

E315A

34

OPIS TECHNICZNY

OT-255

AUTOMATYCZNY MOSTEK POJEMNOŚCI TYP B 315 A

SPIS TREŚCI

1. Przeznaczenie przyrządu	str. 2
2. Wyposażenie przyrządu i części zapasowe	str. 2
3. Warunki pracy przyrządu	str. 2
4. Dane techniczne	str. 3
5. Zasada działania przyrządu	str. 5
6. Przeznaczenie funkcjonalne elementów regulacyjnych	str. 6
7. Pomiary	str. 8
8. Opis techniczny działania układów mostka	str. 11
9. Konserwacja, strojenie	str. 24
10. Przechowywanie i transport	str. 26
11. Wykaz elementów, schematy ideowe	str. 27
12. Wykresy czasowe	str. 68

Katedra T

Nazwisko i Imię

Cwiczenie prowadził dnia

Wykonał	A. Plebański	10	03/75	OK
Sprawdził	B. Wąrowski	15	03/75	Wagł.
Zatwierdził	W. Spława-Neyman	17	03/75	W. Spława-Neyman

MERATRONIK

Ark. 3 A-257 71

1. Przeznaczenie przyrządu.

Automatyczny Mostek Pojemności Typ E 315 A jest przeznaczony do pomiaru:

- pojemności symetrycznej w zakresie od 0,001 pF do 10 μ F
- przewodności w zakresie od 0,1 nS do 100 mS
- współczynnika stratności tg δ od $1 \cdot 10^{-4}$ do 1

Podstawowa niedokładność pomiaru $\pm 0,1\%$ dla C i G oraz 2% dla tg δ .
Mostek E 315 A zapewnia szybki pomiar C, G, tg oraz odczyt wyniku pomiaru w postaci cyfrowej na dwóch 4 cyfrowych polach.

Wyjście informacyjne w kodzie BCD 8421 pozwala na rejestrację wyniku pomiaru oraz umożliwia pracę przyrządu w automatycznych systemach pomiarowych.

2. Wyposażenie przyrządu i części zapasowe.

Instrukcja obsługi	szt. 1
Przewody pomiarowe	szt. 2
Pokrowiec ochronny	szt. 1
Wtyk Eltra 871 050 z osłoną	szt. 1
Bezpiecznik topikowy 315 mA	szt. 2
Bezpiecznik topikowy 2 A	szt. 2
Żarówka 12V/0,05A	szt. 1

3. Warunki pracy przyrządu.

Przyrząd przystosowany jest do pracy w pomieszczeniach zamkniętych w temperaturze otoczenia $+5^{\circ}\text{C}$ do $+40^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej do 80% przy temperaturze $+30^{\circ}\text{C}$.

Przyrząd powinien pracować w warunkach stacjonarnych.

4. Dane techniczne.

4.1. Zakresy pomiarowe i maksymalne napięcia pomiarowe.

Nr zakresu	C _{max}	G _{max}	U _{max}
1	10 μF	100 mS	50 mVsk
2	1 μF	10 mS	50 mVsk
3	100 nF	1 mS	0,5 Vsk
4	10 nF	100 μS	0,5 Vsk
5	1 nF	10 μS	5 Vsk
6	100 pF	1 μS	5 Vsk
7	10 pF	100 nS	50 Vsk

Tablica 4.1.

4.2. Niedokładność pomiaru pojemności w układzie C || G

Zakres pojemności	G < 1% pełnego zakresu	1% < G < 10% pełnego zakresu	G > 10% pełnego zakresu
0,001pF - 99,99nF	±0,1%	±0,1% ± 3 cyfry	
0,1 μF - 0,9999μF	± 1 cyfra	±0,3% ± 3 cyfry	
1 μF - 9,999 μF	±0,3% ± 3 cyfry		± 3% ± 3 cyfry

Tablica 4.2.

4.3. Niedokładność pomiaru pojemności w układzie C. tgδ

Niedokładność jak w punkcie 4.2. /G należy zastąpić przez tgδ /
oraz dodatkowy uchyb:

$$\pm 0,3 \text{ tg}\delta \cdot \frac{C_x}{C_{\text{max}}} \%$$

gdzie: C_x - wartość pojemności mierzonej

C_{max} - maksymalna wartość pojemności na danym zakresie pomiarowym

4.4. Niedokładność pomiaru przewodności w układzie C // G

Zakres przewodności	$C < 1\%$ pełnego zakresu	$1\% < C < 10\%$ pełnego zakresu	$C > 10\%$ pełnego zakresu
0,1 nS - 1 mS	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,1\%$	± 3 cyfry
1 mS - 10 mS	± 1 cyfra	$\pm 0,3\%$	± 3 cyfry
10 mS - 100 mS	$\pm 0,3\%$	± 3 cyfry	$\pm 3\%$ ± 3 cyfry

Tablica 4.3.

4.5. Zakres i niedokładność pomiaru współczynnika stratności tg δ

Zakres: $1 \cdot 10^{-4} \div 1$

Niedokładność pomiaru: $\pm 2\% \pm 1/5 + \frac{C_{\max}}{C_I} / 10^{-4}$

4.6. Częstotliwość napięcia pomiarowego 1 kHz $\pm 2\%$

4.7. Czas pomiaru

4.7.1. Czas pomiaru pojemności ok. 0,7 s dla tg δ ; $G < 1\%$
pełnej skali
ok. 2 s dla tg δ ; $G > 1\%$
pełnej skali

4.7.2. Czas pomiaru przewodności ok. 2,5 sek.

4.8. Czas wyświetlania wyniku pomiaru.

Najkrótszy 0,3 + 0,6 s

Najdłuższy 5 + 10 s

4.9. Rodzaje wyzwalania pomiaru.

- automatyczny
- ręczny
- zewnętrznym impulsem elektrycznym
- po zmianie wartości wielkości mierzonej /"Track"/

4.10. Wybór zakresów

"Auto" - wybór zakresu i równoważenie następuje w sposób automatyczny przy pomiarze pojemności

"Hold" - zakres jest ustalony na stałe na pozycji, która była poprzednio ustalona przy pracy na "Auto" lub "Track" lub poprzez ustawienie odpowiedniego zakresu naciskając przycisk "Range Step"

"Track" - Wybór zakresu pomiarowego automatyczny jak przy pracy "Auto". Równoważenie rozpoczyna się po zmianie wielkości mierzonej max o ± 10 cyfr najniższej dekadę C lub G.

4.11. Wyjście sygnałów informacyjnych wyniku pomiaru.

Wyjście sygnałów informacyjnych wprowadzone jest na 50 kontaktowe gniazdo typu Eltra 881 050.

Wyprowadzona jest informacja w kodzie BCD /1, 2, 4, 8/ poziom napięć wyjściowych zgodny ze standardem TTL.

4.12. Zasilanie.

220V $\pm 10\%$ 50 Hz $\pm 5\%$

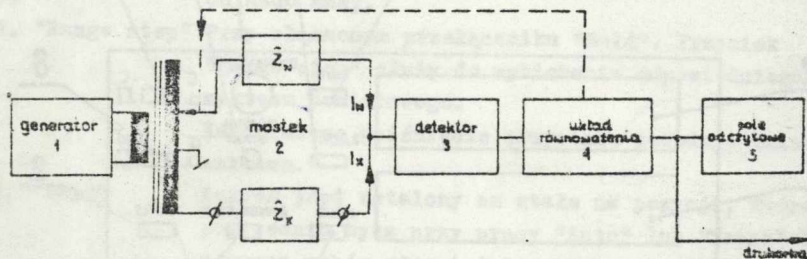
40W - mocy pozornej

4.13. Wymiary. 128 x 292 x 350 mm

4.14. Ciężar 8,5 kg

5. Zasada działania przyrządu.

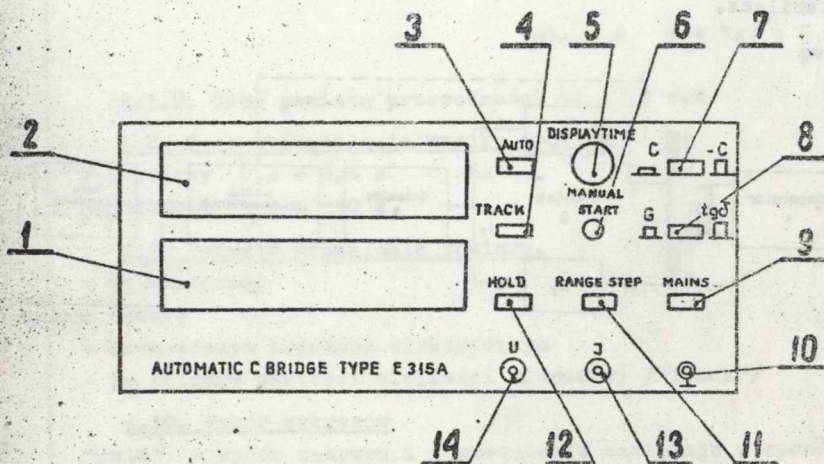
Automatyczny mostek pojemności zawiera: generator, transformatorowy mostek różnicowy, detektor, układ równoważenia, pole odczytowe i zasilacz.



Sinusoidalne napięcie pomiarowe otrzymywane z generatora /1/ zasila różnicowy mostek transformatorowy /2/. Dołączenie mierzonej pojemności powoduje rozrównoważenie mostka na skutek nierówności prądów I_N i I_X . Detektor /3/, analizując zmiany sygnału rozrównoważenia mostka w odpowiedni sposób kieruje pracę układu równoważenia /4/, który zmieniając SEM zasilającą w gałęzi regulacyjnej mostka doprowadza do równości $I_N = I_X$, co jest równoznaczne ze zrównoważeniem mostka i zakończeniem pomiaru. Stan układu równoważenia po zakończeniu pomiaru i po rozszyfrowaniu zostaje wyświetlony na dwuczęściowym polu odczytowym /5/. Równocześnie wynik pomiaru w formie zakodowanej zostaje wyprowadzony na gniazdo, do którego można dołączyć drukarkę rejestracyjną.

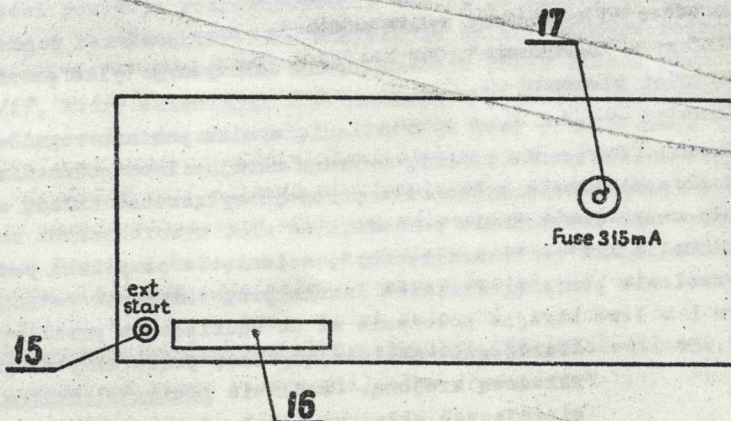
6. Przeznaczenie funkcjonalne elementów regulacyjnych.

6.1. Płyta przednia



1. Pole odczytowe wartości przewodności G lub $tg\delta$ w zależności od pozycji przełącznika "G - $tg\delta$ ".
2. Pole odczytowe wartości pojemności.
3. "Auto" - automatyczny wybór zakresów przy pomiarze pojemności.
4. "Track" - "śledzenie". Pomiar jest dokonywany tylko po zmianie wartości elementu mierzzonego.
5. "Display Time" - czas wyświetlania wyniku pomiaru regulowany płynnie. Skręcenie potencjometru w skrajne lewe położenie aż do zadziałania wyłącznika powoduje wyłączenie układu automatycznego powtarzania pomiaru.
6. "Manual start" - "start ręczny", wciśnięcie przycisku powoduje wyzwolenie pomiaru. Przycisk działa przy skręceniu potencjometru 5 w lewe skrajne położenie aż do zadziałania przełącznika.
7. "C;-C" Przełącznik zmieniający fazę prądu kompensującego składową urojoną. Umożliwia pomiar elementów zawierających składową indukcyjną.
8. "G - $tg\delta$ " Klawisz wciśnięty: można na polu odczytowym 1 odczytać wartość przewodności, klawisz wyciśnięty: można odczytać wartość współczynnika strat. $tg\delta$.
9. "Mains" Wyłącznik sieci.
10. Gniazdo masy.
11. "Range step" Przy włączonym przełączniku "Hold". Przycisk "Range step" służy do wybierania odpowiedniego zakresu pomiarowego. Każdorazowe wciśnięcie przycisku powoduje zmianę zakresu.
12. "Hold" Zakres jest ustalony na stałe na pozycji, która poprzednio była przy pracy "Auto" lub "Track" lub poprzez wybór odpowiedniego zakresu przyciskiem "Range step" /11/.
13. "I" Gniazdo pomiarowe połączone z transformatorem prądowym.
14. "U" Gniazdo pomiarowe połączone z transformatorem napięciowym.

6.2. Płyta tylna



15. "ext start" Gniazdo BNC do wyzwalania pomiaru zewnętrznym impulsem elektrycznym,
16. Gniazdo 50 kontaktowe do podłączenia z drukarką, blokiem przekroczeń lub innymi urządzeniami współpracującymi z mostkiem.
17. Fuse 315 mA Bezpiecznik 315 mA

7. Pomiar.

7.1. Pomiar pojemności.

- Włączyć przyrząd do sieci.
- Dołączyć mierzony element do gniazd "U" - "I"
- Przełącznik "C;- G" ustawić w pozycji "C"
- Przełącznik "G - tgd" ustawić w żądanej pozycji.
- Wybrać rodzaj wyzwalania automatyczny lub ręczny i ustawić czas wyświetlania wyniku.

- Wybrać rodzaj poszukiwania zakresów automatyczny /"Auto"/ jeżeli pojemność jest nieznaną. Jeżeli wartość pojemności jest w przybliżeniu znana, ustawić odpowiedni zakres wciskając przełącznik "Hold" i ustawiając zakres przyciskiem "Range step".
- Każde naciśnięcie przełącznika "Range step" przesuwa zakres w kierunku mniejszej pojemności np.: z pojemności $C_{\max} = 10 \mu F$ na $C_{\max} = 1 \mu F$ i.t.d. na ostatnim zakresie z $C_{\max} = 10 \mu F$ przez pusty zakres na $C_{\max} = 10 \mu F$.
- Jeżeli chcemy wykonywać pomiary tylko w przypadku zmiany wartości mierzonego elementu, należy włączyć przełącznik w pozycję "Track"
- "śledzenie".

7.2. Pomiar rezystancji.

- Przełącznik "G - tgδ" ustawić w pozycji "G", wcisnąć przeł. "Hold"
- Wszystkie czynności dotyczące wyboru zakresu i sposobu wyzwalania identyczne jak przy pomiarze pojemności.
- Jeżeli rezystor posiada składową bierną o charakterze pojemnościowym, należy ustawić przełącznik "C;-C" w pozycji "C".
- Jeżeli rezystor posiada składową bierną o charakterze indukcyjnym należy włączyć przełącznik "C;-C" w pozycję "-C".
- Jeżeli nie jest znany charakter składowej biernej, ustawić przełącznik "C; -C" w pozycji "C". W przypadku, gdy rezystor ma składową pojemnościową nastąpi pomiar, w przypadku gdy rezystor posiada składową indukcyjną, mostek nie będzie się w stanie zrównoważyć /na polach odczytowych C i G będą indukowane zera/. Oznacza to, że należy ustawić przełącznik "C; -C" na pozycji "-C" celem dokonania poprawnego pomiaru.
- Wartość zmierzonej rezystancji wynosi $R = \frac{1}{G}$
- Wartość indukcyjności wynosi $L = \frac{1}{\omega^2 C}$, $\omega = 2\pi f$ gdzie $f = 1000\text{Hz}$

7.3. Uwagi dotyczące pomiarów

Ekran kondensatorów symetrycznych tj. takich, w których ekran nie jest na stałe podłączony z żadną końcówką kondensatora, należy połączyć z masą mostka, eliminuje się w ten sposób wpływ pojemności do ekranu obu końcówek kondensatora.

Jeżeli ekran jest połączony z jedną końcówką kondensatora /kondensator niesymetryczny ekranowany/ należy go tak łączyć z mostkiem, aby ekran był połączony z zaciskiem napięciowym

mostka /gniazdo "U"/. Pojemność zmierzona jest sumą pojemności między zaciskami kondensatora i pojemności do ekranu.

Automatyczny Mostek E 315 A dokonuje pomiarów przy założeniu równoległego układu pomiarowego.

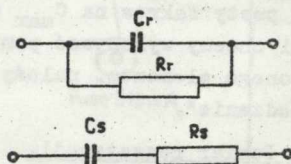
Jeżeli zachodzi potrzeba określenia parametrów kondensatora w układzie szeregowym, należy dokonać przeliczenia wg następujących wzorów:

$$C_s = C_r / (1 + \operatorname{tg}^2 \delta)$$

$$R_s = \frac{1}{G_r} \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega R_r C_r} = \omega C_s R_s$$

$$G_r = \frac{1}{R_r} \quad G_s = \frac{1}{R_s}$$



Przy pomiarze dużych pojemności $> 1 \mu\text{F}$ / małych rezystancji $< 100 \Omega$ ważne jest, aby przewody pomiarowe były krótkie, ponieważ indukcyjność przewodów pomiarowych wpływa na dokładność pomiaru pojemności, a rezystancja przewodów pomiarowych ma wpływ na pomiar G i $\operatorname{tg} \delta$.

Przy pomiarze $\operatorname{tg} \delta$ dla pojemności $C_x \geq 0,1 \mu\text{F}$ należy uwzględnić rezystancję wewnętrzną mostka i rezystancję przewodów pomiarowych. W tym celu należy wykonać pomiar pojemności C_N o znanym $\operatorname{tg} \delta_N$ na interesującym nas zakresie pomiarowym.

Ze wzoru $r_w = \frac{\operatorname{tg} \delta_p - \operatorname{tg} \delta_N}{\omega C_N}$ obliczyć oporność wewnętrzną

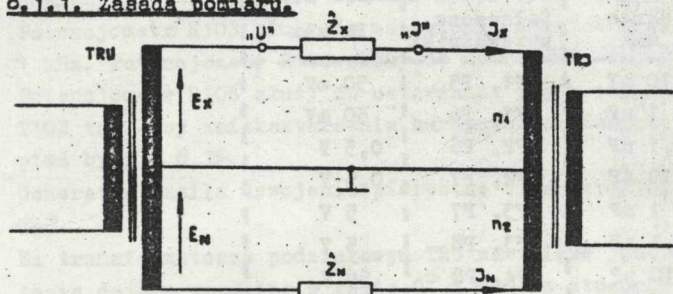
mostka $r_w / \operatorname{tg} \delta_p$ - wartość zmierzona/.

Dla pojemności C_x - prawdziwa wartość współczynnika $\operatorname{tg} \delta_x$ będzie wynosić $\operatorname{tg} \delta_x = \operatorname{tg} \delta_{xp} - \omega C_x r_w$ gdzie $\operatorname{tg} \delta_{xp}$ - wartość zmierzona.

8. Opis techniczny działania układów mostka.

8.1. Część mostkowa.

8.1.1. Zasada pomiaru.

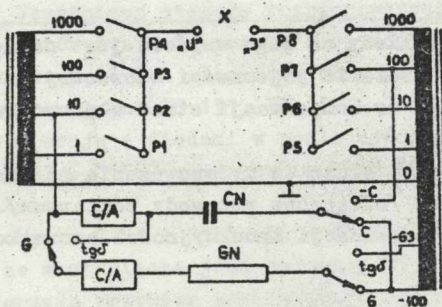


Mostek jest zrównoważony, gdy $n_1 I_x = n_2 I_y$

ponieważ $I_x = \frac{E_x}{Z_x}$ $I_y = \frac{E_y}{Z_y}$

to $Z_x = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{E_y}{E_x} \cdot Z_y$

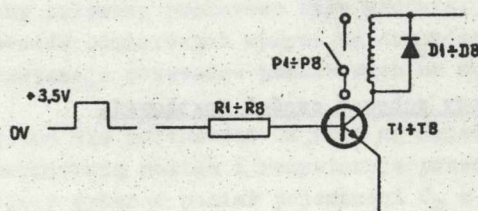
8.2. Uproszczony schemat części mostkowej.



Zmiana zakresów odbywa się dzięki odpowiedniemu włączeniu przekaźników P1 ÷ P8 według następującej tabeli:

Lp.	Zakres C max	Załączone przekaźniki	Ex max
1	10 μ F	P1, P5	50 mV
2	1 μ F	P1, P6	50 mV
3	0,1 μ F	P2, P6	0,5 V
4	10 nF	P2, P7	0,5 V
5	1 nF	P3, P7	5 V
6	0,1 nF	P3, P8	5 V
7	10 pF	P4, P8	50 V

Przekaźniki są włączane przez odpowiadające im klucze tranzystorowe T1 + T8 /patrz schemat ideowy płytki wzorców/



Klucz jest wyłączony kiedy na jego wejściu jest napięcie $\leq 0,8$ V. Trymer C4 służy do ustalania pojemności wzorcowej na wartość 10 nF. Potencjometr R9 służy do kompensacji strat własnych wzorca pojemności.

Potencjometry R15 i R16 służą do zrównoważenia mostka przy wolnych zaciskach pomiarowych /odłączone przewody pomiarowe/.

Trymer C7 służy do kompensacji indukcyjności szczytkowej rezystora R13.

8.3. Generator.

Generator zbudowany jest w oparciu o mostek Wienera na obwodzie scalonym IC 101 /patrz schemat generator - wzmacniacz/. Potencjometr R103 służy do ustawienia częstotliwości na wartość 1 kHz. Potencjometr R104 służy do ustawienia amplitudy generatora. Potencjometr R106 służy do ustawiania prądu stopnia końcowego T101, T102 tak, aby zniekształcenia harmoniczne wnoszone przez ten stopień były $\leq 0,3\%$.

Generator zasila uzwojenie pierwotne transformatora podziałowego TRU.

Na transformatorze podziałowym TRU nawinięte jest dodatkowe uzwojenie dające napięcie w fazie 0° i 180° w stosunku do napięcia zasilającego. Uzwojenia te wraz z elementami R111 C106 tworzą wstępny przesuwnik fazowy kompensujący przesunięcie fazowe wzmacniacza. Podczas pomiaru "-C" włączany jest rezystor R110 dający dodatkowe przesunięcie fazowe.

Sygnał napięcia sinusoidalnego z wstępnego przesuwnika fazowego podawany jest na układ dwóch komparatorów IC 102, IC 103, tak że na ich wyjściu są dwie fale prostokątne o częstotliwości 1 kHz przesunięte w fazie o ok. 110° .

Sygnaly te służą do wytwarzania impulsów testujących i impulsów taktowych /patrz p. 8.5.1./

8.4. Wzmacniacz sygnału rozrównoważenia.

Sygnał rozrównoważenia mostka z wyjścia transformatora prądowego jest podawany na dwu stopniowy wzmacniacz zbudowany na wzmacniaczach operacyjnych IC 151, IC 152.

Stopnie pracują z diodami w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego /Diody D153 + D156/, co zapewnia logarytmiczną charakterystykę wzmocnienia.

Potencjometry R154 i R158 służą do zerowania wzmacniacza.

Sygnał ze wzmacniacza jest podawany na dwa układy komparatorów, które formują przebieg prostokątny. Impulsy z komparatora IC 153 są testowane przez sygnały testujące¹ w zależności od fazy tego sygnału jest równoważony mostek /patrz p. 8.6.1./

Impulsy z komparatora IC 154 służą do wyzwalania pomiaru przy włączonym przełączniku "TRACK" - śledzenie. Czulość wyzwalania ustawia się potencjometrem R163.

8.5. Przetwornik cyfrowo analogowy C/A

Układ mostka posiada dwa przetworniki C/A, jeden w torze równoważenia składowej biernej, drugi w torze równoważenia składowej czynnej.

Wejście cyfrowe jest wejściem równoległym, pracującym w kodzie BCD /1, 2, 4, 8/.

Zastosowany przetwornik C/A jest osterodekadowym przetwornikiem wykorzystującym drabinkę rezystancyjną R-2R-4R-8R.

Transmitancja napięciowa przetwornika może się zmieniać od 0,0000 do 0,9999.

Sygnal z generatora o amplitudzie ok. 0,5 V jest podawany na kolektory tranzystorów T217 - T232, które wraz z tranzystorami T233 - T248 tworzą klucze przełączne. Tranzystory T201 - T216 sterują pracą kluczy przełącznych. Stan logiczny "1" $U > 2,4 V$ podany np. na bazę tranzystora T201 poprzez rezystor R201 powoduje zatkanie tranzystorów T201 i T217 oraz wprowadzenie w stan nasycenia tranzystora T233. W tym stanie klucz tranzystorowy jest wyłączony. Stan logiczny "0" powoduje otwarcie klucza tranzystorowego oraz doprowadzenie napięcia z generatora poprzez nasycony tranzystor T217 do rezystora drabinki dzielnika R249. Przetwornik C/A pracuje na zasadzie sumowania sygnałów z poszczególnych pozycji dekad.

Sygnal wyjściowy odbierany jest z wyjścia wzmacniacza operacyjnego IC 202 i podany jest na wzorce pojemności C_N i przewodności G_N . Obwód scalony IC 201 jest wtórnikiem separującym obwód transformatora od przetwornika C/A.

8.6. Blok sterowania pomiarem.

8.6.1. Praca mostka przy wybranym ręcznie zakresie pomiarowym /"Hold"/

Impulsy z komparatorów IC 102 i IC 103 /1/ /2/, podawane są na wejścia bramki IC 601 c. Na wyjściu bramki IC 601 a otrzymuje się ciąg impulsów o częstotliwości 1 kHz i czasie trwania ok. 200µs /3/. W dzielniku częstotliwości IC 602 częstotliwość impulsów zostaje zmniejszona do 200 Hz. Przebieg na wyjściu bramki IC 601 d przedstawiony jest na wykresie /4/.

Uniwibratory IC 611 i IC 613 reagują na ujemne zbocza impulsów, generując na wyjściach impulsy dodatnie. Do wejścia uniwibratora IC 611 doprowadzony jest ciąg impulsów dodatnich /4/, a do wejścia uniwibratora IC 613 ten sam ciąg w fazie przeciwnej. Tak więc na wyjściach uniwibratorów otrzymuje się dwa ciągi impulsów testujących o czasie trwania ok. 5 μ s i częstotliwości 200 Hz, przesunięte względem siebie o ok. 70...80°. Wielkość tego przesunięcia zależy od wartości elementów R112, R113 i C108.

Impulsy testujące podane są poprzez przełącznik "C;-C" na wejścia \bar{T} przerzutników IC 518a i IC 518b. Koincydencja impulsu testującego na wejściu \bar{T} IC 518a /10/ z sygnałem niezrównoważenia mostka /8/ powoduje wygenerowanie na wyjściu tego przerzutnika impulsu nieakceptacji dla toru C /11/. Podobnie generowane są impulsy nieakceptacji dla toru G na wyjściu przerzutnika IC 518b /13/.

Impulsy nieakceptacji są standaryzowane czasowo w bramkach IC 512c i IC 512d i poprzez bramki IC 517b i IC 517a podawane na wejścia "Det." dekad toru C /16/ i G /15/.

Impulsy nieakceptacji pojawiają się w torze C jeśli $I_{GN} > I_{Gx}$, a w torze G jeśli $I_{GN} > I_{Gx}$. Impulsy z wyjścia Q uniwibratora IC 611 są opóźniane i formowane na uniwibratorach IC 603 i IC 604. Na wyjściu Q uniwibratora IC 604 otrzymuje się impulsy taktu pomiarowego o częstotliwości 200 Hz i czasie trwania 5 μ s.

Rozpoczęcie procesu równoważenia mostka inicjowane może być w następujący sposób:

- za pomocą przycisku ręcznego "Manual start" - impulsy formowane są w przerzutniku RS na bramkach IC 614 b i c
- impulsem zewnętrznym /przejście "1" \rightarrow "0"/ - wejście 12 bramki IC 612b połączone jest z gniazdem "ext.start"
- samoczynnie po włączeniu zasilania /układ opóźniający na tranzystorze T601 otwiera na krótko bramkę IC 614b
- automatycznie - po zakończeniu impulsu z uniwibratora IC 609 określającego czas wyświetlania wyniku pomiaru
- automatycznie - na zakresie "Track" - impuls podany jest na wejście 9 bramki IC 612 b

Impuls startu wyzwala uniwibrator IC 617. Generuje on impuls o czasie trwania ok. 5 μ s. W wyniku tego powstaje impuls na wyjściu bramki IC 612a /17/. Zeruje on dekady toru C i G oraz przerzutnik IC 606b, co powoduje otwarcie bramki IC 605b dla impulsów taktu pomiarowego. Pierwszy impuls taktu zmienia stan przerzutnika IC607a /18/. W wyniku tego na czas pomiaru na wyjściach bramek IC 607a i IC 607b ustala się stan "0" /22/ zatrzymując w stanie Q = "0" przerzutniki "LATCH" na wyjściach dekad. Przerzutniki "LATCH" zostają otwarte dla nowej informacji po zakończeniu pomiaru, kiedy na wejście D przerzutnika IC 606b przyjdzie sygnał "1" o zakończeniu pomiaru.

Impulsy taktujące dla dekad C odbierane są z wyjść bramek IC 612a i b, a dla dekad G z wyjść bramek IC 616 a i b.

Pojawienie się taktu /19/ powoduje powstanie na wyjściu \bar{Q} przerzutnika IC 607b impulsu /21/, który poprzez bramkę IC 516a podany zostaje na wejście licznika pierścieniowego w dekadzie I toru G /33/ inicjując równoważenie mostka dla składowej biernej /G lub -C/.

Impuls wyjściowy licznika pierścieniowego toru C /24/ podany zostaje na wejście D przerzutnika IC 513a. Ustawienie "1" na wyjściu Q tego przerzutnika powoduje otwarcie bramki IC 514a dla impulsu kasującego dekady G. Dekady G kasowane są sygnałem z wyjść bramek IC 507 a i b /27/. Następny impuls taktujący podany na przerzutnik IC 513b powoduje wygenerowanie impulsu wejściowego /25/ dla dekad toru G /wyjście Q przerzutnika IC 513b/. Impuls ten inicjuje równoważenie mostka dla składowej rzeczywistej /G, tg δ /. Jeśli w trakcie pracy dekad toru G pojawią się impulsy nieakceptacji z toru C nie będące w koincydencji z impulsami nieakceptacji w torze G, to na wyjściu Q przerzutnika IC 508a zostanie ustawiona "1" logiczna i bramka IC 510d zostanie otwarta, a bramka IC 510c - zamknięta. Impuls /28/ zostanie podany na wejście D przerzutnika IC 511b, który z kolejnym taktem zmieni stan /32/ i otworzy bramkę IC 514d dla impulsu kasującego dekady C. Dekady toru C kasowane są z wyjść bramek IC 509 a i b /34/.

Z kolejnym impulsem taktu na wyjściu \bar{Q} przerzutnika IC 511 a pojawi się impuls startu dla dekad C /33/ i cykl pomiarowy rozpocznie się od nowa.