzdłuż tego przenośnika.

6.1.2. Szafa sterownicza

Część elementów układu elektrycznego zawartych w szafie sterowniczej jest zainstalowana w niej na stałe, a część na wymiennych panelach.

Na prawym skrzydle górnych drzwi szafy są umieszczone przyciski sterownicze włączenia i wyłączenia napięcia zasilającego, lampa sygnalizująca stan włączenia napięcia, lampa sygnalizacyjna awarii, zespół bezpieczników topikowych rurkowych poszczególnych napięć układu oraz odpowiadające im lampki sygnalizacyjne.

Lewe skrzydło drzwi osłania odłącznik (OZ) oraz bezpieczniki główne.

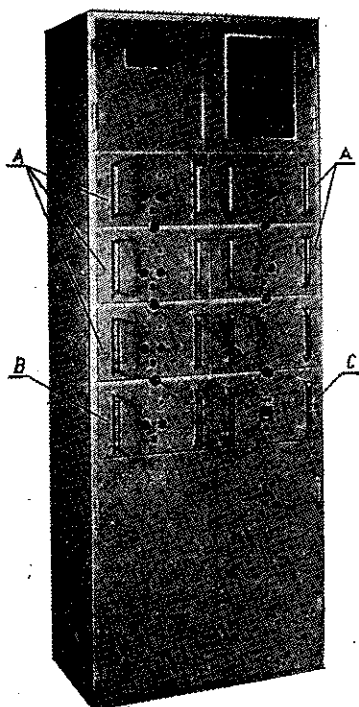
Środkową część szafy sterowniczej zajmują gniazda paneli sterowniczych „A”, „B” i „C”.

Każdy z paneli „A” zawiera elementy zapisu i odczytu informacji sterowniczych jednego, dowolnego członu rozdzielczego, natomiast każde

z pięciu gniazd „A” jest ściśle związane z określonym członem.

Panele „B” i „C” zawierają elementy obwodów sterowniczych, wspólne dla całego układu. Panel „C” zawiera dodatkowo licznik rozdzielonych paczek.

Konstrukcja paneli i gniazd uniemożliwia wprowadzenie niewłaściwego panela do gniazda (np. panela „C” do gniazda „A”), natomiast zapewnia pełną wymiennność paneli „A”.



Rys. 9. Ogólny widok szafy sterowniczej

Szafa posiada szufladę przeznaczoną do przechowywania zapasowych bezpieczników, żarówek sygnalizacyjnych, podręcznych narzędzi itp.

W dolnej części szafy, od tyłu, znajduje się zasilacz, a od przodu, osłonięta drzwiami tablica styczników i przekaźników ciepłych napędu silników.

U samego dołu szafy są umieszczone wyjściowe listwy zaciskowe, zaś w bocznej ścianie szafy otwór przeznaczony do wprowadzenia przewodów.

Panele i szuflada szafy sterowniczej są zabezpieczone przed wysunięciem z gniazd przy użyciu specjalnych wkrętów, a górne i dolne drzwi szafy są wyposażone w zamki przystosowane do kwadratowego klucza nasadkowego.

6.1.3. Przekazniki fotoelektryczne i rzutniki światła

Na przenośniku rozdzielczym, w określonej odległości przed każdym członem rozdzielczym, są zainstalowane (rys. 2) przekazniki fotoelektryczne ($F1-F5$) wraz z rzutnikami światła ($Rz1-Rz5$). Dodatkowy przekaznik ($F6$) z rzutnikiem ($Rz6$) został zainstalowany na stanowisku rozdzielczym.

Układ elektryczny przekazników fotoelektrycznych został wykonany techniką obwodów drukowanych i przy zastosowaniu elementów półprzewodnikowych.

Jako element światłoczuły została wykorzystana fotodiody $FG2$. Wzmocnienie sygnałów uzyskano przez zastosowanie dwustopniowego wzmacniacza prądu stałego. Do zapewnienia stabilizacji temperatury układu służy dioda germanowa $DOG-53$. W celu uzyskania wyraźnej dwustanowej pracy i rozszerzenia zakresu oporności obciążenia przekaznika oraz zwiększenia pewności jego pracy na wyjściu wzmacniacza został zastosowany przerzutnik Schmitta, zbudowany przy użyciu tranzystorów $TG2$ i $TG52$.

Dzięki zastosowaniu w układzie optycznym soczewki skupiającej o krótkiej ogniskowej, przekaznik może być instalowany nawet w jasno oświetlonych pomieszczeniach pod warunkiem, że źródło światła zewnętrznego nie leży bezpośrednio na osi optycznej przekaznika.

Sposób umocnienia fotodiody umożliwia regulację odległości „fotodiody — soczewka” i stopnia zogniskowania układu.

Wiązka świetlna rzutnika światła współpracującego z przekaznikiem powinna być w zasadzie zogniskowana w środku powierzchni światłoczułej fotodiody.

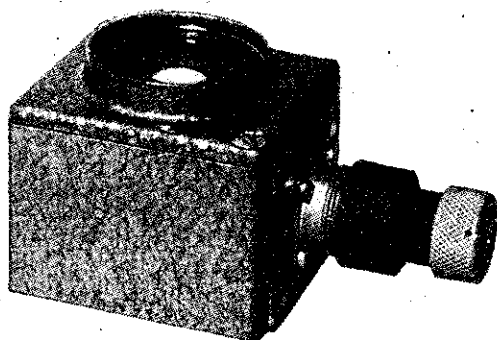
W przypadku gdy odległość między przekaznikiem a rzutnikiem jest nie-duża (rzędu 1 m), wygodniej jest rozogniskować nieco układ optyczny; dokładność wzajemnego ustawienia osi optycznych przekaznika i rzutnika nie musi być wtedy duża, co upraszcza sposób instalowania urządzeń.

Przekaznik fotoelektryczny jest zamknięty w mocnej obudowie stalowej (stop $ZnAl$) o niewielkich rozmiarach i odpornej na uszkodzenia mechaniczne. Soczewka układu optycznego została zabezpieczona szybką osłoną.

Wyprowadzenie przewodów z przekaznika wykonano w postaci złącza wtykowego skręcane.

Rzutnik światła jest elementem przeznaczonym do współpracy z przekaznikiem fotoelektrycznym. Soczewka rzutnika, obudowa, sposób wprowadzenia przewodów oraz system ogniskowania są wykonane analogicznie jak w przekaznikach. Jako źródło światła została zastosowana samochodowa żarówka rurkowa 6 V, 3 W.

Sposób zamocowania obu elementów na konstrukcji nośnej przenośnika rozdzielczego umożliwia regulację wzajemnego ustawienia osi optycznych rzutnika i przekaznika.



Rys. 10. Półprzewodnikowy
przełącznik fotoelektryczny

Dane techniczne przełącznika

Zasilanie napięciem prądu stałego $4 \div 12$ V.

Dopuszczalne tętnienia napięcia zasilającego — 20%.

Oporność obciążenia $0,1 \div 100$ k Ω .

Napięcie obciążenia przy napięciu zasilającym 10 V i przy oporności obciążenia 0,2 k Ω :

na ciemno — 6,5 V

na jasno — 0 V

Zakres temperatur pracy od -15 do $+30^{\circ}\text{C}$.

Dane techniczne rzutnika

Napięcie zasilania — 6 V prądu zmiennego lub stałego.

Moc — 3 W.

Maksymalna odległość od przełącznika fotoelektrycznego 3,5 m.

6.1.4. Elementy napędu członów rozdzielczych

Przy każdym członie rozdzielczym są zainstalowane elementy sterowania i napędu członu: silnik napędowy, zespół dwóch wyłączników krańcowych z rolką i dwóch krzywek zainstalowanych na osi wirnika członu oraz luzownik członu rozdzielczego.

Regulacja ustawienia krzywek względem ramion wirnika zapewnia prawidłową pracę członu rozdzielczego: w położeniu spoczynkowym pręty ramion wirnika nie powinny wystawać ponad powierzchnię nośną przenośnika rozdzielczego.

7. OPIS PRACY UKŁADU

7.1. Włączenie napędów przenośników

Włączenie napędów przenośników dokonywane jest ze stanowiska rozdzielczego przez wciśnięcie odpowiednich przycisków.

Wciskając przycisk załączania przenośnika rozdzielczego powodujemy zadziałanie stycznika włączającego silnik napędzający ostatni człon prze-

nośnika rozdzielczego. Stycznik ten podtrzymuje swoje wzbudzenie na własnym zestyku i zestykiem pomocniczym włącza stycznik napędu przedostatniego segmentu, a ten z kolei — stycznik napędu pierwszego segmentu. W momencie zadziałania stycznika napędu pierwszego segmentu przenośnika rozdzielczego zostaje przygotowany obwód do załączenia napędów stanowiska rozdzielczego i przenośników podających oraz zapala się lampka sygnalizacyjna na pulpicie sterowniczym.

Włączenie tych napędów dokonywane jest przez wciśnięcie przycisku włączania stanowiska rozdzielczego. Załączenie napędów stanowiska rozdzielczego oraz przenośników podających przy niewłączonym napędzie przenośnika rozdzielczego jest niemożliwe.

Blokada ta ma na celu zapobieżenie nagromadzeniu się paczek na początku przenośnika rozdzielczego, co mogłoby mieć miejsce przy włączeniu napędu stanowiska rozdzielczego i przenośników dosyłających przy niewłączonym napędzie przenośnika rozdzielczego.

Sytuacja taka byłaby groźna ze względu na możliwość zejścia się dwóch lub więcej paczek na przenośniku rozdzielczym, co pociągnęłoby za sobą nieprawidłowy rozdział wszystkich paczek (wynika to z zasady działania układu sterowniczego).

Również z tego powodu wprowadzone jest zróżnicowanie szybkości przenoszenia paczek między stanowiskiem rozdzielczym a przenośnikiem rozdzielczym, które gwarantują minimalną wymaganą odległość między paczkami na przenośniku rozdzielczym, nawet w przypadku, gdy na stanowisku rozdzielczym paczki te dotykają się.

7.2. Obwody zapisywania i zapamiętywania informacji

Zapis informacji sterowniczej jest dokonywany przez przyciśnięcie odpowiedniego przycisku sterowniczego, znajdującego się w klawiaturze sterowniczej.

Zapamiętywanie informacji sterowniczych polega na naładowaniu odpowiedniego kondensatora pamięciowego. Każdej grupie rozdziału paczek odpowiada ściśle określony przycisk w klawiaturze sterowniczej, a każdemu przyciskowi jest podporządkowany stycznik zapisujący, umieszczony na panelu sterowniczym oraz grupa kondensatorów pamięciowych.

Taki układ jest możliwy dzięki małej ilości grup rozdziału paczek (w tym przypadku 11). Przy dużej ilości grup rozdziału stosuje się klawiaturę kodową, w której liczba przycisków sterowniczych jest mniejsza niż ilość grup rozdziału, a sterowanie polega na przyciśnięciu przycisków sterowniczych wg odpowiedniej kombinacji kodowej. W takim przypadku ko-

nieczne jest stosowanie przeliczników kodu, które wzbudza odpowiedni stycznik zapisujący na podstawie kombinacji przyciśniętych przycisków.

Każdy wybierak zapisowy ma dwie grupy kondensatorów pamięciowych, przyłączone do dwóch jego wieńców, przy czym kondensatory przyłączone do jednego wieńca zapamiętują informacje dotyczące paczek kierowanych przez dany człon rozdzielczy na lewo, a przyłączone do drugiego wieńca — na prawo. Na przykład: wciśnięcie przycisku G-1 powoduje wzbudzenie (rys. 11) stycznika S1 na pierwszym panelu „A” (kierunki 1 i 6 rozdziału) oraz przerwę w obwodzie wzbudzenia przekaźnika P 22 (niewzbudzonego).

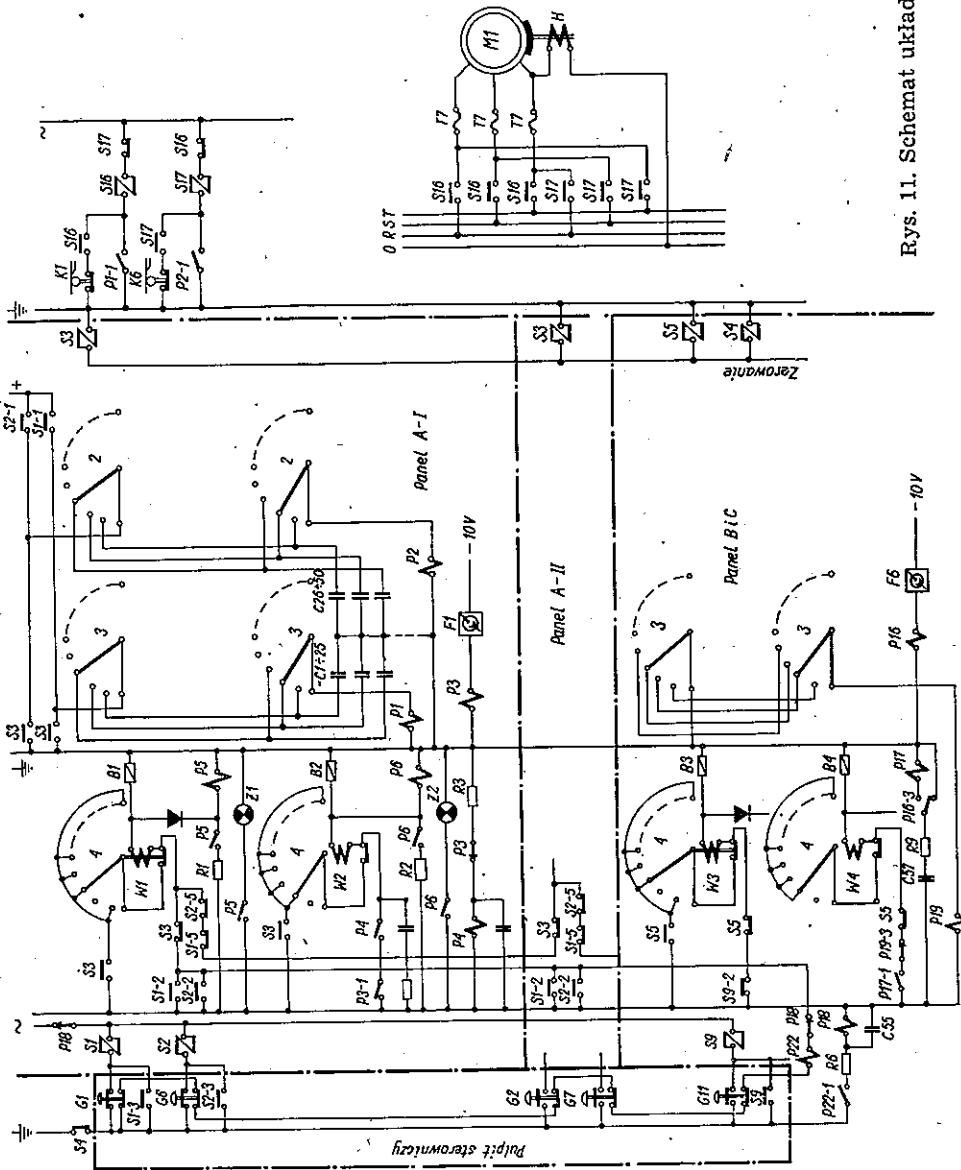
Zestykiem S1-3 stycznik S1 podtrzymuje własne wzbudzenie. Zestykiem S1-2 zamyka obwód wzbudzenia wybieraka zapisowego W1 pierwszego panela i przygotowuje obwód wzbudzenia przekaźnika P22. Zestykiem S1-1 poprzez trzecią szczotkę wybieraka W1 zamyka obwód ładowania jednego z kondensatorów C1—C25, połączonego z działką wybieraka, na której stoi w danym momencie szczotka.

Po zwolnieniu przycisku G1 zostaje wzbudzony przekaźnik P22, który zestykiem P22-1 włącza napięcie na cewkę przekaźnika P18 (przekaźnik czasowy końca sygnału z klawiatury). Po chwili przekaźnik P18 rozłącza obwód stycznika S1 i przekaźnika P22. Zestyk S1-2 przerywa wzbudzenie wybieraka W1, który pod działaniem sprężyny przechodzi na następną pozycję. Po upływie określonego czasu zwalnia przekaźnik P18 i układ jest przygotowany do zapisu następnej informacji.

W przypadku wciśnięcia przycisku G6 zapis przebiega w sposób analogiczny z tym, że wzbudzony zostaje stycznik S2 pierwszego panela i ładowany będzie jeden z kondensatorów C26—C50 — przyłączonych do drugiego wieńca wybieraka W1.

Przy zapisie któregośkolwiek z dalszych kierunków rozdziału (z wyjątkiem 11-tego) proces przebiega podobnie (na odpowiednim panelu), przy czym wybieraki zapisowe W1 wszystkich kierunków poprzedzających dany kierunek postępują o krok. Zestyk S1-2 (lub odpowiednio S2-2) stycznika zapisywanego kierunku podaje napięcie wzbudzenia na cewki wybieraków W1 kierunków poprzedzających, natomiast obwód wzbudzenia wybieraków W1 kierunków następnych jest przerywany zestykiem S1-5 (lub odpowiednio S2-5).

Przy zapisie kierunku jedenastego „na wprost” (przez wciśnięcie przycisku G11) następuje wzbudzenie stycznika S9, który zestykiem S9-2 podaje napięcie na cewki wszystkich wybieraków zapisowych W1. W tym przypadku żaden z kondensatorów pamięciowych nie jest ładowany. W chwili wzbudzenia przekaźnika P18 wybieraki te postępują o krok.



Rys. 11. Schemat układu sterowniczego

7.3. Odczyt informacji sterowniczych i sterowanie członów rozdzielczych

Paczka przekazana ze stanowiska rozdzielczego na przenośnik rozdzielczy, w trakcie ruchu po tym przenośniku, przecina wiązki świetlne przekaźników fotoelektrycznych $F1-F5$, zainstalowanych przed członami rozdzielczymi (rys. 2).

W chwili przecięcia wiązki świetlnej określonego przekaźnika następuje wzbudzenie przekaźnika $P3$ na odpowiednim panelu „A” i poprzez zestyk $P3-1$ wzbudzenie wybieraka odczytu $W2$ na tym panelu. W chwili gdy paczka odsłania ponownie przekaźnik fotoelektryczny, przekaźnik $P3$ zwalnia i wybierak $W2$ postępuje o krok.

Działki drugich i trzecich wieńców wybieraków zapisowych $W1$, połączone kondensatorami pamięciowymi, są zwarte z odpowiednimi działkami drugich i trzecich wieńców wybieraków odczytowych $W2$. Jeżeli kondensator połączony z działką wybieraka $W2$, na którą przeszła szczotka wybieraka jest naładowany, następuje wzbudzenie przekaźnika $P1$ (przez kondensatory $C1-C25$) lub $P2$ (przez kondensatory $C26-C50$) prądem rozładowania tego kondensatora.

Poprzez zestyk $P1-1$ (lub odpowiednio $P2-1$) zostaje wzbudzony stycznik odpowiedniego członu rozdzielczego ($S16-S25$). Stycznik ten podtrzymuje swoje wzbudzenie własnym zestykiem poprzez zestyk odpowiedniego wyłącznika krańcowego ($K1-K12$).

Zestyki główne tego stycznika włączają poprzez zestyki przekaźnika cieplnego ($T7-T11$) silnik napędu odpowiedniego członu rozdzielczego ($M1-M5$) oraz wzbudzają luzownik H hamulca tego członu.

Zarówno przekaźniki $P1$ i $P2$, jak również oba styczniki współpracujące z danym członem rozdzielczym blokują sobie nawzajem wzbudzenia. Jest to konieczne, gdyż jednoczesne włączenie obu styczników, wywołujących przeciwne kierunki wirowania silników napędowych członów rozdzielczych przez zmianę kolejności faz spowodowałoby powstanie zwarcia.

Wirnik członu rozdzielczego zostaje zatrzymany po wykonaniu $1/3$ obrotu przez wyłącznik krańcowy, współpracujący z krzywką osadzoną na wale wirnika. Zostaje wtedy przerwany obwód podtrzymywania wzbudzenia stycznika, a tym samym przerwany obwód zasilania silnika napędowego i następuje zaciśnięcie szczęk hamulca H tego członu.

7.4. Samoczynna kontrola zapisu

Ponieważ układ sterowania pracuje na zasadzie liczenia paczek, na przenośnik rozdzielczy nie może dostać się żadna paczka, która by nie była nigdzie skierowana (nie został przyciśnięty żaden przycisk sterowniczy), gdyż spowodowałoby to nieprawidłowy rozdział wszystkich następujących

paczek. Dlatego też zainstalowano układ samoczynnej kontroli zapisu. Układ ten działa w następujący sposób: w trakcie zapisu dowolnego kierunku, równocześnie z odpowiednimi wybierakami zapisowymi W1 postępuje o krok wybierak W3 na panelu „B”. W momencie gdy paczka nadana na stanowisku rozdzielczym przecina wiązkę świetlną przekaźnika fotoelektrycznego F6, zainstalowanego na stanowisku rozdzielczym, zostaje wzbudzony przekaźnik P16. Poprzez zestyk P16-3 tego przekaźnika zostaje wzbudzony przekaźnik czasowy P17, który zestykiem P17-1 podaje napięcie na cewkę wybieraka W4. Po upływie czasu wyznaczonego stałą czasową obwodu P17, C57 i R9 przekaźnik P17 zwalnia, a wybierak W4 przechodzi na następną pozycję. W przypadku gdy paczka przetnie wiązkę świetlną przekaźnika fotoelektrycznego F6, zanim wybierak W3 wykona krok, czyli przed wciśnięciem przycisku sterowniczego odpowiadającemu przeznaczeniu tej paczki, pozycje wybieraków W3 i W4 zrównają się. Poprzez trzecie wieńce i odpowiednie szczotki tych wybieraków zostanie wtedy wzbudzony przekaźnik P19. Zestykiem P19-1 zostanie przerwany obwód stycznika napędu przenośnika stanowiska rozdzielczego. Jednocześnie poprzez zestyk P19-2 zostaje włączona lampka na pulpicie sterowniczym, sygnalizująca brak zasterowania paczki, a zestykiem P19-3 zablokowany obwód wzbudzenia wybieraka W4 (w celu uniknięcia możliwości wyprzedzenia wybieraka W3 przez W4).

Wciśnięcie przycisku odpowiadającego przeznaczeniu paczki zatrzymanej na stanowisku rozdzielczym spowoduje zapis informacji w układzie pamięciowym oraz przejście wybieraka W3 na następną pozycję. Wtedy przekaźnik P19 zwolni, przenośnik stanowiska rozdzielczego zostanie ponownie uruchomiony i przekaże paczkę na stale pracujący przenośnik rozdzielczy.

Miejsce umieszczenia przekaźnika fotoelektrycznego F6 na stanowisku rozdzielczym zależy od czasu działania przekaźnika P17 (ograniczonego od dołu przez czas zadziałania wybieraka W4) od szybkości przenośnika stołu rozdzielczego i jego bezwładności mechanicznej.

Miejsce umieszczenia przekaźnika musi być tak dobrane, aby paczka zatrzymywała się przed końcem przenośnika. Z drugiej strony odległość przekaźnika od końca przenośnika powinna być jak najmniejsza, aby maszyna rozdzielcza była możliwie najkrótsza.

7.5. Zerowanie układu sterowniczego

Zerowanie układu sterowniczego ma na celu skasowanie wszelkich zapisów w układzie zapamiętywania maszyny oraz zlikwidowanie wszelkich nieprawidłowości w ustawieniu wybieraków. Zerowanie przeprowadzane jest przez sprowadzenie do pozycji wyjściowej wszystkich wybieraków

układu oraz rozładowaniu wszystkich kondensatorów (skasowanie uprzednio dokonanych zapisów).

Zerowanie przeprowadzane jest w dwóch taktach. Pierwszy takt polega na sprowadzeniu wszystkich wybieraków do pozycji wyjściowych. Jednocześnie zostają zwarte do masy odpowiednie szczotki wybieraków zapisowych, dzięki czemu następuje rozładowywanie wszystkich kondensatorów pamięciowych połączonych do działek wybieraków, przez które przecho-
dzą szczotki podczas zerowania. Gdy wszystkie wybieraki staną na pozycjach zerowych, kończy się pierwszy takt zerowania.

Aby rozładować resztę kondensatorów pamięciowych, wprowadzono drugi takt zerowania, polegający na tym, że podawane jest napięcie na cewki wszystkich wybieraków zapisowych (za pomocą stycznika 11 kierunku), które czynią jeden krok, a następnie znów powtarza się cykl zerowania, przy czym tym razem szczotki wybieraków przebiegają wszystkie wycinki pól i rozładowują wszystkie kondensatory pamięciowe.

Zerowanie układu odbywa się przy każdym włączeniu napięcia zasilającego (przy włączeniu maszyny rozdzielczej), po każdej awarii zabezpieczeń oraz może być przeprowadzone na żądanie przez wciśnięcie przycisku „kasowanie” (G12) na pulpicie sterowniczym.

8. ZASILANIE I ZABEZPIECZENIE

Układ jest wyposażony we własny zasilacz, z którego otrzymuje się następujące napięcia:

| | |
|----------------------------------|--|
| 60 V prądu zmiennego | — do zasilania styczników |
| 5 V prądu zmiennego | — do zasilania rzutników |
| 50 V prądu stałego | — do zasilania wybieraków i przekaźników |
| 50 V prądu stałego filtrowane | — do zasilania obwodów ładowania kondensatorów pamięci i niektórych przekaźników |
| 10 V prądu stałego filtrowane | — do zasilania przekaźników fotoelektrycznych. |

Obwody energetyczne i sterownicze maszyny rozdzielczej są zabezpieczone wspólnym zabezpieczeniem — bezpiecznikami topikowymi instalacyjnymi o działaniu szybkim. Poza tym, każde z napięć układu posiada własne zabezpieczenie bezpiecznikami rurkowymi.

Przepalenie któregośkolwiek z tych bezpieczników powoduje wyłączenie napięcia 60 V prądu zmiennego, zasilającego styczniki, a więc wyłączenie wszystkich napędów maszyny. Jednocześnie zostaje włączona odpowiednia lampka sygnalizacyjna na płycie czołowej drzwi szafy sterowniczej oraz lampy sygnalizacyjne awarii na płycie i pulpicie sterowniczym.

Obecność napięć prądu stałego jest kontrolowana za pomocą odrębnych przekaźników. Kontrola napięcia 5 V prądu zmiennego przeprowadzana jest w sposób pośredni, za pomocą zabezpieczenia czasowego przekaźników fotoelektrycznych.

Obwody lamp sygnalizacyjnych zasilane są napięciem 60 V prądu zmiennego, pobieranym przed bezpiecznikiem 60 V, tak że przepalenie tego bezpiecznika nie powoduje zakłóceń w sygnalizacji.

Takie rozwiązanie wymaga zabezpieczenia transformatora zasilacza po stronie pierwotnej.

Przekaźniki fotoelektryczne (z wyjątkiem przekaźnika znajdującego się na stole dzielacza) posiadają odrębne zabezpieczenia czasowe. Na odpowiadającym przekaźnikowi panela „A” znajduje się przekaźnik czasowy (o czasie zadziałania około 1,2 sek), który przy zbyt długim przesłonięciu wiązki świetlnej przekaźnika fotoelektrycznego (np. przy przepaleniu żarówki rzutnika światła, zbyt długiej paczce itp.) powoduje wyłączenie napięcia 60 V prądu zmiennego oraz zapalenie się żarówki sygnalizacyjnej, umieszczonej w płycie przedniej panela „C”.

Wszystkie silniki napędowe maszyny rozdzielczej są zabezpieczone przed skutkami przeciążeń za pomocą przekaźników cieplnych o regulowanych nastawach. Pomocnicze styki tych przekaźników są połączone szeregowo z cewką stycznika zabezpieczeń termicznych. W przypadku działania któregośkolwiek przekaźnika cieplnego stycznik zwalnia i powoduje wyłączenie napięcia 60 V prądu zmiennego.

Odrębne zabezpieczenie posiadają również cewki wszystkich wybieraków. W przypadku przepalenia bezpiecznika działa odpowiedni przekaźnik, który wyłącza napięcie 60 V prądu zmiennego oraz zapala lampkę sygnalizacyjną tego bezpiecznika.

9. INSTALACJA I UZIEMIENIA OCHRONNE

Przewody energetyczne i sterownicze wychodzące z szafy sterowniczej są prowadzone w elastycznym węży osłonnym do puszki przelotowej, zamocowanej na początku przenośnika rozdzielczego. Wzdłuż przenośnika rozdzielczego przewody są ułożone w kanale z blachy stalowej, zawieszonym na konstrukcji przenośnika. Wyprowadzenia z kanału i z puszki do poszczególnych elementów sterowania i napędów zainstalowanych na przenośnikach i w pulpicie sterowniczym są osłonięte węzami elastycznymi, przy czym przewody do tych elementów są prowadzone bezpośrednio z listwy zaciskowej w szafie sterowniczej (bez rozgałęzień).

Doprowadzenia przewodów do pulpitu sterowniczego, przekaźników

fotoelektrycznych i rzutników światła są wykonane jako ruchome, przy użyciu wielokontaktowych wtyków skręcanych.

Rozwiązanie takie umożliwia regulację ustawienia pulpitu sterowniczego (w połączeniu ze specjalnej konstrukcji uchwytem do mocowania pulpitu, umożliwiającym tę regulację) oraz zapewnia wygodę podczas prac konserwacyjnych pulpitu.

Przy przekaźnikach fotoelektrycznych i rzutnikach światła rozwiązanie takie umożliwia łatwą regulację ustawienia i zapewnia szybką wymianę w razie uszkodzenia jakiegoś elementu.

Instalacja uziemiająca, połączona z uziemieniem ochronnym w kanale podłogi rozdzielni, jest prowadzona przewodami izolowanymi razem z przewodami energetycznymi i sterowniczymi. Uziemieniu podlegają wszystkie elementy sterowania i napędów, zainstalowane na przenośnikach, których napięcie względem ziemi przekracza 60 V oraz sama szafa sterownicza. Odgałęzienia od głównej linii uziemiającej, ułożonej w kanale na przenośniku rozdzielczym, są połączone z tą linią połączeniami lutowanymi.

10. WYDAJNOŚĆ MASZYNY W ŚWIETLE JEJ PARAMETRÓW TECHNICZNYCH ORAZ WIELKOŚCI I KSZTAŁTÓW PACZEK

Podstawowymi parametrami, które rzutują na wydajność maszyny są: prędkość przenoszenia paczek na przenośniku rozdzielczym oraz prędkość spychania paczek przez człon rozdzielczy.

Przy projektowaniu tego typu urządzeń należy przede wszystkim wykonać obliczenia kinematyczne członu rozdzielczego.

W przypadku maszyny MRp-IŁ-64 wirnik członu rozdzielczego obraca się z prędkością 39,7 obr/min. Z powyższego wynika, że jest on w stanie, przy ciągłym obracaniu się wirnika w jednym kierunku, wykonać teoretycznie 119 ruchów roboczych na minutę. Jest to oczywiście wielkość ściśle teoretyczna (obliczeniowa), gdyż w praktyce na jeden ruch roboczy składają się trzy fazy — rozruch, praca i hamowanie. W związku z powyższym ilość ruchów roboczych w jednostce czasu jest mniejsza niż to obliczono teoretycznie.

W celu ustalenia praktycznej wielkości liczby maksymalnej ilości ruchów roboczych na minutę przeprowadzono następującą próbę; kilkakrotnie zasterowano przez pełną liczbę działek wybieraka na przemian obydwoma kierunkami jednego z członów zgarniających, a następnie zasłaniano rytmicznie strumień świetlny przekaźnika fotoelektrycznego, związanego z danym członem zgarniającym, imitując w ten sposób przesuwanie się nieskończenie małych paczek. Przy każdym odsłonięciu przekaźnika foto-

elektrycznego człon zgarniający wykonał jeden ruch roboczy. Częstotliwość zasilania przekaźnika fotoelektrycznego dobrano tak, żeby uzyskać maksymalną ilość pełnych ruchów roboczych w jednostce czasu. Okazało się, że 24 pełne ruchy robocze, objęte poprzednio wspomnianymi trzema fazami, zostały wykonane średnio w przeciągu 13,5 sekundy, co daje 107 ruchów roboczych na minutę.

Z różnicy tych dwóch wielkości liczb ruchów roboczych, można ustalić stosunek wielkości rzeczywistej do wielkości obliczeniowej, który może posłużyć jako współczynnik bezwładności układu napędowego członu zgarniającego. Współczynnik ten wynosi $k = 0,9$ i może być wykorzystany przy dobieraniu obliczeniowej wielkości liczby ruchów roboczych.

Decydujące znaczenie dla wydajności maszyny oprócz częstotliwości ruchów roboczych (obrotów członu zgarniającego) ma odległość między następującymi po sobie paczkami.

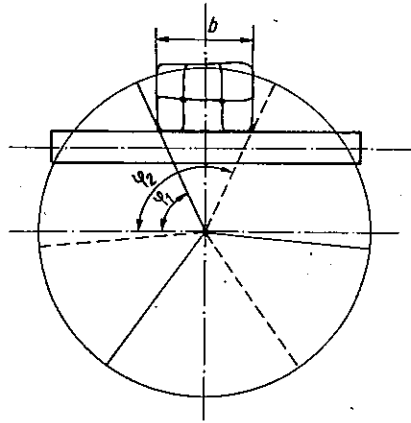
Aby wykorzystać w pełni możliwości techniczne członu zgarniającego, odległość między paczkami powinna być jak najmniejsza. Najmniejsza odległość między paczkami uzależniona jest od czasu pracy członu zgarniającego (zgarniaka), ponieważ w czasie spychania paczki, paczki sąsiadujące muszą być w takiej odległości, aby nie nastąpiło ich potrącenie przez wirnik zgarniaka. Odległość tę, która jest już odległością bezpieczną, możemy obliczyć w zależności od prędkości przenośnika rozdzielczego (prędkości obwodowej rolek) i czasu pracy członu zgarniającego. Za czas pracy członu zgarniającego uważać będziemy czas, w jakim zgarniak wykonuje $1/3$ obrotu. Paczki zbliżające się do zgarniaka powinny zachowywać między sobą co najmniej takie odległości, na których pokonanie trzeba tyle czasu, ile wymaga praca członu zgarniającego.

Ponieważ zagadnienie minimalnej odległości między paczkami rozpatrujemy ściśle teoretycznie, możemy zrobić założenie, że paczki transportowane są idealnie środkiem przenośnika rozdzielczego, ustawione dłuższą krawędzią wzdłuż kierunku ruchu przenośnika, oraz to, że pomiędzy paczką i rolkami nośnymi nie występują poślizgi.

Wyliczenie minimalnej odległości między paczkami ma również praktyczne znaczenie, gdyż umożliwia najbardziej ekonomiczne dobranie parametrów maszyny.

Przy powyższych założeniach okazuje się, że paczki mogą wchodzić w strefę działania członu rozdzielczego w momencie, kiedy ten nie zakończył ruchu roboczego, pochodzącego od paczki poprzedniej. Ma to poważny wpływ na skrócenie czasu krytycznego.

Czasem krytycznym będziemy nazywali czas, jaki potrzebny jest na obrót zgarniaka od φ_1 do φ_2 . Wielkości tych kątów uzależnione są od szerokości paczki.



Rys. 12. Położenie ramion zgrniających określone czasem krytycznym

| Szerokość paczki w mm | $\varphi_1^{[o]}$ | $\varphi_2^{[o]}$ |
|-----------------------|-------------------|-------------------|
| 250 | 65 | 115 |
| 300 | 60 | 120 |
| 400 | 52 | 128 |
| 500 | 47 | 133 |
| 600 | 42 | 138 |

Wyliczenia najmniejszej odległości między paczkami możemy dokonać wg następującego wzoru:

$$L'_{min} = \frac{v_r(\varphi_2 - \varphi_1)}{6n_z} \text{ [m]}$$

L'_{min} — minimalna odległość między paczkami (między tyłem pierwszej paczki a czołem paczki następnej),

n_z — ilość obrotów zgrniaka na minutę.

Aby zapewnić najbardziej ekonomiczne wykorzystanie maszyny, należałoby dostarczać na przenośnik rozdzielczy paczki w odległościach nie większych jak L_{min} .

W praktyce jest to jednak niemożliwe, ponieważ operator (dzielacz) nie jest w stanie zachować stale taką samą odległość pomiędzy paczkami. Przy małym natężeniu ruchu o wiele łatwiej jest wprowadzać paczki na przenośnik rozdzielczy z zachowaniem minimalnej bezpiecznej odległości; natomiast w przypadku chwilowego zwiększenia natężenia ruchu może się zdarzyć, że odległość ta nie zostanie zachowana. W związku z tym, aby uniknąć przypadkowych zakłóceń w rozdziale paczek oraz odciążyć uwagę dzielacza, która byłaby skupiona na rozsuwaniu paczek, wprowadzono stopniowanie prędkości przenoszenia paczek. Wykorzystano tu zjawisko rozsuwania się paczek przy przejściu z przenośnika o mniejszej prędkości-

ci obwodowej rolek na przenośnik o prędkości większej. Stwierdzono, że o wiele łatwiejsze jest utrzymanie prawidłowej odległości między paczkami na przenośniku o mniejszej prędkości.

W omawianym przypadku została zmniejszona prędkość obwodowa rolek na stanowisku rozdzielczym. Prędkość tę zmniejszono na tyle, aby przy założeniu minimalnej odległości pomiędzy paczkami na stanowisku rozdzielczym „ l ” uzyskano na przenośniku rozdzielczym L'_{min} .

Prędkość tę możemy wyliczyć w zależności

$$v_2 = v_1 \frac{l+p}{L+p} \text{ m/sek}$$

v_1 — prędkość przenośnika rozdzielczego,

v_2 — prędkość stanowiska rozdzielczego,

L — odległość między paczkami na przenośniku rozdzielczym,

l — odległość między paczkami na stanowisku rozdzielczym,

p — długość paczki.

Przeprowadzone doświadczenia poparte obliczeniami teoretycznymi wykazały, że największe tendencje do rozsuwania się mają paczki długie, a najmniej rozsuwają się paczki krótkie (małe). W przypadku paczek o różnych długościach wielkość rozsunień przyjmowała wartości pośrednie.

Opierając się na tych spostrzeżeniach, obliczenie L_{min} należy dokonać dla paczek najmniejszych. Paczką taką może być paczka o długości 250 mm i szerokości do 250 mm.

Dla paczek tych określenie minimalnej odległości nie może się opierać tylko na poprzednio wyprowadzonej zależności, ponieważ ma na nią również wpływ długość pola działania członu rozdzielczego.

Wielkość ta wynika z ilości prętów znajdujących się w jednym rzędzie wirnika członu rozdzielczego.

W związku z powyższym może się okazać, że z tego powodu odległość między paczkami musi być większa. Ta druga zależność wynika stąd, że paczka, która miją dany człon rozdzielczy i przechodzi do następnych członów rozdzielczych, nie może być potracona przez ten człon rozdzielczy, w czasie gdy wykonuje on ruch roboczy dla paczki następnej.

Dla tego przypadku

$$L''_{min} = 7 \cdot t - p \text{ [m]}$$

t — rozstawienie prętów członu rozdzielczego.

Jedyny wpływ na L'_{min} posiada szerokość paczki najmniejszej, która oczywiście nie może być większa od jej długości i może wynosić nie więcej niż 250 mm. Nie można tu błać do obliczeń paczek o mniejszej szerokości niż 250 mm, ponieważ L_{min} nie gwarantowałoby bezkolizyjnej pracy członu zgarniającego w przypadku paczek 250 × 250 mm. Z tego samego też względu dzielacz nie powinien ustawiać paczek w poprzek przenośnika,

gdź otrzymane rozsuniecie może okazać się za małe w stosunku do związanego z tym rozsunieniem czasu krytycznego.

Zgodnie z podaną tabelą dla paczki o szerokości 250 mm $\varphi_2 = 115^\circ$ i $\varphi_1 = 65^\circ$.

$$L'_{min} = \frac{0,85 (115 - 65)}{6 \cdot 39,7} \text{ [m]}$$

$$L''_{min} = 0,178 \text{ [m]}$$

Dla drugiego przypadku

$$L''_{min} = 7 \cdot 0,102 - 0,250 = 0,464 \text{ m}$$

Z porównania L'_{min} i L''_{min} wynika, że jako minimalną odległość pomiędzy paczkami należy przyjąć

$$L_{min} = 47 \text{ cm}$$

Znając L_{min} możemy dobrać odpowiednią prędkość przenoszenia na stanowisku rozdzielczym przy założeniu, że odległość pomiędzy paczkami w tym miejscu wynosić będzie $l = 25$ cm. Utrzymanie takich odległości między paczkami przez dzielacza jest stosunkowo łatwe, ponieważ odległość ta odpowiada wielkości minimalnych paczek.

Zgodnie z przedstawionym uprzednio wzorem dla paczek $p = 25$ cm

$$v_2 = 0,85 \frac{25 + 25}{47 + 25} = 0,59 \text{ m/sek}$$

przyjmujemy $v_2 = 0,6$ m/sek.

Dla sprawdzenia czy prędkość obwodowa rolek stanowiska rozdzielczego jest odpowiednio dobrana należy dla paczek większych 500×500 mm porównać wielkość L — wynikającą z v_1 i v_2 oraz wielkość L_{min} wynikającą z czasu krytycznego.

$$L = \frac{v_1}{v_2} (l + p) - p \text{ [cm]}$$

$$L_{500} = \frac{0,85}{0,6} (25 + 50) - 50 = 56 \text{ cm}$$

ze względu na czas krytyczny dla paczek 500×500 mm $\varphi_2 = 133^\circ$ i $\varphi_1 = 47^\circ$

$$L'_{min} = \frac{0,85 (133 - 47)}{6 \cdot 39,7} = 30,7 \text{ cm}$$

$$L_{500} > L_{min}$$

Wynika z tego, że faktyczne rozsuniecie paczek o wymiarach 500×500 mm jest większe od L_{min} , co zapewni również i dla takiego przypadku bezkolizyjną pracę członu zgarniającego.

Paczki o długości 500 mm można przyjąć na podstawie badań statystycznych jako paczki średniej wielkości. W związku z tym można ustalić średnią wydajność teoretyczną urządzenia na podstawie zależności

$$W_{t\,sr} = \frac{3600 \cdot v_r}{L_{500} + p} \text{ paczek/godz}$$

$$W_{t\,sr} = \frac{3600 \cdot 0,85}{0,56 + 0,5} \cong 2900 \text{ paczek/godz}$$

Maksymalną wydajność techniczną uzyskuje się tylko w przypadku rozdziału paczek małych. W związku z tym dla paczek o długości $p = 250$ mm

$$W_{t\,max} = \frac{3600 \cdot 0,85}{0,47 + 0,25} = 4250 \text{ paczek/godz}$$

Przy rozdziale paczek o maksymalnej długości $p = 800$ mm uzyskuje się minimalną wydajność techniczną

$$W_{t\,min} = \frac{3600 \cdot v_r}{L_{800} + p}$$

gdzie

$$L_{800} = \frac{0,85}{0,6} (25 + 80) - 80 = 69 \text{ cm}$$

stąd

$$W_{t\,min} = \frac{3600 \cdot 0,85}{0,69 + 0,8} = 2050 \text{ paczek/godz}$$

Wydajność teoretyczna określa nam, z jaką chwilową wydajnością może pracować dzielacz przy zachowaniu bezkolizyjności rozdziału paczek. Nie oznacza to jednak, że dzielacz osiągnie taką wydajność w ruchu ciągłym. Praktyczna wydajność maszyny uzależniona jest od umiejętności i sprawności dzielacza oraz od ilości kierunków rozdziału.

11. ZAKOŃCZENIE

Podany wyżej opis półautomatycznej maszyny rozdzielczej w oparciu o rolkowy przenośnik rozdzielczy ilustruje podstawowe zasady konstrukcyjne i eksploatacyjne maszyny.

Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie dużych prędkości przenoszenia (0,8—1,0 m/sek) i wydajności do 3600 paczek/godz.

Sama konstrukcja jest prosta i mniej kosztowna w porównaniu z innymi typami maszyn rozdzielczych. W maszynach tego typu podawanie

paczek na przenośnik rozdzielczy odbywa się w dowolnych odstępach, związanych z wydajnością operatora.

Przenośnik rozdzielczy, stanowisko rozdzielcze i członki rozdzielcze pracują cicho.

Model eksploatacyjny (użytkowy) maszyny wykonano w Instytucie Łączności i zainstalowano w dworcowym urzędzie pocztowym Białystok 2 w trzecim kwartale 1965 r.

Dotychczasowy okres pracy maszyny wykazał jej pełną przydatność eksploatacyjną.

Maszyna pracuje bez awarii, a urządzenia sterownicze i rozdzielcze działają sprawnie.

K. Демски
К. Ковальски
Т. Тудэк

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ МАШИНА ДЛЯ СОРТИРОВКИ ПОСЫЛОК
ТИП MRp-IŁ-64

Резюме

Описано разработанное и построенное Институтом связи устройство для полуавтоматической сортировки посылок на 11 направлений. Практическая производительность устройства в зависимости от величины посылок достигает 3600 посылок/час.

Сортировочный пункт оборудован пультом управления, обслуживаемым одним оператором. Схема управления базируется на релейно-искательной системе с емкостной памятью. Элементы записи и отсчета управляющих информации каждого сортировочного блока смонтированы на одной, отдельной панели шкафа управления.

K. Demski
K. Kowalski
T. Tudek

SEMI-AUTOMATIC PARCELS' DISTRIBUTING MACHINE TYPE MRp-IŁ-64

- Summary

Designed and built in the Telecommunication Institute, an installation for semi-automatic distribution of parcels for 11 directions is described. The practical output of the installation, depending on the dimensions of parcels, attains 3600 parcels/hour.

The distributing stand, equipped with a control desk, is served by a single operator. The control scheme is based on a relay-and-selector system with capacitive memory. The control information writing and reading elements for every distributing part are mounted on a single, separate panel on the control rack.

K. Demski
K. Kowalski
T. Tudek

MACHINE SEMI-AUTOMATIQUE POUR LA RÉPARTITION DES COLIS
POSTAUX TYPE MRp-IL-64

Résumé

On décrit un dispositif, conçu et élaboré à l'Institut des Télécommunications, destiné à la répartition semi-automatique des colis postaux pour 11 directions. Le rendement pratique du dispositif atteint 3600 colis/heure suivant les dimensions des colis.

Le poste de répartition, équipé d'un pupitre de commande, est desservi par un seul opérateur. Le dispositif de commande est basé sur un système à relais et à sélecteurs avec mémoire capacitive. Les organes d'enregistrement et de lecture des informations de commande de chaque membre de répartition sont montés sur un panneau séparé de l'armoire de commande.

K. Demski
K. Kowalski
T. Tudek

HALBAUTOMATISCHE PAKETENVERTEILUNGSMASCHINE TYP MRp-IL-64

Zusammenfassung

Die im Institut für Fernmeldewesen ausgearbeitete und gebaute Anlage für halb-automatische Paketverteilung auf 11 Richtungen, ist beschrieben worden. Die praktische Leistung der Anlage, je nach der Paketengröße, erreicht 3600 Pakete/Stunde.

Die mit einem Steuerungspult ausgerüstete Verteilungsstelle wird von einem einzigen Operateur bedient. Das Steuerorgan ist auf einem mit Relais und Wähler ausgestatteten System, mit kapazitivem Gedächtnis, gegründet. Die Schreib- und Ableselementen der Steuerinformationen jedes Verteilungsgliedes werden auf einem besonderen Paneel des Steuerungsschranks montiert.

1945

...

...

...