

**INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ  
INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ**



**KRAKÓW**

**RAPORT No 1017/E**

128004378

**UNIWERSALNY MIERNIK PRĄDU STAŁEGO**

**JOZEF BARAN, EDMUND BAKEWICZ**

**KRAKÓW 1978**

UNIWERSALNY MIERNIK PRĄDU STAŁEGO

UNIVERSAL D.C. CURRENT METER

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Józef Baran, Edmund Bakewicz  
Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków

Kraków, sierpień 1978

*NAKŁADEM INSTYTUTU FIZYKI JĄDROWEJ W KRAKOWIE  
UL. RADZIKOWSKIEGO 152*

*Kopię kserograficzną, druk i oprawę wykonano w IFJ Kraków*

---

*Wydanie I*

*Zam. 180/78*

*Nakład 70 egz.*

W pracy opisano Uniwersalny Miernik Prądu Stałego przeznaczony do pomiaru prądu wiązki jonów w cyklotronie. Omówiono układ przyrządu, podano jego parametry techniczne oraz zakres zastosowania.

This paper describes an <sup>U</sup> Universal D.C. <sup>C</sup> Current <sup>m</sup> Meter for cyclotron beam measurements. Some details of the circuit, technical data and a range of application has been given.

В настоящей статье описано Универсальный Измеритель Постоянного Тока предназначен для измерения ионного тока пучка в циклотроне. В работе обсуждается схему прибора, его технические данные а также пределы применения.

## A. Przeznaczenie przyrządu

Uniwersalny Miernik Prądu Stałego zaprojektowany został głównie do pomiaru prądu wiązki jonów w cyklotronie, metodą pomiaru ładunków przyspieszanych cząstek padających na tarcze pomiarowe próbników. Może być także wykorzystany do innych pomiarów prądu stałego. Układ pomiarowy przyrządu przystosowany jest zarówno do pojedynczych jak i do dwu a także czterosegmentowych próbników, rozmieszczonych na trasie wiązki i umożliwia pomiar na dowolnym segmencie na wszystkich segmentach równocześnie oraz pomiar przesunięcia centrum wiązki w poziomie i w pionie. Specjalny układ pozwala mierzyć stan izolacji próbników. Wynik pomiaru odczytywany jest na mierniku i wskazuje wprost jaki procent wiązki padającej na próbnik będzie mierzony przez przyrząd na danym zakresie pomiarowym, przy danej rezystancji próbnika. Wejście przyrządu zawiera filtr dolnoprzepustowy, który można włączyć w przypadku obecności na doprowadzeniu składowej zmiennej, zakłócającej pomiar. Przyrząd posiada dwa dodatkowe wyjścia umożliwiające podłączenie dodatkowych mierników, jak również wykorzystanie ich do innych celów. Układ alarmu akustycznego sygnalizuje przekroczenie nastawionego przedziału wartości wiązki.

## B. Parametry techniczne

1. Zakres pomiarowy: 0,1nA do 100  $\mu$ A w 13 podzakresach:  
10;25;50;100;250;500 nA;1,0;2,5;5,0;10;25;50;100  $\mu$ A
2. Rezystancja wejściowa: zależna od zakresu pomiarowego zgodnie z zależnością;

$$R_{we} [M\Omega] = \frac{0,25}{I_s}$$

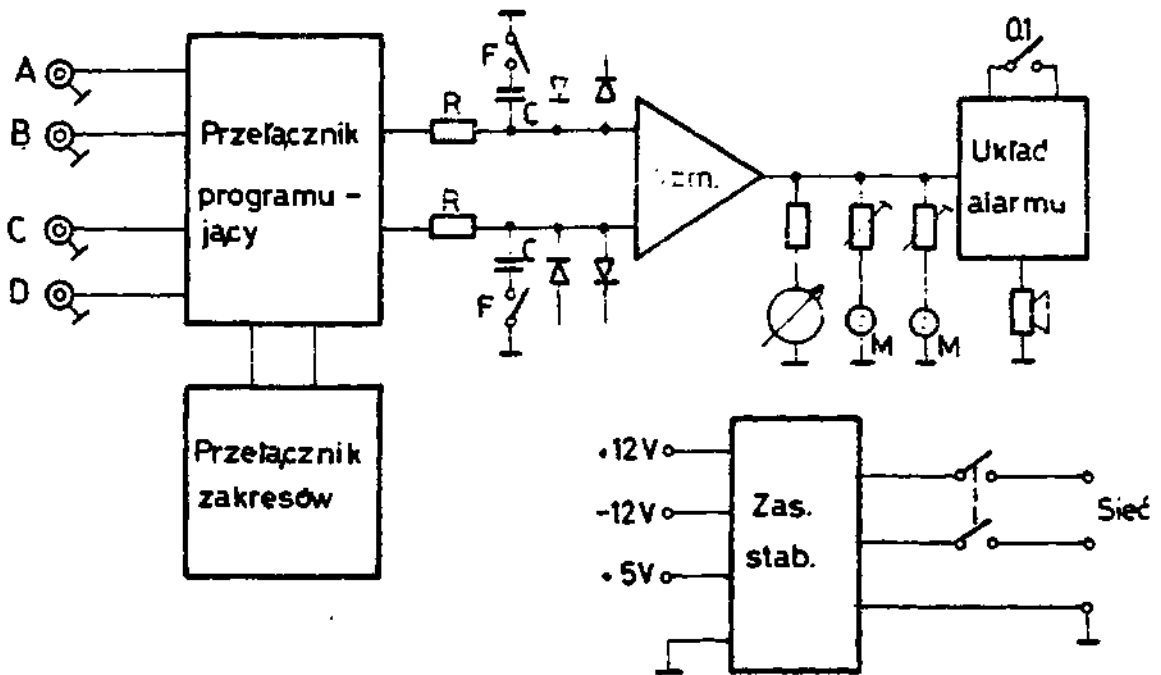
gdzie:  $I_s$  - prąd zakresu pomiarowego w  $\mu$ A.

3. Maksymalne napięcie wejściowe nie powodujące uszkodzenia miernika: 100V

4. Zakresy prądowe dodatkowych mierników: 100  $\mu$ A
5. Rezystancja mierników dodatkowych:  $\ll k\Omega$
6. Napięcie pomiarowe rezystancji izolacji próbników: 0,25V
7. Uchyb pomiarowy:  $\leq 1,5\%$  w stosunku do pełnego zakresu
8. Stała czasowa filtra: 0,3 sek.
9. Napięcie zasilania: 220 V  $\sim$
10. Pobór mocy: 5VA
11. Wymiary: 260x80x290 mm.

### C. Układ elektroniczny

Schemat blokowy przyrządu przedstawiony jest na rys. 1



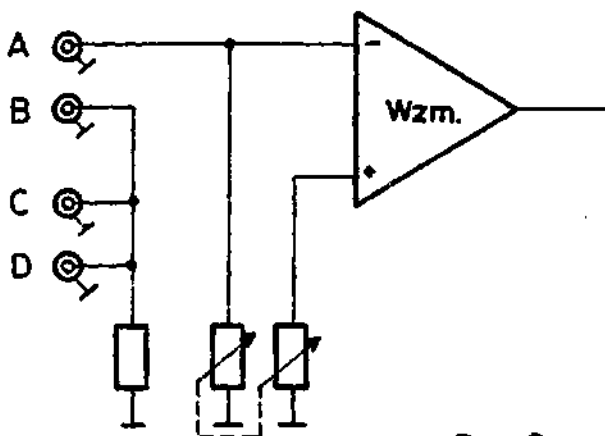
Rys.1

Wejścia pomiarowe A, B, C i D doprowadzone są do klawiszowego przełącznika programującego. Przełącznik zawiera następujące przyciski: A, B, C, D, S, B-A, D-C, O, kal, F, R, al,  $\sim$ . Pierwsze dziewięć przycisków pracuje współzależnie, pozostałe niezależnie. Na tylnej płycie przyrządu umieszczony jest dodatkowy przycisk oznaczony "bal" służący do równoważenia wzmacniacza. Umieszczony na przedniej płycie jest to pozycyjny przełącznik zakresów po-

łączony jest z rezystorami pomiarowymi, zmieniającymi w obu gałęziach wzmacniacza. Oba wejścia wzmacniacza zawierają układy zabezpieczające przed nadmiernym napięciem na wejściu, składające się z rezystorów R oraz diod spolaryzowanych w kierunku zaporowym, a także filtry dolnoprzepustowe zbudowane z elementów RC. Do wyjścia wzmacniacza połączony jest własny miernik przyrządu oraz gniazda mierników dodatkowych, zewnętrznych. Układ alarmu akustycznego sterowany jest również z wyjścia wzmacniacza pomiarowego. Potencjometry do ustawiania progów umieszczone są na przedniej płycie przyrządu. Na płycie przedniej umieszczone są także potencjometry zerowania przyrządu oraz kalibracji.

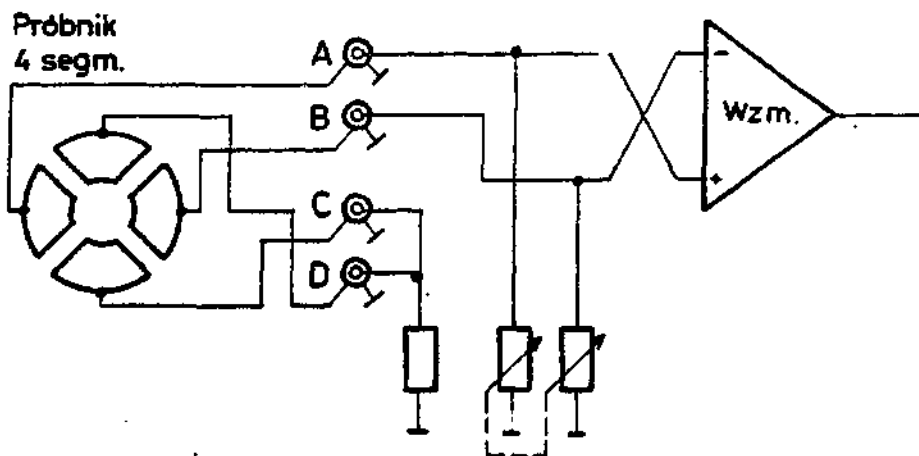
Przełącznik programujący umożliwia otrzymanie następujących konfiguracji układu pomiarowego:

1. Po wciśnięciu przycisku A przyrząd pracuje w układzie jak na rys. 2. Wejście pomiarowe A połączone zostaje z wejściem wzmacniacza, a pozostałe wejścia tj. B, C i D zostają zwarte i przez rezystor połączone z masą. Po wciśnięciu przycisku B wejście B zostaje połączone z wejściem wzmacniacza, natomiast pozostałe wejścia tj. A, C i D zostają zwarte i uziemione, itd.



Rys. 2

2. Wciśnięcie przycisku B-A tworzy układ pokazany na rys. 3

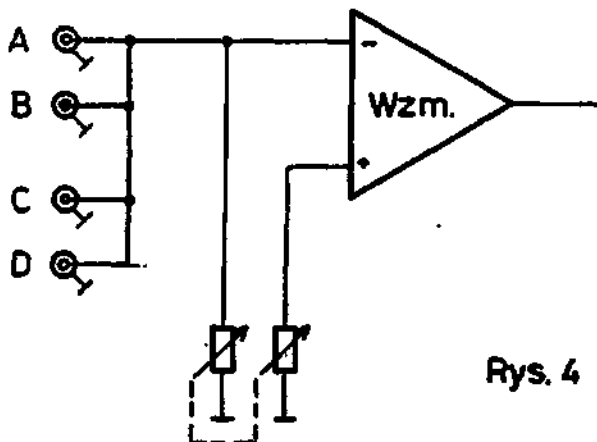


Rys. 3

Wejście A zostaje doprowadzone do wejścia nieodwracającego wzmacniacza a B do wejścia odwracającego. Równocześnie wskazówka miernika ustawia się w połowie skali. Miernik wychylił się z pozycji środkowej tylko w przypadku różnicy prądów między wejściami A i B. Układ ten stosowany jest w przypadku pomiarów na próbnikach dwu lub czterosegmentowych i umożliwia kontrolę symetrii biegu wiązki zarówno w poziomie jak i w pionie. Pozostałe wejścia / C i D / zostają zwarte i uziemione.

Przy wciśnięciu przycisku D-C, wejście D doprowadzone zostaje do wejścia odwracającego wzmacniacza a C do wejścia nieodwracającego, natomiast wejście A i B zostają zwarte i uziemione.

3. Po wciśnięciu przycisku "S" układ pracuje zgodnie z rys. 4



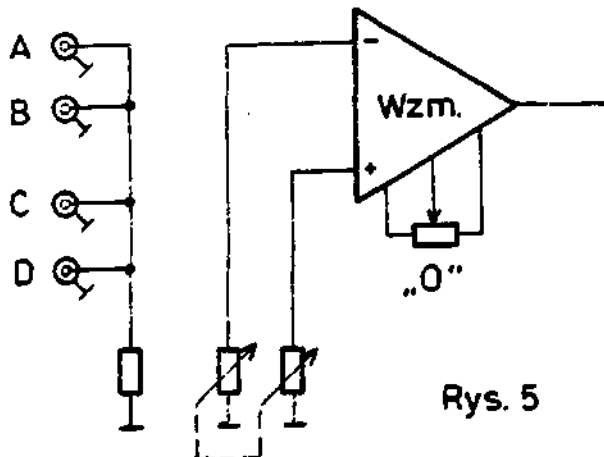
Rys. 4



Wszystkie wejścia pomiarowe / A, B, C i D / połączone zostają z wejściem wzmacniacza. Przyrząd mierzy sumę prądów wszystkich wejść.

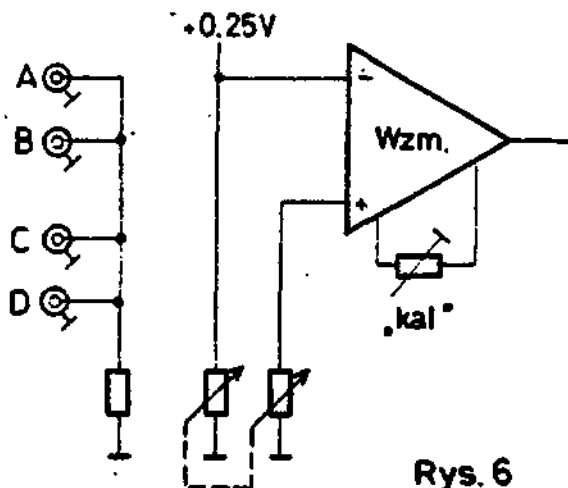
4. Zerowanie przyrządu odbywa się po wciśnięciu przycisku "0".

Układ pracuje zgodnie z rys. 5



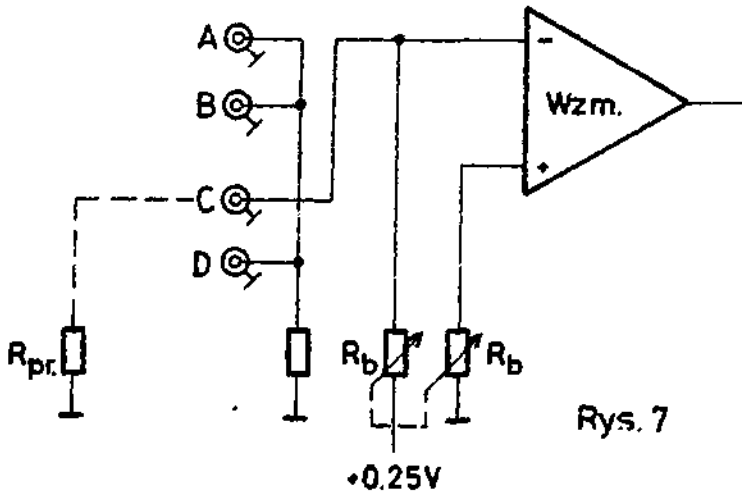
Rys. 5

Wszystkie wejścia pomiarowe zostają zwarte i uziemione, a na wejściu wzmacniacza pozostają tylko boczniki pomiarowe. 5. Po wciśnięciu przycisku "kal" / rys. 6 / wszystkie wejścia pomiarowe zostają zwarte i uziemione, a na wejście odwracające wzmacniacza doprowadzone zostaje dodatnie napięcie kalibrujące 0,25V. Wskazówka miernika winna się wychylić na pełną skalę. W razie odchyłki, korekcji dokonuje się potencjometrem "kal".



Rys. 6

5. Wciśnięcie przycisku "R" oraz jednego z następujących: A, B, C, D lub S umożliwia pomiar rezystancji próbnika wiązki, segmentu próbnika lub wszystkich segmentów równocześnie w stosunku do ziemi / rys. 7, wciśnięty przycisk C /.



Rys. 7

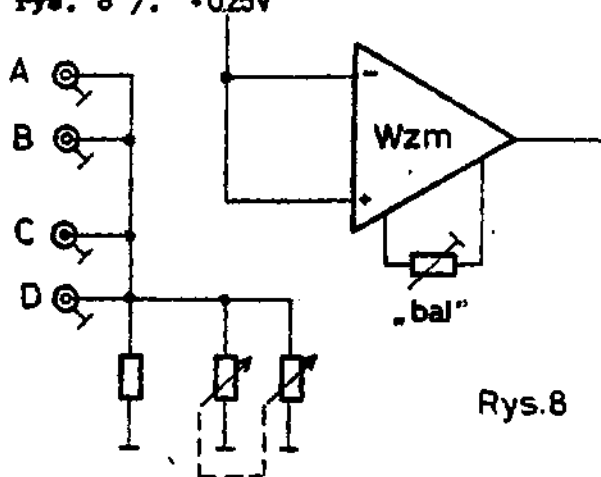
Przy pomiarze, napięcie na wejściu wzmacniacza uzależnione jest od dzielnika utworzonego z rezystancji próbnika  $R_{pr}$  i bocznika pomiarowego  $R_b$ . Wychyłka miernika wyjściowego wskazuje wprost w procentach / miernik o zakresie 100 dz. / jaka część całkowitej wiązki, padającej na próbnik będzie doprowadzona do wejścia przyrządu ze względu na rezystancję próbnika. Można także obliczyć rezystancję próbnika z zależności:

$$R_{pr} [M\Omega] = \frac{0,25 \cdot A}{I_z - A \cdot 10^{-6}}$$

gdzie: A - wychyłka wskazówki w działkach

$I_z$  - prąd zakresu pomiarowego w  $\mu A$

7. Kontrolę i regulację symetrii wzmacniacza pomiarowego dokonuje się po wciśnięciu przycisku "bal" na tylnej płycie przyrządu / rys. 8 /.



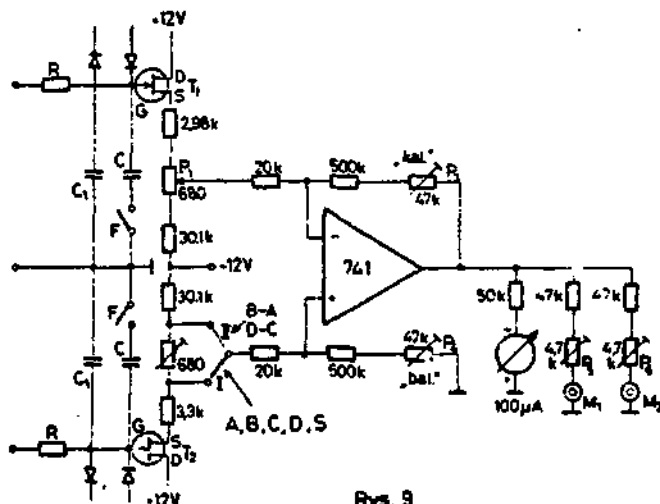
Rys. 8

Wejścia pomiarowe zostają zwarte i uziemione a na oba zwarte wejścia wzmacniacza przyłożone zostaje napięcie 0,25V. Przy symetrii wzmacniacza wskazówka miernika winna pozostać w pozycji zerowej. W razie odchyłki, korekcji symetrii dokonuje się potencjometrem oznaczonym "bal" na tylnej płycie przyrządu. 8. Wciśnięcie przycisku F powoduje włączenie kondensatorów w oba obwody wejściowe wzmacniacza / rys. 1 /. Umożliwia to pomiar prądu z obecnością składowej zmiennej na wejściu pomiarowym. 9. Przycisk "al" włącza układ alarmu akustycznego.

Właściwość źródła prądowego jakim jest próbnik pomiarowy nakłada warunek aby przy żadnej z nastaw, zarówno przełącznika zakresów jak i przełącznika programującego, próbny nie zostały odziemione. Warunek ten jest spełniony przy wciśnięciu dowolnego przycisku zakresu pomiarowego oraz dowolnego przycisku współzależnego przełącznika programującego. Dodatkowo, oba przełączniki zawierają układy uzemiające wejścia pomiarowe w przypadku omyłkowego wciśnięcia w/w przycisków. Zapobiega to uszkodzeniu przyrządu w wyniku nadmiernego wzrostu napięcia na wejściach pomiarowych.

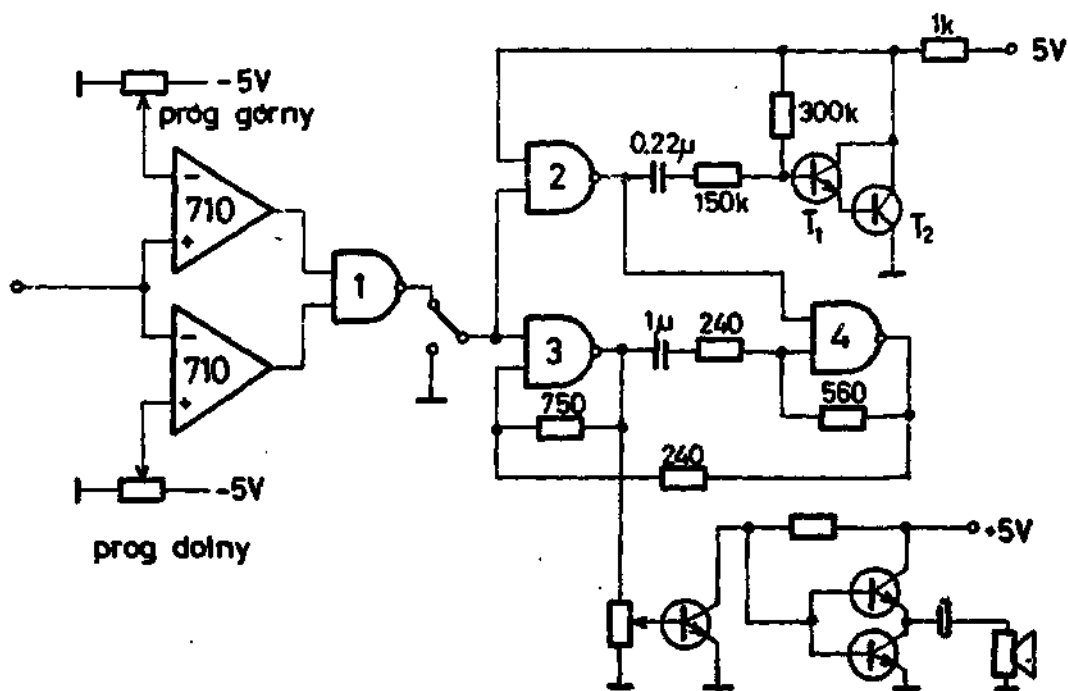
#### D. Schemat ideowy przyrządu

Na rys. 9 pokazany jest schemat ideowy wzmacniacza pomiarowego.



Rys. 9

Wzmacniacz wykonany jest na obwodzie scalonym typu 741. Pracuje w układzie różnicowym i sterowany jest dwoma tranzystorami polowymi o dobieranych, jednakowych parametrach. Warunki pracy tranzystorów dobrane są pod względem minimalizacji termicznego współczynnika zmian prądu drenów. Filtry dolnoprzepustowe RC o stałej czasowej  $T = 0,3$  sek. znajdują się na obu wejściach wzmacniacza. Po wyłączeniu kondensatorów C filtrów, pozostałe kondensatory  $C_1$  wraz z rezystorami R tworzą filtry o stałej czasowej  $T \approx 1$  m sek, zabezpieczające wejścia wzmacniacza przed składowymi wyższych częstotliwości napięcia, obecnymi na wejściach pomiarowych. Diody zabezpieczające wejścia tranzystorów są selekcyjonowane. Ick prądy zwrotne są mniejsze od  $10^{-10}$  A. Potencjometr  $P_1$  służy do zerowania wzmacniacza,  $P_3$  do kalibracji a  $P_4$  do równowazenia. W obwodzie źródła tranzystora  $T_2$  znajduje się przełącznik który służy do przesunięcia wskazówki miernika na środek skali w przypadku pracy przyrządu w układzie różnicowym /przy wciśnięciu przycisku B-A lub D-C/.

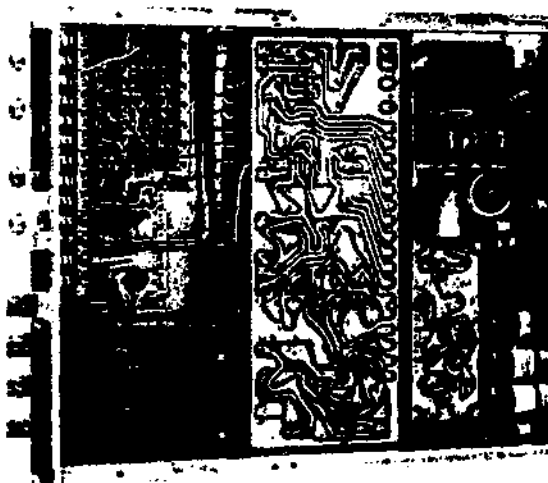


Rys. 10

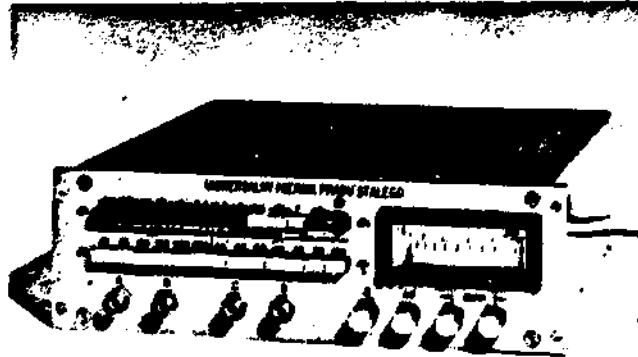
Na rys.10 pokazany jest układ alarmu akustycznego. Zbudowany jest na dwóch komparatorach scalonych typu 710 oraz na czterokrotnej dwuwęciowej bramce NAND typu 7400. Na wejście układu doprowadzone jest napięcie z wyjścia wzmacniacza pomiarowego. Potencjometrami "próg górny" i "próg dolny" na wejścia komparatorów doprowadza się napięcia wymaganych progów. Jeśli napięcie na nieodwracającym wejściu górnego komparatora przekroczy nastawiony próg lub jeśli obniży się poniżej nastawionego progu na wejściu odwracającym dolnego komparatora, wówczas na wejściu takiego komparatora napięcie spada. Spadek napięcia na jednym z wejść bramki 1 powoduje wzrost napięcia na jej wyjściu. Napięcie to odblokowuje bramki 2 i 3 i zaczynają pracować generatory. Generator zbudowany na bramce 2 oraz tranzystorach  $T_1$  i  $T_2$  pracuje na częstotliwości ok. 5 Hz, drugi zbudowany na brankach 3 i 4 na częstotliwości ok. 900 Hz. Drugi generator pracuje tylko wtedy gdy bramka 4 jest odblokowana przez bramkę 2. Z wyjścia bramki 3 napięcie o częstotliwości 900 Hz, przerywane z częstotliwością 5 Hz doprowadzone jest przez wzmacniacz akustyczny do głośnika.

#### E. Konstrukcja mechaniczna

Rozmieszczenie elementów wewnątrz przyrządu pokazane jest na rys.11.

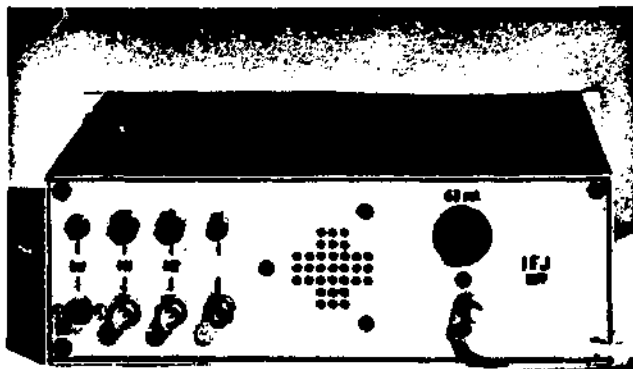


W przedniej części usytuowane są /w dwóch pozycjach/ przełączniki oraz miernik, w części środkowej płyty drukowane, również jedna nad drugą, drukiem nazewnątrz. Płyta drukowana górna zawiera wzmacniacz pomiarowy wraz z filtrami wejściowymi i układami zabezpieczenia przepięciowego oraz układ alarmu akustycznego. Dolna płyta zawiera boczniki pomiarowe. Tylna część zawiera transformator sieciowy, zasilacze stabilizowane oraz głośnik.



Rys. 12.

Przyrząd zamknięty jest w obudowie z blachy aluminiowej.



Rys. 13

Płyta czołowa o wymiarach 260 x 80 mm /rys. 12/ zawiera ostery

wejścia pomiarowe z gniazdami BNC 50, przełącznik programujący, przełącznik zakresów, pokrętła do ustawiania zera, kalibracji oraz ustawiania przedziału alarmu akustycznego, a także podłużny miernik o zakresie 100  $\mu$ A /100 dz/. Wskaźnik włączenia przyrządu do sieci wykonany na diodzie elektroluminescencyjnej umieszczony jest nad przyciskiem sieciowym.

Tylna płyta /rys.13/ zawiera przycisk i potencjometr do równoważenia wzmacniacza oraz potencjometry i gniazda wyjściowe mierników zewnętrznych. Z tyłu usytuowany jest również głośnik alarmu, bezpiecznik sieciowy oraz sznur sieciowy.

Przyrząd może być eksploatowany jako wolnostojący lub być wmontowany w otwór w panelu zestawu aparatury.

Roczny okres pracy przyrządu potwierdził założenia projektowe, wykazując duże walory eksploatacyjne. Przyrząd ten może być stosowany także w innych typach akceleratorów.

