

MULTIMETR CYFROWY typu V562

Instrukcja obsługi i serwisu
IS-563



ZAKŁAD ELEKTRONICZNEJ APARATURY POMIAROWEJ
02-325 Warszawa, ul. Białobrzeska 53

Producent przyrządu zastrzega sobie prawo wprowadzania
zmian konstrukcyjnych

Druk z materiałów przygotowanych
przez Zleceniodawcę

ZAKŁAD ELEKTRONICZNEJ APARATURY POMIAROWEJ
„MERATRONIK”
02-325 Warszawa, ul. Białobrzaska 53

MULTIMETR CYFROWY typu V562

Instrukcja obsługi i serwisu
IS-563

WYDAWNICTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO „WEMA”
Warszawa 1987

1. PRZEZNACZENIE PRZYRZĄDU	4
2. WYPOSAŻENIE	5
2.1. Wyposażenie podstawowe	5
2.2. Wyposażenie dodatkowe	5
3. DANE TECHNICZNE	7
3.1. Pomiar napięć stałych	7
3.2. Pomiar napięć przemiennych	7
3.3. Pomiar prądów stałych	8
3.4. Pomiar prądów przemiennych	8
3.5. Pomiar rezystancji	8
3.6. Pomiar pojemności	9
3.7. Tester złącz półprzewodnikowych	9
3.8. Układ kontroli ciągłości obwodu elektrycznego z sygnalizacją akustyczną	10
3.9. Izolowane źródło prądowe 10 mA	10
3.10. Dane ogólne	10
4. BUDOWA I DZIAŁANIE PRZYRZĄDU	11
4.1. Wiadomości wstępne	11
4.2. Przełącznik funkcji i przełącznik zakresów	12
4.3. Dzielnik wejściowy i boczniki prądowe	14
4.4. Przetwornik analogowo-cyfrowy (A/C)	15
4.5. Układ wyświetlania wyniku pomiaru	18
4.6. Przetwornik rezystancji	19
4.7. Przetwornik napięć przemiennych (AC/DC) z filtrem aktywnym	21
4.8. Przetwornik pojemności (C/U)	23

4.9. Układ kontroli ciągłości obwodu elektrycznego z sygnalizacją akustyczną	25
4.10. Układ testera złącz półprzewodnikowych	25
4.11. Izolowane źródło prądowe 10 mA	26
4.12. Zasilacze	26
5. OGÓLNE WYTYCZNE EKSPLOATACJI I BEZPIECZEŃSTWA OBSŁUGI PRZYRZĄDU	27
6. KONSERWACJA I NAPRAWY	28
6.1. Wskazanie ogólne	28
6.2. Elementy selekcjonowane w procesie produkcji	30
6.3. Kalibracja i regulacje	32
6.4. Wykaz przyrządów do napraw i kalibracji	36
7. SKŁADOWANIE I TRANSPORT	37
8. WYKAZ ELEMENTÓW	39
9. WYKAZ CZĘŚCI ZAMIENNYCH	47
10. SCHEMATY IDEOWE	49
11. SCHEMATY MONTAŻOWE PŁYTEK DRUKOWANYCH	52
12. UKŁAD ELEMENTÓW REGULACYJNYCH	55
13. SCHEMAT POŁĄCZEŃ MIĘDZY PŁYTKAMI	56
14. RYSUNEK CZĘŚCI MECHANICZNYCH	57

1. PRZEZNACZENIE PRZYRZĄDU

Multimetr cyfrowy V562 jest przenośnym wielofunkcyjnym przyrządem pomiarowym, przeznaczonym do dokonywania pomiarów elektrycznych w laboratoriach naukowo-dydaktycznych, warsztatach serwisowych, zakładach przemysłowych oraz u użytkowników sprzętu elektronicznego powszechnego użytku.

Multimetr pozwala na realizację następujących pomiarów:

- napięcie stałe 100 μ V ... 650 V
- napięcie przemiennie 100 μ V ... 650 V; 40 Hz ... 100 kHz
- prąd stały 100 nA ... 2 A
- prąd przemienny 100 nA ... 2 A ; 40 Hz ... 10 kHz
- rezystancja 10 m Ω ... 20 M Ω
- pojemność 10 pF ... 20 μ F

Przyrząd posiada ponadto:

- układ testera złącz półprzewodnikowych, tzw. dioda test
- układ kontroli ciągłości obwodu elektrycznego z sygnalizacją akustyczną
- izolowane źródło prądowe 10 mA (pomiar małych rezystancji metodą czteropunktową).

Przy użyciu wyposażenia dodatkowego (p. 2.2.) można realizować następujące pomiary:

- napięcie stałe max. 30 kV (sonda V103)
- napięcie międzyszczytowe p-p max. 650 V; 30Hz...10MHz
(sonda V105)
- napięcie przemiennie max. 15 V; 1kHz...1000MHz
(sonda V104)
- max. 500V; 20kHz...1000MHz:
(sonda V104 z dzielnikiem
V40.30)

Pod względem warunków pracy przyrząd zaliczany jest do I-szej grupy wg PN-77/T-06500/02, tzn.

- temperatura pracy +5 ... +40°C
- wilgotność względna 20 ... 80%.

Pod względem stopnia zabezpieczenia przed porażeniem elektrycznym przyrząd jest wykonany w I-szej klasie wg PN-76/T-06500/05, tzn. jest wyposażony w trójprzewodowy kabel sieciowy z żyłą ochronną.

UWAGA:

Przyrząd nie jest przeznaczony do pomiarów silnoprądowych sieci energetycznych.

2. WYPOSAŻENIE

2.1. Wyposażenie podstawowe

- przewód pomiarowy C-30-6638 - 1 szt.
- C-30-6638-2 - 1 szt.
- kabel pomiarowy koncentryczny C-31-2023 - 1 szt.
- uchwyt krokodylek D-31-1357 - 1 szt.
- D-31-1357-2 - 1 szt.
- końcówka pomiarowa C-31-1493 - 1 szt.
- C-31-1493-2 - 1 szt.
- wkładki topikowe:
 - WTAT-250/1,6 A - 1 szt.
 - WTAT-250/63 mA - 2 szt.
 - WTAT-250/40 mA - 3 szt.

2.2. Wyposażenie dodatkowe

- SONDA WYSOKIEGO NAPIĘCIA TYP V103
- Max. napięcie wejściowe: 30 kV
- Rezystancja wejściowa: 1000 M Ω

- SONDY WYSOKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TYP V104
 Zakres mierzonych napięć: 50 mV ... 15 V
 Zakres częstotliwości mierzonych napięć: 1 kHz ... 1000 kHz
- SONDY MIĘDZYSCZYTOWA TYP V105A
 Max. napięcie wejściowe: 1000 V p.p.
 Zakres częstotliwości mierzonych napięć: 30 Hz ... 10 MHz
 Min. czas trwania mierzonych impulsów: 0,5 μs
- DZIELNIK POJEMNOŚCIOWY TYP V40.30 (nakładka na sondę V104)
 Podział: 100 : 1
 Max. napięcie wejściowe: 500 V
 Zakres częstotliwości: 20 kHz ... 1000 MHz
- TRÓJNIK POMIAROWY TYP V40.31 (dc sondy V104)
 Standard złączy: N
 Impedancja falowa: 50
 W F S: max. 1,2 przy 1000MHz

3. DANE TECHNICZNE

3.1. Pomiar napięć stałych

Podzakres	Uchyb pomiaru	Dopuszczalne napięcie wejściowe	Temp. dryft wskazania	Uwagi
200 mV 2 V	1) +0,5% w.m.	+250 V 2) przez 20 s	1) +0,02%	na zakr. 2000 V max. nap. mierzone 650 V
20 V 200 V 2000 V	+ 1 cyfra	+650 V bez ogran. czasow- wych	w.m./°C	

- rezystancja wejściowa: 10 MΩ ±1%
- prąd wejściowy (w pełnym zakresie temp. pracy): ≤ 100 pA
- tłumienie zakłóceń w układzie wspólnym z rezystancją 1 kΩ w obwodzie zacisku "LO" > 80 dB³⁾
- tłumienie składowej zmiennej o częstotliwości 50 Hz ± 1% > 40 dB
- temperaturowy dryft wskazania zerowego ≤ +0,05% wart. zakr./°C
- czas ustalania się wskazań ≤ 3 s

3.2. Pomiar napięć przemiennych

Podzakres	Uchyb pomiaru		Dopuszczalne napięcie wejściowe	Temp. dryft wskazania	Uwagi
	40Hz...20kHz	20kHz...100kHz			
200 mV 2 V	+1% w.m. +5 cyfr	+1% w.m. +10 cyfr	+250 V przez 20 s	+0,1% w.m./°C	U·f ≤ 2·10 ⁶ V·Hz ; na zakr. 2000V max. nap. mierzone 650 V
20 V 200 V 2000 V	+1% w.m. + 5 cyfr	+5% w.m. +10 cyfr	+650 V Bez ogan. czasowych	+0,02% wart. końcowej zakr./°C	

- rezystancja wejściowa: 10 MΩ ±1%
- pojemność wejściowa: ≤ 75 pF
- tłumienie zakłóceń w układzie wspólnym z rezystancją 1 kΩ w obwodzie zacisku "LO" ≤ 60 dB³⁾
- temperaturowy dryft wskazania zerowego ≤ 0,05% wart. zakr./°C
- czas ustalania się wskazań ≤ 5 s

1) w.m. - wartość mierzona

2) wartość napięcia stałego lub wartość skuteczna napięcia przemiennego; dotyczy to dopuszczalnych napięć wejściowych bądź przeciążeń prądowych dla wszystkich funkcji pomiarowych

3) dla napięcia stałego i napięcia przemiennego o częstotliwości sieci zasilającej (50 Hz ±1%)

3.3. Pomiar prądów stałych

Podzakres	Uchyb pomiaru	Dopuszczalne przeciążenie prądowe	Temp. dryft wskazanias	Uwagi
200 μ A 2 mA 20 mA 200 mA	$\pm 0,5\%$ w.m. ± 2 cyfry	5-krotne bez ogranicz. czasowych	$\pm 0,02\%$ w.m./ $^{\circ}$ C	
2 A		$\pm 2,5$ A bez ogr. czasowych		

- zakresowy spadek napięcia $200 \text{ mV} + 800 \text{ mV}$
- czas ustalania się wskazań $\leq 3 \text{ s}$

3.4. Pomiar prądów przemiennych

Podzakres	Zakres częstotliwości	Uchyb pomiaru	Dopuszczalne przeciążenie prądowe	Temp. dryft wskazanias	Uwagi
200 μ A 2 mA 20 mA 200 mA	40Hz...10kHz	$\pm 1\%$ w.m. ± 5 cyfr	5-krotne bez ogranicz. czasowych	$\pm 0,1\%$ w.m./ $^{\circ}$ C $\pm 0,02\%$ wart. końcowej zakr./ $^{\circ}$ C	
2 A			2,5A bez ogr. czasowych		

- zakresowy spadek napięcia $200 \text{ mV} + 800 \text{ mV}$
- czas ustalania się wskazań $\leq 5 \text{ s}$

3.5. Pomiar rezystancji

Podzakres	Uchyb pomiaru	Dopuszczalne napięcie na zaciskach HI LO	Temp. dryft wskazanias	Uwagi
20 Ω	$\pm 0,5\%$ w.m.		$\pm 0,05\%$ w.m./ $^{\circ}$ C	metoda czteropunktowa z wykorzystaniem źr. 10 mA
200 Ω 2 k Ω 20 k Ω 200 k Ω 2 M Ω 20 M Ω	± 5 cyfr	+ 50 V bez ogr. czasowych + 50 V ... + 250 V przez 5 s	$\pm 0,02\%$ w.m./ $^{\circ}$ C	metoda dwupunktowa

- zakresowy spadek napięcia na rezystancji mierzonej
 - metoda czteropunktowa 200 mV
 - metoda dwupunktowa $\leq 220 \text{ mV}$
- dopuszczalne napięcie na zaciskach źródła prądowego 10 mA (bez ograniczeń czasowych) $\leq \pm 20 \text{ V}$
- czas ustalania się wskazań:
 - zakres 20 M Ω $\leq 30 \text{ s}$
 - pozostałe zakresy $\leq 5 \text{ s}$

3.6. Pomiar pojemności

Podzakres	Uchyb pomiaru	Dopuszczalne napięcie wejściowe	Temp. dryft wskazanias	Uwagi
20 nF 200 nF 2 μ F 20 μ F	$\pm 1\%$ w.m. ± 5 cyfr	$\pm 5 \text{ V DC}$ przez 20 s	$\pm 0,1\%$ w.m./ $^{\circ}$ C	przed pomiarem należy kondensator rozładować

- maksymalne napięcie na mierzonym kondensatorze $\leq \pm 2 \text{ V}$
- temperaturowy dryft wskazania zerowego $\leq +0,1\%$ wartości zakresowej/ $^{\circ}$ C
- czas ustalania się wskazań $\leq 3 \text{ s}$

3.7. Tester złącz półprzewodnikowych, tzw. dioda test

- prąd zwarciový $0,25 \text{ mA} \pm 5\%$
 - dopuszczalne napięcie (przez 20 s) $\leq \pm 250 \text{ V}$
 - czas ustalania się wskazań $\leq 3 \text{ s}$
- UWAGA: W celu włączenia funkcji dioda test należy wcisnąć klawisz \rightarrow oraz 2 V.

3.8. Układ kontroli ciągłości obwodu elektrycznego z sygnalizacją akustyczną

- próg zadziałania: wskazanie mniejsze od 99 jednostek na każdym podzakresie omomierza

UWAGA: Układ kontroli ciągłości obwodu działa na dowolnym podzakresie omomierza po wciśnięciu klawisza AC.

3.9. Izolowane źródło prądowe 10 mA

- uchyb podstawowy wartości prądu wyjściowego $\pm 0,2\%$
- napięcie dopuszczalne (bez ograniczeń czasowych) $\leq \pm 20$ V

3.10. Dane ogólne

- maksymalne wskazanie ± 1999
- wskaźnik pomiaru siedmiosegmentowy, LED ze wskaźnikiem polaryzacji
- sygnalizacja przekroczenia zakresu pomiarowego ± 1 (znak zależnie od polaryzacji sygnału, tylko dla V i A DC i dioda test; pozostałe cyfry wygaszone, zapalony właściwy przecinek)
- częstotliwość powtarzania pomiarów 3 pomiary/s
- warunki pracy I-sza grupa wg PN-77/T-06500/02
- temperatura otoczenia $+5 \dots +40^\circ\text{C}$ (dopuszczalne zmiany temperatury w ciągu 8 h nie powinny przekraczać 20°C)
- wilgotność względna 20 ... 80% (średnia wartość wilgotności nie powinna przekraczać 65%)

- wstępny czas wygrzewania 5 min
- maksymalne dopuszczalne napięcie (wartość skuteczna napięcia sinusoidalnie zmiennego lub napięcie stałe) jakie może być przyłożone między obudową a:
 - zaciskiem źródła prądowego 30 V
 - zaciskiem LO 250 V
- stopień zabezpieczenia przed porażeniem elektrycznym I klasa wg PN-76/T-06500/05
- zasilanie 220 V $\pm 10\%$; 50 Hz
- pobór mocy ≤ 10 VA
- masa $\leq 2,5$ kg
- wymiary
 - 220 mm - szerokość
 - 95 mm - wysokość
 - 250 mm - głębokość

4. BUDOWA I DZIAŁANIE PRZYRZĄDU

4.1. Wiadomości wstępne

W układzie elektrycznym multimetru cyfrowego V562 można wyróżnić następujące bloki funkcjonalne:

- przełącznik funkcji i przełącznik zakresów,
- dzielnik wejściowy i boczniki prądowe,
- przetwornik analogowo-cyfrowy (A/C)
- układ wyświetlania wyniku pomiaru
- przetwornik rezystancji (R/U)
- przetwornik napięć przemiennych (AC/DC) z filtrem aktywnym
- przetwornik pojemności (C/U)

- układ kontroli ciągłości obwodu elektrycznego z sygnalizacją akustyczną
- układ testera złącz półprzewodnikowych (dioda test)
- izolowane źródło prądowe 10 mA
- zasilacze (+5V, -5V, +5V_D)

Konstrukcja mechaniczna multimetru jest przedstawiona na rysunku części mechanicznych p. 14.

W skład przyrządu wchodzi 3 płytki drukowane - dolna (4), górna (8) i płytka wyświetlaczy (9). Płytki dolna i płytka górna są przykręcone do wsporników izolacyjnych (25) i połączone ze sobą za pomocą wiązki przewodów. Schemat połączeń elektrycznych między płytkami jest przedstawiony na rys p. 13.

Z płytką górną jest połączona w sposób trwały (elektrycznie i mechanicznie) płytka wyświetlaczy. Do tylnej płyty obudowy (14) jest przymocowany transformator sieciowy (3), stabilizator IC401 z radiatorem (23), wyłącznik sieciowy (5), oraz bezpieczniki sieciowe (37).

Na płycie tylnej znajdują się także gniazda izolowanego źródła prądowego 10 mA.

Zaciski pomiarowe multimetru (1, 2) znajdują się na płycie przedniej (13, 31) i podobnie jak cała część elektryczna są odizolowane od obudowy.

Całość przyrządu jest zamknięta w dwuczęściowej obudowie typu OB (6, 36).

4.2. Przełącznik funkcji i przełącznik zakresów

Przy pomocy przełącznika funkcji realizowana jest, właściwa dla danej funkcji pomiarowej konfiguracja połączeń

między poszczególnymi blokami multimetru, a w szczególności:

- a) rozdział sygnałów wejściowych (napięcia DC i AC; prądy DC i AC; rezystancja i pojemność) dołączonych do wspólnych dla wszystkich funkcji zacisków pomiarowych "HI" "LO" i skierowanie ich do odpowiednich przetworników,
- b) dołączenie sygnału stałoprądowego z odpowiedniego przetwornika (AC/DC, R/U, C/U), bądź wprost z dzielnika lub bocznika na wejście przetwornika A/C,
- c) sterowanie wygaszaniem znaku \pm i AC w zależności od funkcji.

Przy pomocy przełącznika zakresów dokonywane są przełączenia w obrębie dzielnika wejściowego i bocznika prądowego oraz sterowanie przecinkiem dziesiętnym.

Napięcie stałe - podawane jest z wejścia przyrządu bezpośrednio na wejście przetwornika A/C (na podzakresie 200 mV DC) lub przez precyzyjny dzielnik wejściowy (na pozostałych podzakresach).

Napięcie przemienne - podawane jest z wejścia przyrządu bezpośrednio (podzakres 200 mV AC) lub przez precyzyjny, skompensowany częstotliwościowo dzielnik wejściowy (pozostałe podzakresy) na szeregowy kondensator odcinający składową stałą i dalej na przetwornik AC/DC.

Dzielnik wejściowy jest wspólny dla napięć stałych i przemiennych.

Prądy stałe i przemienne - podawane są na bocznik, właściwy dla danego podzakresu pomiarowego. Rezystory bocznika są wspólne dla prądów stałych i przemiennych. Dla prądów stałych wyjście bocznika dołączone jest bezpośrednio do wejścia

przetwornika A/C a dla prądów przemiennych przez kondensator odcinający składową stałą do wejścia przetwornika AC/DC.

Rezystancja - jest mierzona w układzie tzw. omomierza stosunkowego przy bezpośrednim wykorzystaniu obwodu przetwornika A/C (p. 4.6.). Zmiana podzakresu odbywa się przez zmianę rezystancji wzorcowej. Jako rezystory wzorcowe wykorzystano rezystory dzielnika wejściowego.

Pojemność - jest mierzona w układzie przetwornika C/U złożonym z generatora taktującego, źródła prądowego i komparatora z układem kluczy (p. 4.8.). Zmiana podzakresu odbywa się przez zmianę rezystora wzorcowego w źródle prądowym, a co za tym idzie przez odpowiednią zmianę prądu ładującego kondensator.

Jako rezystory wzorcowe wykorzystano rezystory dzielnika wejściowego.

4.3. Dzielnik wejściowy i boczniki prądowe

Dzielnik wejściowy i boczniki prądowe stanowią zespół szeregowo połączonych precyzyjnych rezystorów R101 + R109 o wartościach od 9 M Ω do 0,1 Ω

Dzielnik umożliwia podział napięcia w następującym stosunku:

- 1 : 10 (podzakres 2V)
- 1 : 100 (podzakres 20 V)
- 1 : 1000 (podzakres 200 V)
- 1 : 10000 (podzakres 2000 V)

Dla wszystkich w/w podziałów dzielnik jest kompensowany częstotliwościowo, co umożliwi podział napięć przemiennych

W odpowiednim układzie połączeń rezystory dzielnika pełnią funkcję wzorców rezystancji w układzie omomierza oraz rezystorów wzorcowych w źródle prądowym przetwornika C/U. Rezystory R105 + R109 pełnią funkcję bocznika prądowego.

4.4. Przetwornik analogowo-cyfrowy (A/C)

Przetwornik analogowo-cyfrowy stanowi monolityczny układ scalony wykonany w technice CMOS (ICL 7107) wraz z dołączonymi do niego elementami zewnętrznymi (Rys. 1.).

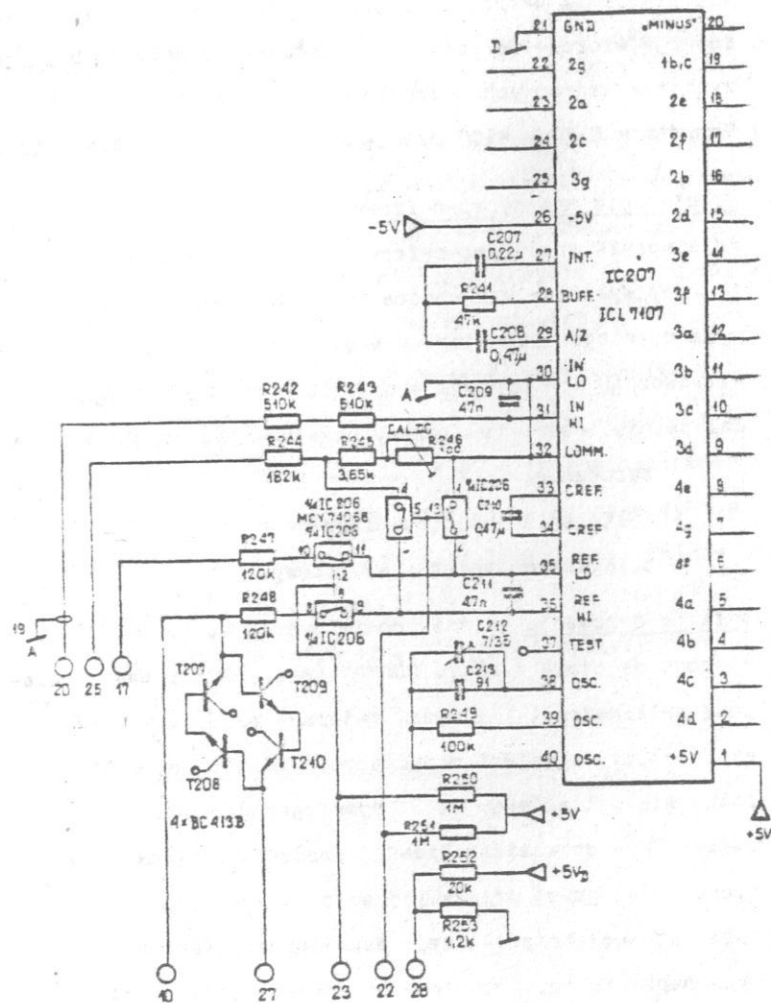
Przetwornik ten pracuje w oparciu o metodę podwójnego całkowania. Pełny cykl pracy przetwornika obejmuje 3 fazy:

- zerowanie
- całkowanie napięcia mierzonego
- całkowanie napięcia wzorcowego.

W fazie zerowania wejście pomiarowe IN LO (wypr. 30) połączone na stałe z wypr. COMMON (wypr. 32) i masą analogową multimetru (\perp_A) jest zwierane przez wewnętrzny układ kluczy z wejściem pomiarowym IN HI (wypr. 31).

Zamknięta pętla "auto-zera" powoduje doładowywanie kondensatora C208 do wartości równej napięciu niezrównoważenia części analogowej przetwornika (tzn. wzmacniacza-bufora, integratora i komparatora). W następnych fazach pomiarowych napięcie to, dołączone do odwracającego wejścia integratora, kompensuje przesunięcie zera przetwornika. Kondensator C210 (C_{REF}) dołączony jest do napięcia wzorcowego.

W drugiej fazie wejście pomiarowe przetwornika IN HI, IN LO połączone są przez wewnętrzny wzmacniacz - bufor



Rys. 1. Układ przetwornika analogowo-cyfrowego ICL 7107

z wejściami integratora, który całkuje napięcie mierzone w przedziale czasu określonym przez zliczenie w części cyfrowej 4000 impulsów generatora zegarowego.

W trzeciej fazie wejścia IN HI i IN LO dołączone są przez wewnętrzny układ kluczy do kondensatora C210 (C_{REF}) naładowanego do napięcia wzorcowego. Polaryzacja tego napięcia jest przeciwna do polaryzacji napięcia mierzonego. Następuje całkowanie napięcia wzorcowego przez integrator aż do poziomu zerowego.

Czas trwania trzeciej fazy a więc i także zliczanych w tej fazie impulsów zegarowych są proporcjonalne do wartości mierzonego napięcia.

Napięcie wzorcowe jest uzyskiwane przez podział na precyzyjnym, regulowanym dzielniku, złożonym z rezystorów R244, R245, R246, napięcia +5V będącego częścią napięcia U_{REF} stabilizatora IC103 (UL 7523).

Przez ustawienie wartości napięcia wzorcowego 100 mV przy pomocy potencjometru R246 dokonuje się kalibracji przetwornika A/C (p. 6.3.2.).

Generator zegarowy zbudowany jest z wewnętrznej części cyfrowej i dołączonych do niej elementów zewnętrznych R249, C212, C213, które ustalają częstotliwość pracy generatora. Częstotliwość pracy generatora powinna wynosić 50 kHz, co zapewnia maksimum tłumienia zakłóceń szeregowych pochodzących od sieci 50 Hz. Częstotliwość generatora można ustawiać przy pomocy trymera C212, w sposób opisany w p. 6.3.3.

Klucze analogowe (IC206) sterowane napięciowo z przełącznika funkcji służą do przyłączenia do wyprowadzeń REF HI(36) i REF LO (35) napięcia wzorcowego 100 mV przy pomiarze przez przetwornik napięć stałych (klucze IC206a, IC206c) lub do dołączania rezystora wzorcowego przy pomiarze rezystancji (klucze IC206b, IC206d). Klucze są zaięzane napięciem +5 V względem masy układu.

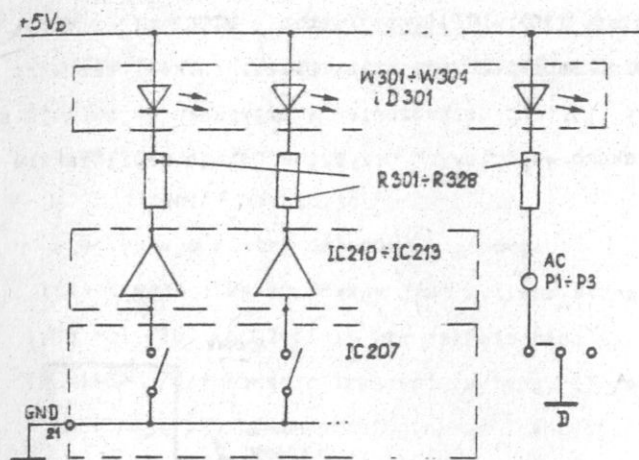
Rezystory R242, R243 stanowią zabezpieczenie przetwornika przed przeciężeniem a wraz z kondensatorem C209 tworzą filtr dolnoprzepustowy.

Wyprowadzenie TEST połączone jest wewnętrznie przez rezystor 500 Ω z masą cyfrową układu. Przez chwilowe zwarcie tego wyprowadzenia z napięciem +5 V uzyskuje się wskazanie - 1888, co umożliwia szybkie sprawdzenie układu wyświetlania wyniku

4.5. Układ wyświetlania wyniku pomiaru

Wynik pomiaru wyświetlany jest w sposób równoległy, statyczny.

Wyjścia 2 + 20, 22 + 25 przetwornika ICL 7107 przez wzmacniacze prądowe UCY 7417 (IC210 + IC213) sterują wyświetlaczami siedmiosegmentowymi typu LED ze wspólną anodą (W301 + W304). Prąd płynący przez każdy z segmentów wyświetlaczy ograniczony jest przy pomocy osobnego rezystora. Segmenty przecinków dziesiętnych sterowane są przez rezystory, bezpośrednio z przełącznika zakresów.



Rys. 2. Schemat ideowy układu wyświetlania wyniku pomiaru

4.6. Przetwornik rezystancji

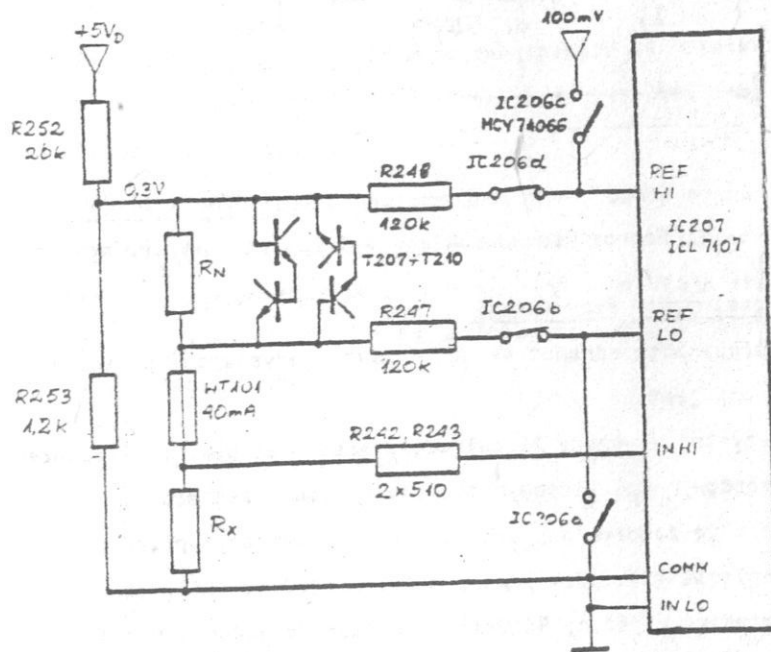
Uproszczony schemat układu pomiaru rezystancji przedstawiony jest na rys. 3.

Rezystor mierzony R_x połączony jest szeregowo z rezystorem wzorcowym R_N , złożonym z odpowiednich rezystorów dzielnika oraz ze źródłem napięcia ok. 0,3 V uzyskanym przez podział napięcia +5 V przy pomocy dzielnika R252, R253.

Rezystor mierzony R_x dołączony jest do wejść pomiarowych IN HI, IN LO przetwornika, zaś rezystor wzorcowy R_N przez rezystory zabezpieczające i klucze IC206b, IC206d do wejść REF HI, REF LO.

Pomiar rezystancji realizowany jest przez pomiar stosunku napięć na rezystorze wzorcowym i mierzonym z uwzględnieniem skali przetwarzania.

Tranzystory T207 + T210, bezpiecznik WT102 oraz rezystory R247, R248 zabezpieczają układ przetwornika i rezystor wzorcowy R_N przed uszkodzeniem w przypadku pojawienia się na zaciskach wejściowych przyrządu dużego napięcia zewnętrznego.



Rys. 3. Schemat ideowy układu pomiaru rezystancji

4.7. Przetwornik napięć przemiennych (AC/DC) z filtrem aktywnym

Przetwornik napięć przemiennych (AC/DC) składa się z trzech części:

- wtórnik wejściowego
- prostownika operacyjnego
- aktywnego filtra dolnoprzepustowego.

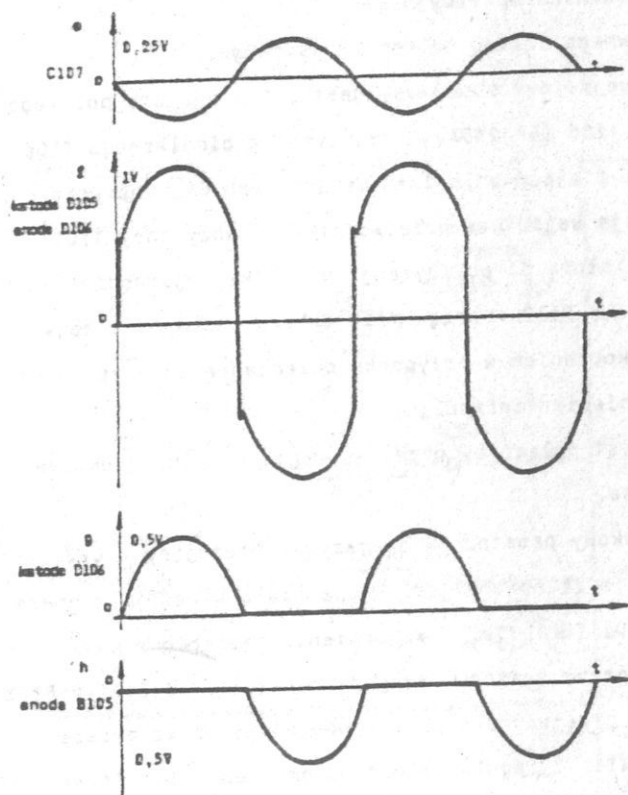
Wtórnik wejściowy zbudowany jest z tranzystora polowego typu FET T105 (BF 245A) i tranzystora bipolarnego T106 (BC416C). Zastosowanie tranzystora typu FET zapewnia dużą rezystancję wejściową przetwornika. Tranzystory T101+T104 (BC 413B) służą do polaryzacji wtórника a jednocześnie wraz z rezystorem R110 tworzą układ zabezpieczający przetwornik przed uszkodzeniem w przypadku dołączenia do niego zbyt dużego napięcia mierzonego.

Wtórnik jest połączony przez kondensator C107 z układem prostownika.

Jednopołówkowy prostownik operacyjny pracujący w układzie odwracającym zbudowany jest w oparciu o wzmacniacz operacyjny IC 101 (ULY 7701), Wzmocnienie napięciowe układu jest określone przez wartości rezystorów R114+R116 i R119+R122. Kalibrację przetwornika przeprowadza się przez zwieranie rezystora R115 i regulację potencjometrem R116. Trymer C108 umożliwia kształtowanie charakterystyki częstotliwościowej w przedziale 40 + 100 kHz. Stałoprądową stabilność układu zapewnia pętla R117, R118, C110.

Dzięki kondensatorom separującym C107, C117 i C112 parametry stałoprądowe wtórника i wzmacniacza nie mają wpływu na stabilność wyniku pomiaru.

Konfiguracja filtra aktywnego zbudowanego w oparciu o wzmacniacz operacyjny IC 102 (ULY7701) zapewnia niezależność wyniku pomiaru od stałoprądowych parametrów tego wzmacniacza.



Rys. 4. Przebiegi w układzie przetwornika AC/DC
(zakres 200 mV AC; $U_{we} = 190$ mV; 1 kHz)

4.8. Przetwornik pojemności C/U

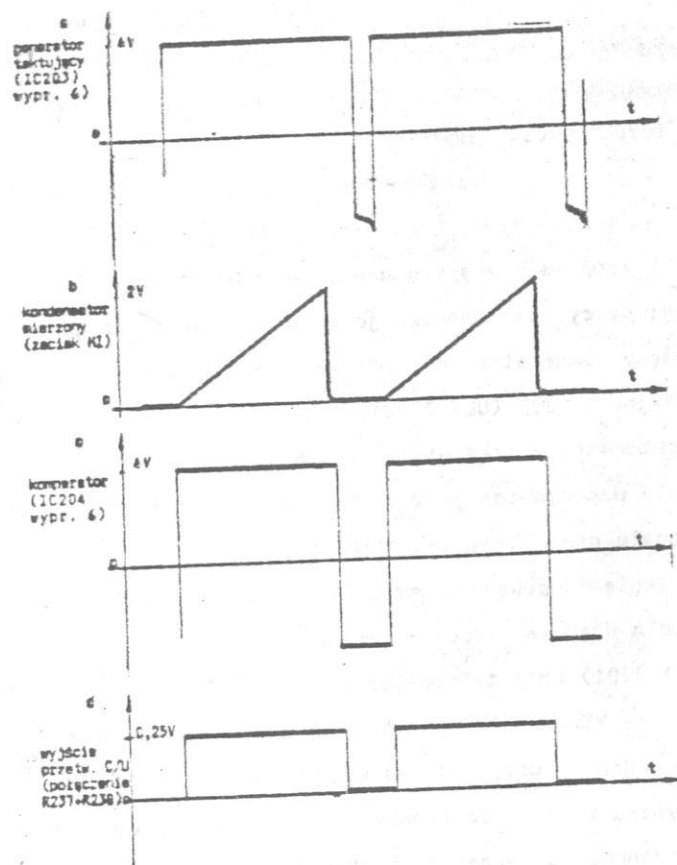
Przetwornik pojemności na napięcie stałe C/U składa się z trzech podstawowych bloków:

- generatora taktującego
- precyzyjnego, kluczowanego źródła prądowego
- komparatora sterującego zespołem kluczy.

Cykl pracy przetwornika jest wyznaczony przez generator taktujący. Generator ten, zbudowany w oparciu o wzmacniacz operacyjny IC 203 (ULY 7701), wytwarza niesymetryczny przebieg prostokątny o częstotliwości ok. 100 Hz (Rys. 5a). Początek cyklu pomiarowego jest określony przez narastające zbocze sygnału generatora taktującego.

Napięcie to powoduje załączenie kluczem IC 205d precyzyjnego źródła prądowego zbudowanego m.in. ze wzmacniacza IC 202 (ULY 7701) oraz tranzystorów T202, T201 (BC 416C). Rozwarty zostaje klucz T204 (BC 413C) zwierający uprzednio kondensator mierzony dołączonego do wyprowadzenia 18.

W wyniku załączenia źródła prądowego następuje ładowanie mierzonego kondensatora prądem stałym. Napięcie na tym kondensatorze połączonym z wejściem odwracającym komparatora zmienia się liniowo (Rys. 5b.) aż do momentu zrównania się z napięciem na wejściu nieodwracającym komparatora. W chwili zrównania się tych napięć następuje ujemny skok napięcia na wyjściu komparatora, klucz IC 205c zostaje zwarty do masy, przy pomocy klucza T204 zostaje zwarty kondensator mierzony a przez rozwarcie klucza IC 205d następuje wyłączenie źródła prądowego. W przypadku przekroczenia zakresu mierzonej pojemności opadające zbocze generatora taktującego powoduje efekt identyczny jak wyżej opisany.



Rys. 5. Przebiegi w układzie przetwornika C/U
(zakres 200 μ F, pojemność mierzona 190 nF)

Czas ładowania kondensatora mierzonego a tym samym wypełnienie przebiegu komparatora są wprost proporcjonalne do pojemności wspomnianego kondensatora. Przebieg na wejściu kluczy IC 205b, IC 205c o stabilnej wartości amplitudy (+5 V)

i wypełnieniu równym wypełnieniu przebiegu komparatora po dopasowaniu napięciowym w układzie dzielnika R237 i R238 jest filtrowany przez filtr aktywny użyty w przetworniku AC/DC a napięcie stałe proporcjonalne do mierzonej pojemności podawane jest do przetwornika A/C.

Potencjometr R232 i rezystory R233, R235, R236 tworzą wraz z dzielnikiem R237, R238 układ do stawiania zera przetwornika.

Kalibracji przetwornika dokonuje się przy pomocy rezystorów R210 + R212 i potencjometrem R208 zmieniając wartość prądu źródła.

Zmiany zakresów pomiarowych odbywają się przez załączenie do układu źródła odpowiednich rezystorów z dzielnika wejściowego a tym samym zmianę prądu źródła w stosunku 1 : 10 : 100 : 1000.

4.9. Układ kontroli ciągłości obwodu elektrycznego z sygnalizacją akustyczną

Układ kombinacyjny złożony z funkcyjów IC 208d, IC 209c oraz IC 209a wykrywa wskazanie mniejsze od 100 jednostek (wygaszona jedyńka - segmenty 1b, c; oraz zapalone zero na drugiej pozycji - zgaszony segment 2g a zapalony 2d). Pojawia się wówczas stan wysoki na wyjściu bramki IC 209a i wyzwala jest generator akustyczny zbudowany z bramek IC 208c, IC 209b sterujący przez tranzystor T211, przetwornikiem piezoelektrycznym.

4.10. Układ testera złącz półprzewodnikowych

Układ testera złącz półprzewodnikowych tzw. dioda test umożliwia pomiar napięcia na złączu półprzewodnikowym

spolaryzowanym napięciem +5 V przez rezystor ograniczający 20 k Ω . Pomiar odbywa się na zakresie 2 V przy wciśniętym klawiszu \rightarrow

4.11. Izolowane źródło prądowe 10 mA

Izolowane źródło prądowe zbudowane jest na bazie stabilizatora scalonego UL 7523 (IC 201), pracującego jako stabilizator prądu.

Wewnętrzne źródło odniesienia V_{REF} , określa potencjał nieodwracającego wejścia wzmacniacza błędów; prąd wyjściowy płynący między zaciskami z wyjścia w/w wzmacniacza przez rezystor wzorcowy R202 i połączone z nim rezystory kalibracji R203 + R207 utrzymuje na wejściu nieodwracającym potencjał taki jak na wejściu odwracającym.

W rezultacie - bez względu na rezystancję dołączoną między zaciski wyjściowe, prąd wyjściowy jest stały, równy 10 mA i określony jedynie przez wartość V_{REF} i wartość rezystancji wzorcowej.

4.12. Zasilacze

Do zasilania układu wyświetlania wyniku pomiaru, układów cyfrowych oraz do polaryzacji złącz przy funkcji dioda test, służy zasilacz +5 V_D zbudowany ze stabilizatora UL 7505 (IC 401).

Do zasilania układów analogowych, w tym również przetwornika A/C użyte są dwa precyzyjne zasilacze +5 V, -5 V zbudowane w oparciu o stabilizatory UL 7523 (IC 103, IC 104). Maksymalny prąd wyjściowy tych zasilaczy ograniczony jest do ok. 60 mA.

5. OGÓLNE WYTYCZNE EKSPLOATACJI I BEZPIECZEŃSTWA OBSŁUGI PRZY- RZĄDU

Pod względem warunków pracy przyrząd może być eksploatowany w znamionowych warunkach pracy określonych PN-77/T-06500/02 dla przyrządów I-szej grupy tzn.

- temperatura pracy +5 ... +40°C (dopuszczalne zmiany temperatury w ciągu 8 h nie powinny przekraczać 20°C)
- wilgotność względna 20 ... 80% (średnia wilgotność nie powinna przekraczać 65%)
- wibracje - pomijalnie małe
- środowisko - o pomijalnie małej zawartości piasku, pyłu, soli, wody i gazów w powietrzu.

Pod względem zabezpieczenia przed porażeniem elektrycznym przyrząd wykonany jest w I-szej klasie ochronności wg PN-76/T-06500/05 tzn. jest wyposażony w 3 żyłowy kabel z przewodem ochronnym uziemienia. Może być eksploatowany po dołączeniu do sieci energetycznej wyposażonej w uziemienie. Pod względem bezpieczeństwa może być eksploatowany w warunkach lokalizacji bezpiecznej i niebezpiecznej.

W przyrządzie poza napięciem sieci zasilającej doprowadzonej do bezpieczników, transformatora sieciowego i wyłącznika, napięcia niebezpieczne nie występują. Jednak napięcia takie mogą być doprowadzone z zewnątrz jako sygnały pomiarowe. Podczas pomiarów napięć powyżej 24 V należy zachować szczególną ostrożność i pamiętać że:

- maksymalne dopuszczalne napięcie jakie może być dołączone pomiędzy zaciski "wejściowe" nie może przekraczać wartości podanych w p. 3.1. + 3.9.,
- maksymalne dopuszczalne napięcie jakie może być dołączone między zacisk "LO" a obudowę nie może przekraczać 250 V,

- podczas dołączania mierzonych sygnałów do zacisków pomiarowych przyrządu w pierwszej kolejności należy dołączyć zacisk niskiego potencjału "LO",
- w przypadku uszkodzenia połączeń w układzie pomiarowym jak też przeciążenia wejścia przyrządu, potencjał niebezpieczny może wystąpić na każdym z zacisków wejściowych,
- podczas pomiarów nie należy dotykać żadnych elementów będących pod napięciem.

Wszelkich napraw należy dokonywać przy wyłączonym napięciu zasilającym oraz odłączonym napięciu wejściowym.

6. KONSERWACJA I NAPRAWY

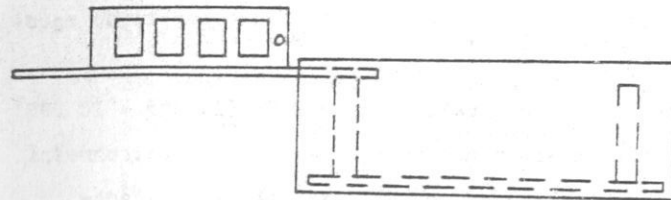
6.1. Wskazania ogólne

Kontrola okresowa przyrządu i ewentualne regulacje powinny być przeprowadzone raz na 12 miesięcy wg. p. 6.3.

Przed regulacjami i kalibracją, przyrząd powinien być włączony do sieci zasilającej przez co najmniej 30 min.

Przy naprawach i kalibracji zalecana jest pozycja robocza multimetru wg rys. 6., w której płytką górną wraz ze wskaźnikiem jest obrócona wokół krawędzi, do której lutowana jest wiązka, o 180° i w tej pozycji przykręcona do wsporników. Pozwala to na swobodny dostęp do wszystkich elementów, bez przerywania połączeń elektrycznych.

Część sieciowa multimetru jest zasadniczo zabezpieczona przed przypadkowym dotknięciem, niemniej przed włączeniem do sieci zasilającej należy sprawdzić, czy osłony bolców sieciowych transformatora, osłona wyłącznika sieciowego itp. znajdują się na swoich miejscach i są prawidłowo zamocowane.



Rys. 6. Pozycja robocza multimetru podczas uruchamiania

W trakcie strojenia podzakresów pomiaru napięć stałych i przemiennych, na gnieździe wejściowym oraz części elementów wewnętrznych (przełącznik, rezystor R101) znajdują się napięcia niebezpieczne. Należy zachować ostrożność.

Naprawy przyrządu powinny być dokonywane - poza wymianą bezpieczników - tylko przez wysokokwalifikowany personel w oparciu o załączone schematy ideowe, opis działania, rysunki montażowe płytek drukowanych oraz wykaz elementów i części zamiennych.

Przy naprawach niezbędna jest znajomość techniki cyfrowej i budowy przyrządów, których działanie oparte jest o zasadę przetwarzania analogowo-cyfrowego.

Ponadto konieczna jest znajomość mikroelektronicznych układów scalonych, w tym również wykonanych w technice CMOS.

W przypadku konieczności wymiany jakiegokolwiek elementu należy wymienić go na zgodny z wykazem elementów zamieszczonym w niniejszej instrukcji, a w przypadku elementu selekcyjnym

nowanego należy go wstępnie pomierzyć w sposób określony w niniejszej instrukcji.

W przypadku dokonywania istotnych napraw przyrządu należy przeprowadzić pełną kalibrację i regulację przyrządu zgodnie z niniejszą instrukcją.

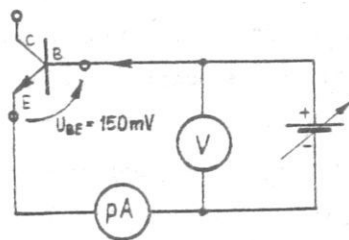
Ze względu na obecność układów typu CMOS (IC 205 + IC 209) przy wszelkich pracach należy zachować środki ostrożności zalecane przez producenta przy stosowaniu w/w układów.

6.2. Elementy selekcyjonowane w procesie produkcji

6.2.1. Tranzystory zabezpieczenia przetwornika AC/DC i omomierza

W układach zabezpieczenia przetwornika AC/DC i omomierza zastosowano po cztery selekcyjonowane tranzystory bipolarne BC 13B (T101 + T 104 - przetw. AC/DC; T207 + T210 - omomierz), wykorzystując właściwości złącza baza - emiter w kierunku przewodzenia.

Selekcji tranzystorów dokonuje się ze względu na wartość prądu bazy w kierunku przewodzenia (I_{BE}) dla $U_{BE} = 150 \text{ mV}$ i na prąd wsteczny bazy (I_{BEO}) dla $U_{BE} = -150 \text{ mV}$ w układzie jak na rys. 7.



Rys. 7. Układ do pomiaru prądu I_{BE} dla $U_{BE} = 150 \text{ mV}$

(przy pomiarze I_{BEO}
zamienić miejscami
z emiterem)

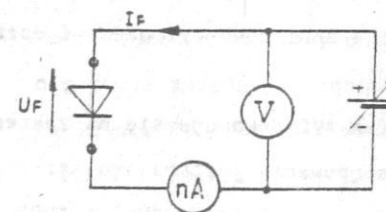
Podczas pomiaru należy uwzględnić to, że wartość U_{BE} jest równa wskazaniu woltomierza pomniejszonemu o spadek napięcia na rezystancji pikoamperomierza.

W układzie zabezpieczenia przetwornika AC/DC mogą być stosowane tranzystory, dla których $I_{BE} \leq 50 \text{ pA}$ i $I_{BEO} \leq 50 \text{ pA}$ a w zabezpieczeniu omomierza tranzystory o prądzie $I_{BE} \leq 200 \text{ pA}$ i $I_{BEO} \leq 200 \text{ pA}$.

6.2.2. Diody zabezpieczenia amperomierza

W układzie zabezpieczenia amperomierza zastosowano cztery selekcyjonowane diody SY 351/2 (D101 + D104).

Selekcji diod dokonuje się ze względu na prąd w kierunku przewodzenia (I_F) dla $U_F = 100 \text{ mV}$ oraz prąd wsteczny (I_R) dla $U_R = -100 \text{ mV}$ w układzie przedstawionym na rys. 8.



(przy pomiarze I_R
zamienić miejscami
anodę z katodą)

Rys. 8. Układ do pomiaru I_F dla $U_F = 100 \text{ mV}$

Podczas pomiaru należy uwzględnić to, że wartość napięcia U_F jest równa wskazaniu woltomierza pomniejszonemu o spadek napięcia na rezystancji nanoamperomierza.

W układzie zabezpieczenia amperomierza mogą być stosowane diody, dla których $I_F \leq 50 \text{ nA}$ i $I_R \leq 50 \text{ nA}$.

6.3. Kalibracja i regulacja

Kalibracja przyrządu, ze względu na jego wielofunkcyjność oraz wzajemne zależności regulacji, powinna być dokonana w niżej przedstawionej kolejności.

Rozmieszczenie elementów służących do kalibracji i regulacji przedstawione jest na rysunku p. 12.

6.3.1. Regulacja napięć zasilających

Przed przystąpieniem do kalibracji należy dokonać regulacji napięć $+5\text{ V}$ i -5 V . Przez zwieranie pól kontaktowych pod rezystorami R131, R132 i przez końcową regulację potencjometrem R133 (USTAWIENIE $+5\text{ V}$) ustawić napięcie $+5\text{ V} \pm 0,2\%$.

Podobnie, przez zwieranie pola kontaktowego pod rezystorem R138 i przy pomocy potencjometru R139 (USTAWIENIE -5 V) ustawić napięcie $-5\text{ V} \pm 0,2\%$.

6.3.2. Kalibracja przetwornika analogowo-cyfrowego i sprawdzenie układu woltomierza

Kalibracji przetwornika A/C dokonuje się na zakresie 200 mV DC . Sposób postępowania jest następujący:

- do zacisków wejściowych przyrządu "HI" i "LO" dołączyć sygnał wzorcowy $190,0\text{ mV}$ o polaryzacji dodatniej,
- przy pomocy potencjometru R246 (KAL. DC) ustawić wskazanie równe sygnałowi wzorcowemu,
- zmienić polaryzację sygnału na ujemną, sprawdzić wskazanie - powinno wynosić $-190,0 \pm 2$ cyfry,
- po dokonaniu w/w kalibracji sprawdzić wskazanie na pozostałych podzakresach pomiaru napięć stałych, dla sygnału wzorcowego równego $0,95$ odpowiednich wartości zakresowych.

6.3.3. Ustawienie częstotliwości generatora zegarowego

Przy włączonym podzakresie 200 mV DC dołączyć do zacisków wejściowych przyrządu napięcie przemienne 1 V ; 50 Hz a następnie trymerem C212 ustawić wskazanie tak, by oscylacje wokół wartości ± 0.00 nie przekraczały ± 3 cyfr.

6.3.4. Kalibracja układu amperomierza

Kalibracji amperomierza dokonuje się jedynie na podzakresach 2 A i 200 mA DC . Należy postępować w sposób następujący:

- włączyć podzakres 2 A DC , do zacisków wejściowych przyrządu doprowadzić prąd stały o wartości $1,5 + 1,9\text{ A}$ a następnie przez zmianę położenia wyprowadzeń napięciowych rezystora R109 ustawić wskazanie równe sygnałowi wzorcowemu,
- włączyć podzakres 200 mA DC , do zacisków wejściowych doprowadzić prąd stały o wartości $150 + 190\text{ mA}$ a następnie przez zmianę położenia wyprowadzeń napięciowych rezystora R108 ustawić właściwe wskazanie,
- sprawdzić wskazanie na pozostałych podzakresach pomiaru prądów stałych dla sygnału równego $0,75 + 0,95$ odpowiedniej wartości zakazanej.

6.3.5. Kalibracja układu omomierza

Kalibracji omomierza dokonuje się tylko na podzakresie $200\ \Omega$.

W tym celu należy do zacisków wejściowych przyrządu dołączyć rezystancję wzorcową $190\ \Omega$ i ustawić właściwe wskazanie przez zmianę głębokości wlotowania rezystora R140. Przy kalibracji należy uwzględnić rezystancję przewodów

połączeniowych. Po dokonaniu w/w kalibracji należy sprawdzić dokładność pomiaru na pozostałych podzakresach ommierza dla rezystancji wzorcowej równej $0,75 + 0,95$ odpowiedniej wartości zakresowej.

6.3.6. Zerowanie przetwornika C/U

Zerowanie przetwornika C/U dokonuje się przy pomocy potencjometru R232 na podzakresie 20 nF przy rozwartych zaciskach pomiarowych przyrządu.

6.3.7. Kalibracja przetwornika C/U

Kalibracji przetwornika C/U można dokonywać na dowolnym podzakresie. W tym celu należy do zacisków pomiarowych przyrządu dołączyć pojemność wzorcową równą $0,75 + 0,95$ odpowiedniej wartości zakresowej a następnie przez zwieranie pól kontaktowych pod rezystorami R210 + R212 i końcową regulację potencjometrem R208 (KAL. C/U) uzyskać wskazanie równe pojemności wzorcowej.

Po dokonaniu w/w kalibracji sprawdzić dokładność pomiaru na pozostałych podzakresach dla pojemności wzorcowej równej $0,75 \pm 0,95$ odpowiedniej wartości zakresowej.

6.3.8. Kalibracja przetwornika AC/DC

Kalibracji przetwornika AC/DC dokonuje się na podzakresie 200 mV AC. W tym celu należy do zacisków wejściowych przyrządu dołączyć sygnał wzorcowy 190 mV; 1 kHz a następnie przy pomocy potencjometru R116 (KAL. AC) ustawić wskazanie równe sygnałowi wzorcowemu.

6.3.9. Kompensacja częstotliwościowa przetwornika AC/DC

Do zacisków pomiarowych przyrządu z włączonym podzakresem 200 mV AC dołączyć sygnał 190 mV; 100 kHz a następnie

przy pomocy trymera C108 (KOMP. AC) ustawić wskazanie równe wzorcowemu.

Po dokonaniu w/w kompensacji sprawdzić dodatkowo wskazanie dla 40 Hz; 20 kHz i 50 kHz.

6.3.10. Kompensacja częstotliwościowa dzielnika wejściowego na zakresach 2V, 20 V, 200 V, 2000 V (650 V) AC

Kompensacji częstotliwościowej dzielnika należy dokonywać z przykręconym ekranem pod płytkę dolną.

Kolejność czynności jest następująca:

- a) przy włączonym podzakresie 2 V AC dołączyć do zacisków wejściowych przyrządu sygnał wzorcowy 1,9 V; 10 kHz a następnie przez dobór odpowiedniej wartości kondensatora C102 i regulację trymerem C102b ustawić wskazanie równe wzorcowemu; sprawdzić również wskazanie dla częstotliwości 1 kHz, 20 kHz i 100 kHz,
- b) na podzakresie 20 V AC kompensacji dokonuje się przy sygnale wzorcowym 19 V; 10 kHz przez dobór odpowiednich wartości kondensatorów C103 i C103a oraz regulację trymerem C103b; po dokonaniu kompensacji sprawdzić wskazanie dla częstotliwości 1 kHz, 20 kHz i 100 kHz,
- c) na podzakresie 200 V AC przy sygnale 190 V; 10 kHz należy tak dobrać wartość kondensatorów C104 i C104a aby uzyskać odpowiednie wskazanie. Po dokonaniu kompensacji sprawdzić wskazanie dla częstotliwości 1 kHz, oraz dla 100 V, 20 kHz,
- d) na podzakresie 2000 V AC kompensacji dokonuje się przy sygnale wzorcowym 650 V; 3 kHz przez dobór odpo-

wiednich wartości kondensatorów C105 i C105a; po dokonaniu kompensacji sprawdzić wskazanie dla częstotliwości 1 kHz.

6.3.11. Kalibracja źródła prądowego 10 mA

W celu dokonania kalibracji źródła prądowego należy dołączyć do zacisków wyjściowych na płycie tylnej wzorcowy miernik prądu o zakresie 10 mA. Następnie przez zwieranie pól kontaktowych pod rezystorami R203, R204 i R205 i regulację potencjometrem R207 (KAL. 10 mA) ustawić właściwe wskazanie.

6.3.12. Uwagi końcowe

Wszystkie podzakresy pomiaru napięć stałych i przemiennych z wyjątkiem podzakresu 200 mV DC i AC; podzakresy pomiaru prądów stałych i przemiennych z wyjątkiem podzakresów 200 mA DC i 2 DC oraz podzakresy pomiaru rezystancji z wyjątkiem podzakresu 200Ω nie posiadają odrębnych elementów kalibracyjnych. Uzyskiwanie na nich założonych dokładności wynika z dokonania w/w kalibracji (p. 6.3.1. + 6.3.11.) oraz z dokładności rezystorów dzielnika wejściowego i boczników prądowych. Wymagana dokładność poszczególnych podzakresów pomiaru pojemności wynika z kalibracji przetwornika C/U (p. 6.3.7.) oraz z dokładności rezystorów dzielnika wejściowego.

6.4. Wykaz przyrządów do napraw i kalibracji

1. Miernik uniwersalny, np. multimetr V640.
2. Oscyloskop dwukanałowy o czułości 5 mV/cm i paśmie do 10 MHz, np. OS-710 z wkładkami X-701 i Y-701.

3. Sonda napięciowa do oscyloskopu o współczynniku podziału 1 : 10 i rezystancji 10 MΩ, np. P-701.
4. Multimetr cyfrowy o czułości napięciowej 10 μV/cyfrę, dokładności 0,1% dla napięć stałych i paśmie do 10 kHz dla napięć przemiennych, np. V560.
5. Miernik prądu z zakresem pomiarowym 0,1 nA, np. V623.
6. Kalibrator napięć stałych o zakresie 1 mV ... 650 V i dokładności 0,05%, np. 3320D f-my FLUKE.
7. Kalibrator prądów stałych o zakresie 150 μA ... 1,5 A i dokładności 0,1%, np. 5100B f-my FLUKE.
8. Kalibrator napięć przemiennych o zakresie 1 mV ... 650 V; 40 Hz ... 100 kHz i dokładności 0,1%, np. 5200A ze wzmacniaczem 5215A f-my FLUKE.
9. Zestaw rezystorów wzorcowych o wartościach: 190Ω; 1,9 kΩ; 19 kΩ; 190 kΩ; 1,9 MΩ; 19 MΩ i dokładności 0,05%.
10. Zestaw pojemności wzorcowych o wartościach: 19 nF; 190 nF; 1,9 μF; 19 μF i dokładności 0,1%.

7. SKŁADOWANIE I TRANSPORT

Przyrząd powinien być pakowany, przechowywany i transportowany zgodnie z PN-76/T-06500/08.

Powinien być składowany w pomieszczeniach czystych i wentylowanych o temperaturze nie niższej niż +5°C i wilgotności nie większej niż 80%. Do przechowywania przez czas krótszy niż 6 miesięcy wyroby mogą być zapakowane w opakowaniu transportowym, natomiast przechowywanie dłuższe powinno odbywać się bez opakowań transportowych np. na regałach.