
INSTRUKCJA OBSŁUGI

Miernika impedancji LCR typu MT4090

DYSTRYBUCJA I SERWIS:

"NDN-Z.Daniluk"

02-784 Warszawa, ul. Janowskiego 15

tel./fax (0-22) 641-15-47, 641-61-96

e-mail: ndn@ndn.com.pl

MOTECH

SPIS TREŚCI

1.	WPROWADZENIE.....	2
1.1	Dane ogólne	2
1.2	Impedancja - podstawowe pojęcia.....	3
1.3	Specyfikacja.....	4
1.4	Wyposażenie.....	10
2.	ZASADY OBSŁUGI.....	10
2.1	Widok przyrządu	10
2.2	Wykonywanie pomiarów	11
2.2.1	<i>Kalibracja zwarciova i rozwarciova.....</i>	<i>11</i>
2.2.2	<i>Tryb pomiarów względnych</i>	<i>11</i>
2.2.3	<i>Ręczny dobór zakresu.....</i>	<i>11</i>
2.2.4	<i>Pomiar rezystancji stałoprądowej.....</i>	<i>12</i>
2.2.5	<i>Pomiar impedancji.....</i>	<i>12</i>
2.2.6	<i>Pomiar pojemności.....</i>	<i>12</i>
2.2.7	<i>Pomiar indukcyjności.....</i>	<i>12</i>
3.	TRYBY PRACY	13
3.1	Składnia komend trybu zdalnego.....	15
3.2	Komendy trybu zdalnego.....	16
4.	ZASTOSOWANIA	20
4.1	Podłączenia przewodów pomiarowych	20
4.2	Kompensacja zwarciova i rozwarciova.....	22
4.3	Wybór szeregowego lub równoległego trybu pomiarowego.....	23
5.	WARUNKI GWARANCJI.....	24
6.	ZASADY BEZPIECZEŃSTWA.....	25

1. WPROWADZENIE

1.1 Dane ogólne

Miernik MT4090 LCR jest precyzyjnym przyrządem laboratoryjnym służącym do pomiarów impedancji i rezystancji cewek indukcyjnych, kondensatorów i rezystorów z podstawową dokładnością równą 0,1%. Dodatkowo, dzięki wbudowanym funkcjom pomiaru prądu i napięcia AC/DC oraz testów diod półprzewodnikowych i ciągłości MT4090 nie tylko służy do analizy charakterystyk podzespołów elektronicznych ale staje się podstawowym przyrządem na dowolnym stanowisku pomiarowym.

Domyślnie miernik MT4090 jest ustawiony na automatyczny dobór zakresu pomiarowego, przy czym zakres można ustawić również ręcznie, korzystając z przycisku funkcyjnego **Range Hold**. Przy pomiarach impedancji (tryb LCR) na każdym dostępnym zakresie pomiarowym można ustawić jedną z częstotliwości testowych: 100Hz, 120Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz lub 200kHz. Na wszystkich dostępnych zakresach można ustawić jedną z wartości napięcia testowego: $50mV_{rms}$ (V_{rms} – wartość skuteczna napięcia), $0,25V_{rms}$, $1V_{rms}$ lub $1V_{DC}$ przy pomiarach rezystancji stałoprądowej (DCR – *direct current resistance*). Podwójny wyświetlacz umożliwia jednocześnie wyświetlanie wyniku dwóch parametrów pomiaru. Podczas pomiaru napięcia lub prądu albo testu diod lub ciągłości do wyświetlania wyniku wykorzystywane jest jedynie dodatkowe pole odczytowe (dolna linia wyświetlacza).

O wszechstronności przyrządu MT4090 świadczy możliwość emulacji wszystkich funkcji większości laboratoryjnych mostków LCR. Przy podstawowej dokładności równej 0,1% przedstawiany miernik może w wielu zastosowaniach być doskonałym zamiennikiem znacznie droższego mostka pomiarowego. Osiągana 0,4% dokładność przy pomiarach prądu i napięcia powoduje, że miernik ten może na stanowisku pomiarowym z powodzeniem zastąpić standardowy multimetr cyfrowy.

Miernik MT4090 znajduje szerokie zastosowanie w laboratoriach i serwisie sprzętu elektronicznego, w przemyśle oraz szkolnictwie. Może służyć do kontroli rezystancji wewnętrznej kondensatorów (ESR – *equivalent serial resistance*), sortowania i selekcji podzespołów, pomiarów elementów bez oznaczeń, pomiarów rezystancji, indukcyjności i pojemności kabli, przełączników, laminatów na płytki drukowane itp.

Podstawowe parametry elektryczne:

1. Pomiar napięcia:
 - napięcie zmienne AC : do $600V_{rms}$ przy częstotliwości $40Hz \div 1kHz$, True RMS (czujnik wartości skutecznej)
 - napięcie stałe DC : do 600V
 - impedancja wejściowa : $1M\Omega$
2. Pomiar prądu:
 - prąd zmienny AC : do $2A_{rms}$ przy częstotliwości $40Hz \div 1kHz$, True RMS
 - prąd stały DC : do 2A
 - boczny prądowy : $0,1\Omega$ przy prądach $>20mA$; 10Ω przy prądach $\leq 20mA$
3. Test diod półprzewodnikowych i ciągłości:
 - napięcie otwartego wejścia : $5V_{DC}$
 - prąd zwartego wejścia : 2,5mA
 - włączenie beeper'a : $\leq 25\Omega$
 - wyłączenie beeper'a : $\geq 50\Omega$
4. Pomiary impedancji (LCR):
 - parametry testowe:
 1. częstotliwość testowa : 100Hz / 120Hz / 1kHz / 10kHz / 100kHz / 200kHz
 2. napięcie testowe : $1V_{rms}$ / $0,25V_{rms}$ / $50mV_{rms}$ / $1V_{DC}$ (tylko pomiar DCR)
 - mierzone wielkości : Z, Ls, Lp, Cs, Cp, DCR, ESR, D, Q i θ
 - dokładność podstawowa : 0,1%
 - wyświetlacz : LCD, podwójny
 - automatyczny i ręczny dobór zakresu pomiarowego
 - interfejs RS-232
 - kalibracja rozwarciowa i zwarciova
 - wskaźniki podstawowego pola odczytowego:
 - Z : impedancja AC
 - DCR : rezystancja stałoprądowa
 - Ls : indukcyjność szeregową
 - Lp : indukcyjność równoległą
 - Cs : pojemność szeregową
 - Cp : pojemność równoległą

- wskaźniki dodatkowego pola odczytowego:

θ : kąt stratności
 ESR : zastępcza rezystancja szeregową
 D : współczynnik stratności
 Q : dobroć

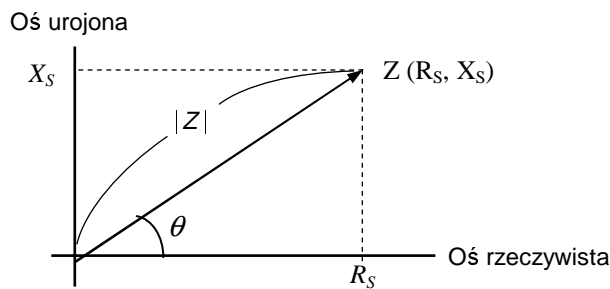
- kombinacje odczytów:

tryb szeregowy : Z - θ , Cs - D, Cs - Q, Cs - ESR, Ls - D, Ls - Q, Ls - ESR
 tryb równoległy : Cp - D, Cp - Q, Lp - D, Lp - Q

1.2 Impedancja - podstawowe pojęcia

W zależności od rodzaju sygnału testowego stosowanego przez miernik w czasie pomiaru impedancji otrzymuje się dwie wartości – impedancję zmiennoprądową i stałoprądową (rezystancję). Standardowy multimetr cyfrowy mierzy jedynie rezystancję elementu (napięcie testowe jest napięciem stałym), natomiast przyrząd MT4090 może mierzyć obie wartości impedancji. Do zrozumienia zasady pomiaru i umiejętności prawidłowej interpretacji wyników niezbędna jest znajomość podstawowych pojęć związanych z impedancją elementów elektronicznych.

Podczas analizy graficznej w układzie współrzędnych prostokątnych (rys. 1.1) impedancja jest reprezentowana przez składową rzeczywistą leżącą na osi X i składową urojoną leżącą na osi Y. Wektor impedancji może być również przedstawiony w układzie współrzędnych biegunowych, gdzie Z jest modulem a θ - kątem fazowym impedancji.



Rys. 1.1

$$\begin{aligned}
 Z &= R_s + jX_s = |Z| \angle \theta \ (\Omega) & |Z| &= \sqrt{R_s^2 + X_s^2} \\
 R_s &= |Z| \cos \theta & \theta &= \tan^{-1} \left(\frac{X_s}{R_s} \right) \\
 X_s &= |Z| \sin \theta
 \end{aligned}$$

Z \Rightarrow impedancja
 Rs \Rightarrow rezystancja
 Xs \Rightarrow reaktancja
 Ω \Rightarrow omy

Wyróżniamy dwa rodzaje reaktancji: indukcyjną (X_L) i pojemnościową (X_C), określane poniższymi zależnościami:

$$\begin{aligned}
 X_L &= \omega L = 2\pi f L & L &= \text{indukcyjność (H)} \\
 X_C &= \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} & C &= \text{pojemność (F)} \\
 & & f &= \text{częstotliwość (Hz)}
 \end{aligned}$$

Omówienia wymagają także dwa dodatkowe parametry charakteryzujące bierne podzespoły elektroniczne – dobroć (Q) i współczynnik stratności (D). Dobroć określa czystość reaktancji elementu. W przypadku rzeczywistych elementów zawsze istnieje nawet resztkowa rezystancja, która powoduje straty mocy, zmniejszając wielkość odzyskiwanej energii. Dobroć definiuje się jako stosunek energii zgromadzonej w elemencie (w reaktancji) do mocy rozproszonej (na rezystancji). Dobroć z zasady podawana jest dla cewek indukcyjnych, natomiast współczynnik stratności – dla kondensatorów.

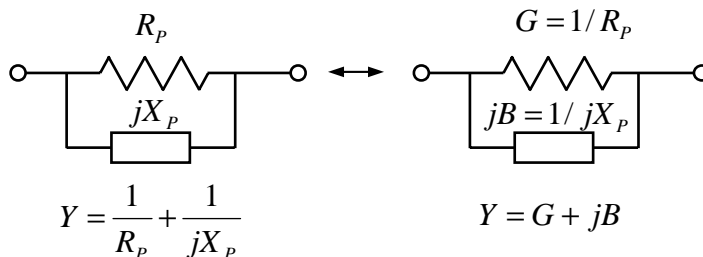
$$Q = \frac{1}{D} = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{|X_s|}{R_s} = \frac{\omega L_s}{R_s} = \frac{1}{\omega C_s R_s} = \frac{|B|}{G} = \frac{R_p}{|X_p|} = \frac{R_p}{\omega L_p} = \omega C_p R_p$$

Do celów analizy i pomiarów stosowane są dwa obwody zastępcze elementów impedancyjnych – szeregowy i równoległy. Na rysunku 1.2 pokazano zależności między składowymi impedancjami w obu trybach.

Szeregowy obwód zastępczy impedancji



Równoległy obwód zastępczy impedancji



Rys. 1.2

1.3 Specyfikacja

- Zakresy pomiarowe:

Parametr	Zakres	
Z	0,000 Ω	do 500,0 M Ω
L	0,030 μ H	do 9999 H
C	0,003 pF	do 80,00 mF
DCR	0,000 Ω	do 500,0 M Ω
ESR	0,000 Ω	do 9999 Ω
D	0,000	do 9999
Q	0,000	do 9999
θ	-180,0°	do 180,0°
Pomiary napięcia i prądu		
V	0,0 mV	do \pm 600 V
A	0,000 mA	do \pm 2 A

- Dokładność pomiaru (A_e):

1. Pomiar napięcia stałego:

zakresy	: 2V, 20V, 200V, 600V
rozdzielczość	: 1mV, 10mV, 100mV, 1V
dokładność	: \pm (0,4% + 3dgt) (dgt – wartość najmniej znaczącej cyfry)
impedancja wejściowa	: 1M Ω

2. Pomiar napięcia zmiennego (*True RMS*):

zakresy	: 2V, 20V, 200V, 600V
rozdzielczość	: 1mV, 10mV, 100mV, 1V
dokładność	: \pm (0,8% + 5dgt)
impedancja wejściowa	: 1M Ω

3. Pomiar prądu stałego:

zakresy	: 2mA, 20mA, 200mA, 2000mA
rozdzielczość	: 1 μ A, 10 μ A, 100 μ A, 1mA
dokładność	: \pm (0,4% + 3dgt)
bocznik prądowy	: 0,1 Ω dla $I > 20$ mA, 10 Ω dla $I \leq 20$ mA

4. Pomiar prądu zmiennego (*True RMS*):

zakresy	: 2mA, 20mA, 200mA, 2000mA
rozdzielczość	: 1 μ A, 10 μ A, 100 μ A, 1mA
dokładność	: \pm (0,8% + 5dgt)
bocznik prądowy	: 0,1 Ω dla $I > 20$ mA, 10 Ω dla $I \leq 20$ mA

Uwaga:

Dokładność funkcji pomiaru napięcia i prądu dotyczy wartości wejściowych mieszczących się w przedziale 5%-100% danego zakresu.

5. Pomiary impedancji (LCR):

Dokładność pomiaru modułu impedancji (A_e):

$ Z_x $ Często.	20M ~ 10M (Ω)	10M ~ 1M (Ω)	1M ~ 100k (Ω)	100k ~ 10k (Ω)	10k ~ 1k (Ω)	1k ~ 100 (Ω)	100 ~ 1 (Ω)	1 ~ 0,1 (Ω)
DCR (0Hz)	2% \pm 1	1% \pm 1	0,5% \pm 1	0,2% \pm 1	0,1% \pm 1	0,2% \pm 1	0,5% \pm 1	1% \pm 1
100Hz	❶							❶
120Hz								
1kHz								
10kHz	5% \pm 1 ❶	2% \pm 1						
100kHz 200kHz ❶	–	5% \pm 1	2% \pm 1	1% \pm 1	0,4% \pm 1	1% \pm 1	2% \pm 1	5% \pm 1

Uwagi:

- Dokładności podano dla napięcia testowego 1Vrms.
- Gdy napięcie testowe jest równe 250mVrms, podaną wartość A_e należy pomnożyć przez współczynnik 1,25.
- Gdy napięcie testowe jest równe 50mVrms, podaną wartość A_e należy pomnożyć przez współczynnik 1,5.
- Przy pomiarach pojemności (C) i indukcyjności (L) A_e należy pomnożyć przez $\sqrt{1+Dx^2}$, gdy $Dx > 0,1$.

❶ : Wartość A_e jest określona jedynie przy napięciu testowym równym 1Vrms.

Dokładność pomiaru pojemności (C):

100Hz	79,57pF ÷ 159,1pF	159,1pF ÷ 1,591nF	1,591nF ÷ 15,91nF	15,91nF ÷ 159,1μF	159,1μF ÷ 1,591μF	1,591μF ÷ 15,91μF	15,91μF ÷ 1591μF	1591μF ÷ 15,91mF
	2% \pm 1 ❶	1% \pm 1	0,5% \pm 1	0,2% \pm 1	0,1% \pm 1	0,2% \pm 1	0,5% \pm 1	1% \pm 1 ❶
120Hz	66,31pF ÷ 132,6pF	132,6pF ÷ 1,326nF	1,326nF ÷ 13,26nF	13,26nF ÷ 132,6nF	132,6nF ÷ 1,326μF	1,326μF ÷ 13,26μF	13,26μF ÷ 1326μF	1326μF ÷ 13,26mF
	2% \pm 1 ❶	1% \pm 1	0,5% \pm 1	0,2% \pm 1	0,1% \pm 1	0,2% \pm 1	0,5% \pm 1	1% \pm 1 ❶
1kHz	7,957pF ÷ 15,91pF	15,91pF ÷ 159,1pF	159,1pF ÷ 1,591nF	1,591nF ÷ 15,91nF	15,91nF ÷ 159,1nF	159,1nF ÷ 1,591μF	1,591μF ÷ 159,1μF	159,1μF ÷ 1,591mF
	2% \pm 1 ❶	1% \pm 1	0,5% \pm 1	0,2% \pm 1	0,1% \pm 1	0,2% \pm 1	0,5% \pm 1	1% \pm 1 ❶
10kHz	0,795pF ÷ 1,591pF	1,591pF ÷ 15,91pF	15,91nF ÷ 159,1pF	159,1pF ÷ 1,591nF	1,591nF ÷ 15,91nF	15,91nF ÷ 159,1nF	159,1nF ÷ 1,591μF	1,591μF ÷ 15,91μF
	5% \pm 1 ❶	2% \pm 1	0,5% \pm 1	0,2% \pm 1	0,1% \pm 1	0,2% \pm 1	0,5% \pm 1	1% \pm 1 ❶
100kHz ❶	–	0,159pF ÷ 1,591pF	1,591pF ÷ 15,91pF	15,91pF ÷ 159,1pF	159,1pF ÷ 1,591nF	1,591nF ÷ 15,91nF	15,91nF ÷ 1,591μF	1,591μF ÷ 15,91μF
	–	5% \pm 1	2% \pm 1	1% \pm 1	0,4% \pm 1	1% \pm 1	2% \pm 1	5% \pm 1
200kHz ❶	–	0,079pF ÷ 0,795pF	0,795pF ÷ 7,957pF	7,957pF ÷ 79,57pF	79,57pF ÷ 795,7pF	795,7pF ÷ 7,957nF	7,957nF ÷ 795,7nF	795,7nF ÷ 7,957μF
	–	5% \pm 1	2% \pm 1	1% \pm 1	0,4% \pm 1	1% \pm 1	2% \pm 1	5% \pm 1

Dokładność pomiaru indukcyjności (L):

100Hz	31,83kH ÷ 15,91kH	15,91kH ÷ 1591H	1591H ÷ 159,1H	159,1H ÷ 15,91H	15,91H ÷ 1,591H	1,591H ÷ 159,1mH	159,1mH ÷ 1,591mH	1,591mH ÷ 159,1μH
	2% ±1 ❶	1% ±1	0,5% ±1	0,2% ±1	0,1% ±1	0,2% ±1	0,5% ±1	1% ±1 ❶
120Hz	26,52kH ÷ 13,26kH	13,26kH ÷ 1326H	1326H ÷ 132,6H	132,6H ÷ 13,26H	13,26H ÷ 1,326H	1,326H ÷ 132,6mH	132,6mH ÷ 1,326mH	1,326mH ÷ 132,6μH
	2% ±1 ❶	1% ±1	0,5% ±1	0,2% ±1	0,1% ±1	0,2% ±1	0,5% ±1	1% ±1 ❶
1kHz	3,183kH ÷ 1,591kH	1,591kH ÷ 159,1H	159,1H ÷ 15,91H	15,91H ÷ 1,591H	1,591H ÷ 159,1mH	159,1mH ÷ 15,91mH	15,91mH ÷ 159,1μH	159,1μH ÷ 15,91μH
	2% ±1 ❶	1% ±1	0,5% ±1	0,2% ±1	0,1% ±1	0,2% ±1	0,5% ±1	1% ±1 ❶
10kHz	318,3H ÷ 159,1H	159,1H ÷ 15,91H	15,91H ÷ 1,591H	1,591H ÷ 159,1mH	159,1mH ÷ 15,91mH	15,91mH ÷ 1,591mH	1,591mH ÷ 15,91μH	15,91μH ÷ 1,591μH
	5% ±1 ❶	2% ±1	0,5% ±1	0,2% ±1	0,1% ±1	0,2% ±1	0,5% ±1	1% ±1 ❶
100kHz ❶	31,83H ÷ 15,91H	15,91H ÷ 1,591H	1,591H ÷ 159,1mH	159,1mH ÷ 15,91mH	15,91mH ÷ 1,591mH	1,591mH ÷ 159,1μH	159,1μH ÷ 1,591μH	1,591μH ÷ 0,159μH
	–	5% ±1	2% ±1	1% ±1	0,4% ±1	1% ±1	2% ±1	5% ±1
200kHz ❶	15,91H ÷ 7,957H	7,957H ÷ 795,7mH	795,7mH ÷ 79,57mH	79,57mH ÷ 7,957mH	7,957mH ÷ 795,7μH	795,7μH ÷ 79,57μH	79,57μH ÷ 0,795μH	0,795μH ÷ 0,079μH
	–	5% ±1	2% ±1	1% ±1	0,4% ±1	1% ±1	2% ±1	5% ±1

Dokładność pomiaru współczynnika stratności (D):

$ Z_x $ Często.	20M ~ 10M (Ω)	10M ~ 1M (Ω)	1M ~ 100k (Ω)	100k ~ 10k (Ω)	10k ~ 1k (Ω)	1k ~ 100 (Ω)	100 ~ 1 (Ω)	1 ~ 0,1 (Ω)
100Hz	± 0,020 ❶	± 0,010	± 0,005	± 0,002	± 0,002	± 0,002	± 0,005	± 0,010 ❶
120Hz								
1kHz								
10kHz	± 0,050 ❶	± 0,020						
100kHz 200kHz ❶	–	± 0,050	± 0,020	± 0,010	± 0,004	± 0,010	± 0,020	± 0,050

Dokładność pomiaru kąta stratności (θ):

$ Z_x $ Często.	20M ~ 10M (Ω)	10M ~ 1M (Ω)	1M ~ 100k (Ω)	100k ~ 10k (Ω)	10k ~ 1k (Ω)	1k ~ 100 (Ω)	100 ~ 1 (Ω)	1 ~ 0,1 (Ω)
100Hz	± 1,046 ❶	± 0,523	± 0,261	± 0,105	± 0,105	± 0,105	± 0,261	± 0,523 ❶
120Hz								
1kHz								
10kHz	± 2,615 ❶	± 1,046						
100kHz 200kHz ❶	–	± 2,615	± 1,046	± 0,409	± 0,209	± 0,409	± 1,046	± 2,615

Dokładność pomiaru impedancji Z:

Zgodnie z pierwszą tabelą.

Dokładność pomiaru pojemności C:

Zgodnie z tabelą dokładności pomiaru pojemności (C) lub obliczona jak w poniższym przykładzie.

$$|Z_x| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x}$$

gdzie:

- C_{Ae} = dokładność pomiaru pojemności
f : częstotliwość testowa (w hercach)
 C_x : zmierzona pojemność (w faradach)
 $|Z_x|$: zmierzona wartość impedancji (w omach)

Dokładność jest zgodna z tabelą, gdy zmierzona stratność (D_x) kondensatora jest mniejsza lub równa 0,1. Gdy spełniony jest warunek $D_x > 0,1$, należy wartość C_{Ae} pomnożyć przez współczynnik $\sqrt{1+D_x^2}$.

Przykład:

Warunki pomiaru:

- częstotliwość : 1kHz
napięcie : 1Vrms
mierzony kondensator : 100nF

zatem

$$|Z_x| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 1590\Omega$$

Zgodnie z tabelą dokładności pomiaru impedancji (Z_{Ae}) otrzymujemy $C_{Ae} = \pm 0,1\%$.

Dokładność pomiaru indukcyjności L:

Zgodnie z tabelą dokładności pomiaru indukcyjności (L) lub obliczona jak w poniższym przykładzie.

$$|Z_x| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x$$

gdzie:

- L_{Ae} = dokładność pomiaru indukcyjności
f : częstotliwość testowa (w hercach)
 L_x : zmierzona indukcyjność (w henrach)
 $|Z_x|$: zmierzona wartość impedancji (w omach)

Dokładność jest zgodna z tabelą, gdy zmierzona stratność (D_x) kondensatora jest mniejsza lub równa 0,1. Gdy spełniony jest warunek $D_x > 0,1$, należy wartość L_{Ae} pomnożyć przez współczynnik $\sqrt{1+D_x^2}$.

Przykład:

Warunki pomiaru:

- częstotliwość : 1kHz
napięcie : 1Vrms
mierzona cewka : 1mH

zatem

$$|Z_x| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x = 2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 6.283\Omega$$

Zgodnie z tabelą dokładności pomiaru impedancji (Z_{Ae}) otrzymujemy $L_{Ae} = \pm 0,5\%$.

Dokładność pomiaru rezystancji zastępczej ESR:

$$ESR_{Ae} = \pm X_x \cdot \frac{A_e}{100} \qquad X_x = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x}$$

gdzie:

- ESR_{Ae} = dokładność pomiaru zastępczej rezystancji szeregowej
f : częstotliwość testowa (w hercach)
 X_x : zmierzona wartość reaktancji (w omach)
 L_x : zmierzona indukcyjność (w henrach)
 C_x : zmierzona pojemność (w faradach)
-

Dokładność jest zgodna z tabelą , gdy zmierzona stratność (Dx) kondensatora jest mniejsza lub równa 0,1.

Przykład:

Warunki pomiaru:

częstotliwość : 1kHz
napięcie : 1Vrms
mierzony kondensator : 100nF

zatem

$$|Z_x| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 1590 \Omega$$

Zgodnie z tabelą dokładności pomiaru pojemności otrzymujemy $C_{Ae} = \pm 0,1\%$, dlatego

$$ESR_{Ae} = \pm X_x \cdot \frac{Ae}{100} = \pm 1,59 \Omega$$

Dokładność pomiaru stratności D:

Dokładność pomiaru dobroci uzyskuje się jak w poniższym przykładzie.

D_{Ae} = dokładność pomiaru stratności

Dokładność jest zgodna z tabelą , gdy zmierzona stratność (Dx) kondensatora jest mniejsza lub równa 0,1.

Gdy spełniony jest warunek $Dx > 0,1$, należy wartość D_{Ae} pomnożyć przez współczynnik $(1+Dx)$.

Przykład:

Warunki pomiaru:

częstotliwość : 1kHz
napięcie : 1Vrms
mierzony kondensator : 100nF

zatem

$$|Z_x| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 1590 \Omega$$

Zgodnie z tabelą dokładności pomiaru stratności otrzymujemy $D_{Ae} = \pm 0,002$

Dokładność pomiaru dobroci Q:

$$Q_{Ae} = \pm \frac{Q_x^2 \cdot De}{1 \mp Q_x \cdot De}$$

gdzie:

Q_{Ae} = dokładność pomiaru dobroci

Q_x : zmierzona wartość dobroci

De : dokładność względna pomiaru stratności

Dokładność jest zgodna z tabelą , gdy spełniony jest warunek $Q_x \cdot De < 1$.

Przykład:

Warunki pomiaru:

częstotliwość : 1kHz
napięcie : 1Vrms
mierzona cewka : 1mH

zatem

$$|Z_x| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x = 2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 6.283 \Omega$$

Zgodnie z tabelami dokładności pomiaru indukcyjności (L) i stratności (D) otrzymujemy:

$L_{Ae} = \pm 0,5\%$, $De = \pm 0,005$.

jeżeli zmierzona dobroć $Q = 20$, to
$$Q_{Ae} = \pm \frac{Q_x^2 \cdot De}{1 \mp Q_x \cdot De} = \pm \frac{2}{1 \mp 0,1}$$

Dokładność pomiaru kąta stratności θ :

Dokładność pomiaru kąta stratności uzyskuje się jak w poniższym przykładzie.

Przykład:

Warunki pomiaru:

częstotliwość : 1kHz
napięcie : 1Vrms
mierzony kondensator : 100nF

zatem

$$|Z_x| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 1590 \Omega$$

Zgodnie z tabelą dokładności pomiaru kąta stratności:

$\theta_{Ae} = \pm 0,105 \text{ deg}$

- Sygnał testowy:
 - Dokładność amplitudy : $\pm 10\%$
 - Dokładność częstotliwości : $0,1\%$
- Impedancja wyjściowa : $100 \Omega \pm 5\%$
- Dane ogólne:
 - Temperatura : 0°C do 70°C (praca)
 -20°C do 70°C (przechowywanie)
 - Wilgotność względna : do 85%
 - Zasilanie : $100/220\text{V}$, $60/50\text{Hz}$
 - Wymiary : $300\text{mm} \times 220\text{mm} \times 150\text{mm}$ (D x Sz x W)
 - Waga : 4500g

Uwagi eksploatacyjne

Przy pomiarach impedancji (tryb LRC) należy brać pod uwagę poniższe czynniki.

Częstotliwość testowa. Częstotliwość sygnału testowego może być wybierana przez użytkownika z kilku dostępnych w przyrządzie. Zwykle do pomiarów kondensatorów o pojemności mniejszej od $0,01 \mu\text{F}$ stosuje się częstotliwość 1kHz lub wyższą, natomiast kondensatory o pojemności powyżej $10 \mu\text{F}$ testuje się sygnałem 120Hz . Typowo sygnał o częstotliwość 1kHz lub wyższej jest wykorzystywany przy pomiarach cewek pracujących w obwodach w.cz. (w paśmie częstotliwości radiowych), co wynika z faktu, że cewki zaprojektowane do pracy z wysokimi częstotliwościami powinny być testowane przy wyższych częstotliwościach. Zaleca się, aby cewki o indukcyjności poniżej 2mH były testowane sygnałem o częstotliwości 1kHz lub wyższej, natomiast cewki o indukcyjności powyżej 200H – sygnałem 120Hz lub niższym.

Najlepszym sposobem doboru odpowiedniej częstotliwości testowej dla danego elementu jest sprawdzenie jego danych katalogowych.

Pomiar kondensatorów. Przed przystąpieniem do pomiarów należy zawsze rozładować testowany kondensator, ponieważ ładunek elektryczny zgromadzony w kondensatorze może poważnie uszkodzić miernik.

Wpływ dużej stratności na dokładność pomiaru. Pożądaną cechą kondensatorów jest mały współczynnik stratności. W przypadku kondensatorów elektrolitycznych stratność jest relatywnie duża ze względu na ich dużą upływność wewnętrzną wynikającą z ich konstrukcji. Jeżeli współczynnik stratności (D) jest zbyt duży, dokładność pomiaru pojemności może ulec znacznemu pogorszeniu.

Najlepiej przed pomiarem sprawdzić w karcie katalogowej testowanego kondensatora pożądaną wartość stratności elementu sprawnego.

Pomiary pojemności kabli, przełączników i innych elementów. Pomiar pojemności kabla koncentrycznego pozwala na znalezienie jego długości. Większość producentów kabli podaje w charakterystyce kabla jego pojemność na kilometr, stąd mierząc pojemność całkowitą kabla można określić jego długość.

Przykładowo: W specyfikacji konkretnego kabla producent podaje jego pojemność jednostkową równą 30pF/m . Mierząc pojemność odcinka kabla uzyskano wynik równy 3000pF . Po podzieleniu tej wartości przez pojemność jednostkową kabla otrzymuje się jego długość równą około 1000m .

Nawet jeżeli nie jest znana specyfikacja fabryczna, można zmierzyć pojemność całkowitą określonego odcinka kabla i na tej podstawie wyliczyć jego pojemność jednostkową. Należy pamiętać jednak, że odcinek pomiarowy nie może być zbyt krótki, bo im krótszy odcinek kabla użyty do obliczenia pojemności jednostkowej (mniejsza pojemność całkowita) tym większy jest błąd przy obliczaniu całkowitej długości kabla na podstawie pomiaru pojemności.

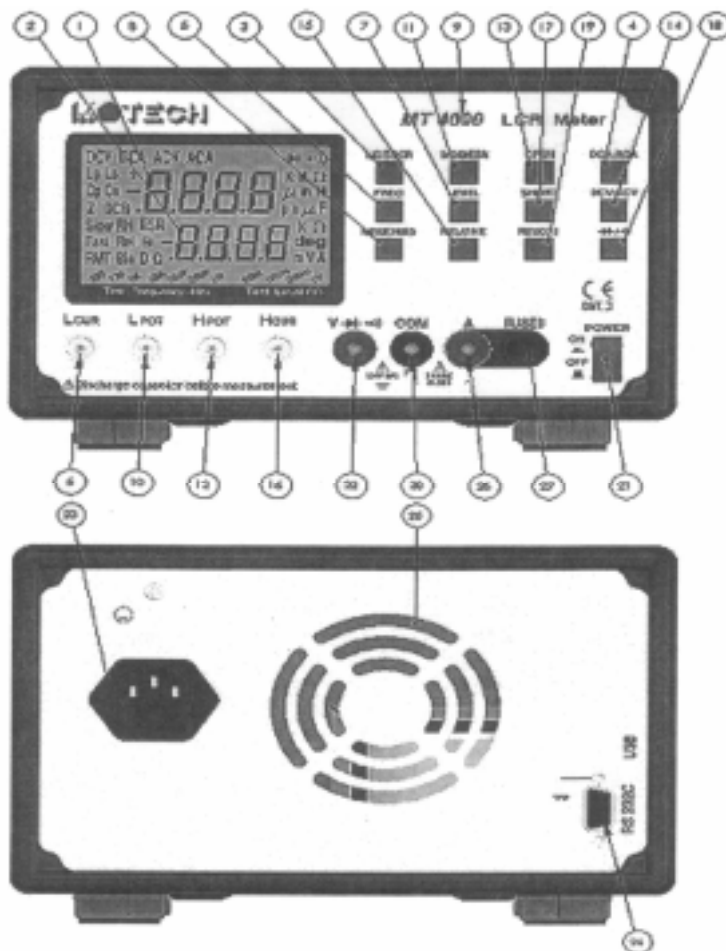
Pomiary cewek w trybie równoległym i szeregowym. W większości przypadków dokładniejszy pomiar uzyskuje się w trybie szeregowym, którego stosowanie jest niezbędne przy pomiarach dobroci cewek o niskiej dobroci. Szeregowy obwód zastępczy jest preferowany w każdym przypadku, w którym straty rezystancyjne są znaczące. Dla pewnych podzespołów bardziej odpowiedni jest tryb pomiaru z założeniem równoległego obwodu zastępczego impedancji. W cewkach z rdzeniem ferromagnetycznym pracujących przy wyższych częstotliwościach znaczące stają się straty spowodowane prądami wirowymi i zjawiskiem histerezy. W takim przypadku zalecany jest pomiar impedancji w trybie równoległym.

1.4 Wyposażenie

- Instrukcja obsługi 1 szt.
- Kabel sieciowy 1 szt.
- Przewody pomiarowe Kelvina 1 szt.
- Przewody pomiarowe multimetru 1 szt.

2. ZASADY OBSŁUGI

2.1 Widok przyrządu



- | | |
|--|--|
| 1. Podstawowe pole odczytowe | 2. Dodatkowe pole odczytowe |
| 3. Przycisk funkcji pomiarowej L/C/Z/DCR | 4. Przycisk wyboru rodzaju prądu DCA/ACA |
| 5. Przycisk wyboru częstotliwości testowej FREQ | 6. Gniazdo pomiarowe LCUR |
| 7. Przycisk wyboru napięcia testowego | 8. Przycisk doboru zakresu RANGE HOLD |
| 9. Oznaczenie modelu przyrządu | 10. Gniazdo pomiarowe LPOT |
| 11. Przycisk funkcji pomiarowej D/Q/ θ /ESR | 12. Gniazdo pomiarowe HPOT |
| 13. Przycisk kalibracji rozwarciowej OPEN | 14. Przycisk wyboru rodzaju napięcia DCV/ACV |
| 15. Przycisk funkcji pomiarów względnych RELATIVE | 16. Gniazdo pomiarowe LCUR |
| 17. Przycisk kalibracji zwarciowej SHORT | 18. Przycisk wyboru testu diod lub ciągłości |
| 19. Przycisk obsługi zdalnej REMOTE | 20. Gniazdo pomiarowe COM (masa) |
| 21. Włącznik zasilania POWER | 22. Gniazdo pomiarowe multimetru V- θ |
| 23. Gniazdo kabla sieciowego | 24. Gniazdo interfejsu RS232C |
| 25. Otwory wentylacyjne | 26. Gniazdo pomiarowe prądowe A |
| 27. Bezpiecznik topikowy 2A | |

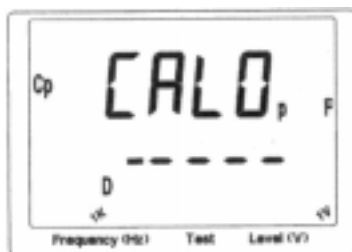
2.2 Wykonywanie pomiarów

2.2.1 Kalibracja zwarciowa i rozwarciowa

MT4090 wyposażono w funkcję kalibracji zwartego i rozwartego wejścia, która pozwala na zwiększenie dokładności pomiarów dużych i małych impedancji. Zaleca się wykonywanie obu kalibracji każdorazowo po zmianie napięcia lub częstotliwości sygnału testowego.

- Kalibracja rozwarciowa

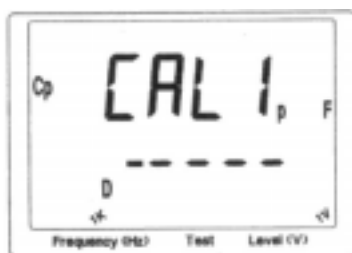
Rozewrzeć gniazda pomiarowe i nacisnąć przycisk **OPEN**. Na wyświetlaczu ukaże się odczyt:



Kalibracja ta zajmuje około 15 sekund. Po zakończeniu procedury miernik MT4090 dźwiękiem (beeper) sygnalizuje wykonanie kalibracji.

- Kalibracja zwarciowa

Aby wykonać kalibrację zwarciową, należy odpowiednim zwieraczem zewrzeć gniazda pomiarowe przyrządu. Następnie nacisnąć przycisk **SHORT**, co spowoduje ukazanie się na wyświetlaczu poniższego odczytu:



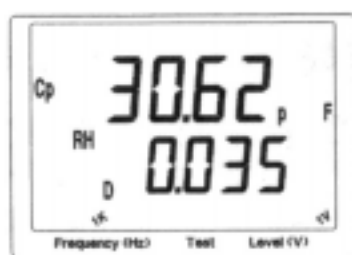
Kalibracja zajmuje około 15 sekund. Po zakończeniu procedury miernik MT4090 dźwiękiem (beeper) sygnalizuje wykonanie kalibracji.

2.2.2 Tryb pomiarów względnych

Tryb pomiarów względnych pozwala użytkownikowi na łatwe sortowanie podzespołów dostarczonych w większej partii. W pierwszej kolejności należy na wejście miernika podpiąć element wzorcowy, aby uzyskać wartość odniesienia (stabilny odczyt uzyskuje się po około 5 sekundach). Po naciśnięciu przycisku **RELATIVE**, zmierzona wartość wzorcowa zostaje zapisana do pamięci przyrządu a na wyświetlaczu odczyt przyjmuje wartość zero. Podpinając teraz kolejno testowane podzespoły uzyskuje się odczyty będące różnicą wartości zmierzonej i wzorcowej.

2.2.3 Ręczny dobór zakresu

Funkcja *Range Hold* umożliwi ręczne ustawienie zakresu pomiarowego przyrządu. Aby ręcznie ustawić zakres pomiarowy, należy w pierwszej kolejności na wejście przyrządu wpiąć impedancję wzorcową, której wartość będzie mieściła się w żądanym zakresie i odczekać około 5 sekund na ustabilizowanie się odczytu. Po naciśnięciu teraz przycisku **RANGE HOLD** miernik ustawi zakres równy 0,5 do 2 razy zakresu bieżącego. Po naciśnięciu przycisku **RANGE HOLD** odczyt na wyświetlaczu będzie jak niżej:



2.2.4 Pomiar rezystancji stałoprądowej

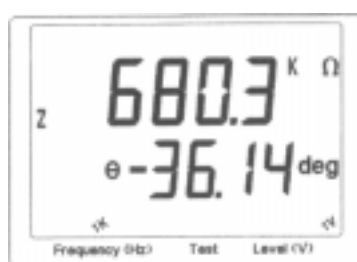
Aby uruchomić funkcję pomiaru rezystancji stałoprądowej, należy przyciskiem **L/C/Z/DCR** ustawić opcję DCR. Poniżej przykładowy odczyt wyświetlacza podczas pomiaru rezystancji stałoprądowej.



Przyrząd mierzy rezystancję napięciem testowym 1V DC.

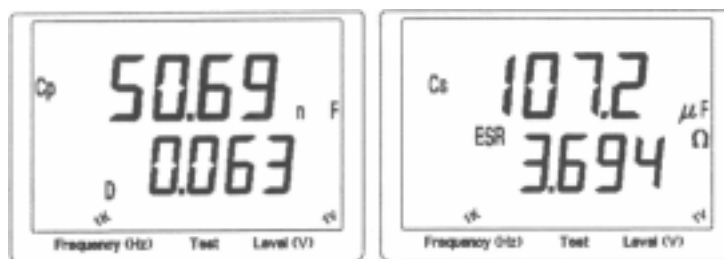
2.2.5 Pomiar impedancji

Funkcja służy do pomiaru impedancji Z dowolnego elementu biernego. Aby uruchomić funkcję pomiaru impedancji, należy przyciskiem **L/C/Z/DCR** ustawić opcję Z. Poniżej przykładowy odczyt wyświetlacza podczas pomiaru impedancji.



2.2.6 Pomiar pojemności

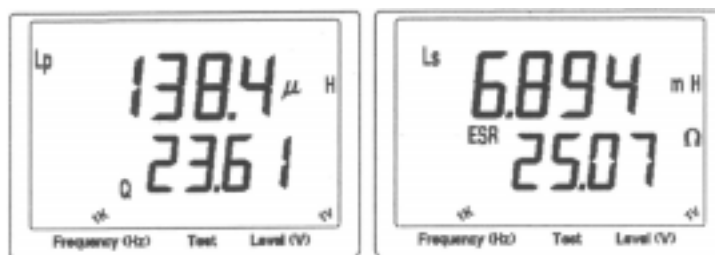
Przy pomiarze pojemności użytkownik może przyciskiem **L/C/Z/DCR** ustawić tryb szeregowy (Cs) lub równoległy (Cp) pomiaru. Po ustawieniu trybu szeregowego (Cs) na dodatkowym polu odczytowym wyświetlana jest wartość dobroci (Q), stratności (D) lub rezystancji zastępczej (ESR). W trybie równoległym (Cp) na dodatkowym polu odczytowym wyświetlana jest tylko wartość dobroci lub stratności. Poniżej przykładowe odczyty wyświetlacza podczas pomiaru pojemności.



Poziom i częstotliwość sygnału testowego mogą być ustawiane przyciskami odpowiednio **LEVEL** i **FREQ**.

2.2.7 Pomiar indukcyjności

Przy pomiarze indukcyjności przyciskiem **L/C/Z/DCR** ustawia się szeregowy (Ls) lub równoległy (Lp) tryb pomiaru. Jeżeli ustawiony jest tryb szeregowy (Ls) na dodatkowym polu odczytowym wyświetlana jest wartość dobroci (Q), stratności (D) lub rezystancji zastępczej (ESR). W trybie równoległym (Lp) na dodatkowym polu odczytowym wyświetlana jest tylko wartość dobroci lub stratności. Poniżej przykładowe odczyty wyświetlacza podczas pomiaru indukcyjności.



Poziom i częstotliwość sygnału testowego mogą być ustawiane przyciskami odpowiednio **LEVEL** i **FREQ**.

3. TRYBY PRACY

Możliwe są 4 tryby pracy miernika MT4090: **Normal**, **Binning**, **Remote** i **Remote Binning**. Wyboru trybu pracy dokonuje się przyciskiem **REMOTE**.

- **Normal**

Tryb normalny jest domyślnym trybem pracy przyrządu po włączeniu zasilania. W trybie tym funkcje miernika kontrolowane są przyciskami płyty czołowej a wyniki wyświetlane na wyświetlaczu i przesyłane poprzez port szeregowy RS-232 do współpracującego komputera klasy PC.

- **Binning**

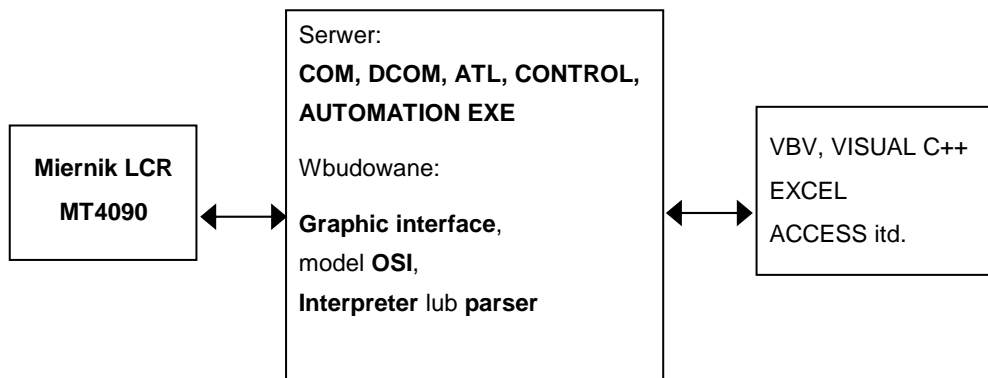
Tryb binning (dyskretyzacji) jest przeznaczony do wykorzystania przyszłościowego (np. z interfejsem GPIB). Aktualnie miernik jest skonfigurowany tak jak w trybie Normal tzn. sterowany jest z płyty czołowej a wyniki przesyłane są zarówno na wyświetlacz, jak i do współpracującego po szynie RS-232 komputera zdalnego.

- **Remote Binning**

W zdalnym trybie dyskretyzacji (*Remote Binning Mode*) - na wyświetlaczu ukazuje się wskaźnik „RMT Bin” - miernik jest sterowany jedynie przez komputer PC lub terminal wyposażony w złącze RS-232 a wyniki pomiarów przesyłane są zarówno na wyświetlacz, jak i do współpracującej stacji roboczej.

W trybie tym wszystkie przyciski funkcyjne płyty czołowej, z wyjątkiem przycisku **REMOTE**, są zablokowane.

Tryb **Remote Binning** jest otwarty dla użytkowników, którzy mogą tworzyć swoje, szybkie i efektywne programy aplikacyjne. Użytkownik może zaprojektować serwer lub driver (dowolny program pełniący funkcję serwera) z wbudowanym interfejsem graficznym, modelem sieciowym **OSI** i wydajnym interpreterem do wspomaganego wyświetlania, połączeń sieciowych i interpretacji komend strukturalnych (**SCPI**, **IEEE488** itp.), który będzie mostkiem między miernikiem MT4090 i aplikacjami wyższego rzędu jak **VB**, **VISUAL C++**, **EXCEL**, **ACCESS** itd., co pokazano na poniższym schemacie.



Protokół komunikacyjny między przyrządem MT4090 i zdalnym komputerem PC wyposażonym w złącze szeregowo RS-232 opisano niżej.

1. Komendy wysyłane z komputera PC do MT4090 służą do ustawiania trybu pracy miernika.

Składnia komendy:

MOD kod bieżącego stanu

Komenda zawsze zaczyna się ciągiem znaków **MOD** a po spacji przesyłany jest kodu stanu w postaci ciągu binarnego. **Kod stanu** jest definiowany zgodnie z poniższą tabelą i składa się z 3 bajtów (24 bity) – ciąg od bitu 23 do bitu 0, gdzie bit 23. jest bitem najbardziej znaczącym (MSB – *Most Significant Digit*), a bit 0. – najmniej znaczącym (LSB – *Least Significant Digit*).

Numer bitu	LCR	DC/AC V/A
bit 2 – bit 0	(częstotliwość testowa)	rezerwa
000	100Hz	
001	120Hz	
010	1kHz	
011	10kHz	
100	100kHz	
101	200kHz	
110	rezerwa	
111	rezerwa	
bit 4 – bit 3	(napięcie testowe)	rezerwa
00	50mVrms	
01	250mVrms	
10	1Vrms	
11	rezerwa	

Numer bitu	LCR	DC/AC V/A
bit 5	rezerwa	rezerwa
0	wartość domyślna	wartość domyślna
1	rezerwa	rezerwa
bit 6		
0	pomiar względny (RELATIVE)	pomiar względny (RELATIVE)
1	pomiar bezwzględny (NORMAL)	pomiar bezwzględny (NORMAL)
bit 7		
0	kalibracja włączona	kalibracja włączona
1	kalibracja wyłączona	kalibracja wyłączona
bit 10 – bit 8		rezerwa
000	Lp	
001	Ls	
010	Cp	
011	Cs	
100	Z	
101	DCR	
110	rezerwa	
111	rezerwa	
bit 12 – bit 11		rezerwa
00	D	
01	Q	
10	DEG	
11	ESR	
bit 16 – bit 13		
0000	RH nH	
0001	RH μ H	
0010	RH mH	
0011	RH H	
0100	RH pF	
0101	RH nF	
0110	RH μ F	
0111	RH mF	
1000	RH F	
1001	RH Ω	
1010	RH k Ω	
1011	RH M Ω	
1100	rezerwa	
1101		
1110		
1111	automatyczny dobór zakresu	automatyczny dobór zakresu
bit 17		
0	kalibracja zwarciova	kalibracja zwarciova
1	kalibracja rozwarciowa	kalibracja rozwarciowa
bit 21 – bit 18	Funkcje pomiarowe	
0000	rezerwa	
0001	LCR (impedancja)	
0010	DCV (napięcie stałe)	
0011	ACV (napięcie przemienne)	
0100	Test diod	
0101	Test ciągłości	
0110	DCA (prąd stały)	
0111	ACA (prąd przemienny)	
pozostałe	rezerwa	
bit 23 – bit 22	rezerwa	
00		
01		
10		
11		

Przykładowo:

Komenda ustawienia pomiaru względnego (REL) pojemności Cp (LCR) i stratności D w trybie automatycznego doboru zakresu, z wyłączoną kalibracją i z sygnałem testowym 1kHz o poziomie 1Vrms będzie miała postać:

MOD 000001111110001011010010

2. Wyniki pomiarów wysyłane z przyrządu do zdalnego komputera będą pakowane w ciągu 7- i 11-bajtowe.

Gdy wysyłany będzie wynik pomiaru podwójnego (np. Cp i D), dane spakowane będą w ciąg 11-bajtowy w formacie:

kod wejściowy1 : 02
kod wejściowy2 : 09
dane : 8 bajtów; dwie 32-bitowe liczby zmiennoprzecinkowe; pierwsze 4 bajty odczyt główny (Cp),
kolejne 4 bajty odczyt dodatkowy (D)
suma kontrolna : -((02+09+dane) && 0x00FF)

02	09	M-B0	M-B1	M-B2	M-B3	S-B0	S-B1	S-B2	S-B3	CS
----	----	------	------	------	------	------	------	------	------	----

gdzie M-Bx i S-Bx są 4 bajtami w formacie zmiennoprzecinkowym odpowiednio głównego (*Main Display*) i dodatkowego (*Secondary Display*) pola odczytowego, które wysyłane są od najmniej znaczącej cyfry.

Gdy wysyłana będzie tylko zawartość wyświetlacza głównego (np. wynik pomiaru rezystancji DCR), dane spakowane będą w ciąg 7-bajtowy w poniższym formacie:

kod wejściowy1 : 02
kod wejściowy2 : 03
dane : 4 bajty; 32-bitowa liczba zmiennoprzecinkowa głównego pola odczytowego
suma kontrolna : -((02+03+dane) && 0x00FF)

02	03	M-B0	M-B1	M-B2	M-B3	CS
----	----	------	------	------	------	----

Gdy wysyłana będzie tylko zawartość wyświetlacza dodatkowego (np. wynik pomiaru napięcia stałego DCV) dane spakowane będą w ciąg 11-bajtowy w poniższym formacie:

kod wejściowy1 : 02
kod wejściowy2 : 09
dane : 8 bajtów; dwie 32-bitowe liczby zmiennoprzecinkowe dodatkowego pola odczytowego
suma kontrolna : -((02+09+dane) && 0x00FF)

02	09	S-B0	S-B1	S-B2	S-B3	S-B0	S-B1	S-B2	S-B3	CS
----	----	------	------	------	------	------	------	------	------	----

• Remote

Po włączeniu trybu zdalnego *Remote* na wyświetlaczu ukazuje się wskaźnik „RMT” - miernik jest ustawiony do komunikacji ze zdalnym komputerem PC lub terminalem wyposażonym w interfejs szeregowy RS-232, przy następujących ustawieniach parametrów transmisji:

Rodzaj transmisji : półduplex
Szybkość transmisji : 9600 bodów
Bit parzystości : brak
Bity danych : 8
Bit stopu : 1
Protokół handshake : brak

W trybie tym wyświetlacz LCD oraz wszystkie przyciski płyty czołowej, z wyjątkiem przycisku **REMOTE**, są zablokowane. Pracą miernika MT4090 poprzez interfejs RS-232 steruje zewnętrzny program.

3.1 Składnia komend trybu zdalnego

Składnia komend modelu 4090 ma poniższą formę:

KOMENDA(?) (PARAMETR)

Komenda i parametr muszą spełniać następujące warunki:

1. Między komendą a parametrem musi być przynajmniej jedna spacja.
2. Parametr może być jedynie ciągiem ASCII a nie kodem liczbowym.
3. Wartość parametru może być liczbą całkowitą, zmiennoprzecinkową lub wykładniczą:

50mV
0.05V
5.0e1mV

4. Znak zapytania (?) na końcu komendy oznacza zapytanie lub komendę pomiarową. Na przykład:

„CpD” ustawia tryb pomiaru pojemności Cp i stratności D.

„CpD?” ustawia funkcję pomiaru pojemności Cp i stratności D oraz wykonuje pomiar z wysłaniem wyniku.

-
5. Zarówno komenda jak i parametr mogą być pisane dużymi i małymi literami, wyjątek stanowią oznaczenia jednostek wartości parametru, gdzie należy zachować rozróżnienie między przedrostkiem mili (**m**) i mega (**M**).

Przykładowo:

1mV równe jest 0.001V

1MV równe jest 1000000V

6. Łańcuch znaków komendy musi być zakończony znakiem końca, którym jest:

ASCII CR (0DH) lub

ASCII LF (0AH)

3.2 Komendy trybu zdalnego

Przyrząd MT4090 rozpoznaje poniższe komendy ustawiające i zapytania. Po wysłaniu komendy ustawiającej tryb pomiarowy miernik zwraca ciąg „OK” po zakończeniu procedury ustawiania. Po wprowadzeniu zapytania miernik zwraca wynik pomiaru.

- **DCR(?)** Ustawianie pomiaru rezystancji stałoprądowej lub zapytanie o wynik pomiaru DCR.
- **CpRp(?)** Ustawianie pomiaru pojemności i rezystancji w trybie równoległym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **CpQ(?)** Ustawianie pomiaru pojemności i dobroci w trybie równoległym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **CpD(?)** Ustawianie pomiaru pojemności i stratności w trybie równoległym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **CsRs(?)** Ustawianie pomiaru pojemności i rezystancji w trybie szeregowym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **CsQ(?)** Ustawianie pomiaru pojemności i dobroci w trybie szeregowym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **CsD(?)** Ustawianie pomiaru pojemności i stratności w trybie szeregowym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **LpRp(?)** Ustawianie pomiaru indukcyjności i rezystancji w trybie równoległym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **LpQ(?)** Ustawianie pomiaru indukcyjności i dobroci w trybie równoległym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **LpD(?)** Ustawianie pomiaru indukcyjności i stratności w trybie równoległym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **LsRs(?)** Ustawianie pomiaru indukcyjności i rezystancji w trybie szeregowym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **LsQ(?)** Ustawianie pomiaru indukcyjności i dobroci w trybie szeregowym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **LsD(?)** Ustawianie pomiaru indukcyjności i stratności w trybie szeregowym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **RsXs(?)** Ustawianie pomiaru reaktancji i rezystancji w trybie szeregowym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **RpXp(?)** Ustawianie pomiaru reaktancji i rezystancji w trybie równoległym lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **ZTD(?)** Ustawianie pomiaru modułu i kąta fazowego (w stopniach) impedancji lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **ZTR(?)** Ustawianie pomiaru modułu i kąta fazowego (w radianach) impedancji lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **DCV(?)** Ustawianie pomiaru napięcia stałego lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **ACV(?)** Ustawianie pomiaru napięcia przemiennego lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **DCA(?)** Ustawianie pomiaru prądu stałego lub zapytanie o wynik pomiaru.
- **ACA(?)** Ustawianie pomiaru prądu przemiennego lub zapytanie o wynik pomiaru.

Przykłady:

CPD (ustawianie funkcji pomiaru pojemności w równoległym układzie zastępczym Cp oraz stratności D)

OK

CPD?

0.22724 0.12840 (wartości zwrócone)

DCR?

5.1029 (wartość zwrócona)

***IDN?**

Zapytanie o dane identyfikacyjne miernika MT4090. Komenda jest wykorzystywana do uzyskania podstawowych danych przyrządu. W odpowiedzi przyrząd zwraca cztery wartości zawierającą 4 pola danych rozdzielone przecinkami (.). Całkowita długość ciągu danych nie może być większa niż 100 znaków. Te cztery pola to:

1. Nazwa producenta
2. Oznaczenie (numer) modelu
3. Numer seryjny
4. Wersja oprogramowania firmowego

Przykład:

*IDN?

MOTECH INDUSTRIES,MODEL4090,123456789,4.096

***RST**

Komenda resetująca stan miernika MT4090 do ustawień domyślnych (jak po włączeniu zasilania).

Domyślnymi są ustawienia: 1KHz 1Vrms CpD μ F

Po resecie do ustawień domyślnych miernik zwraca łańcuch danych identyfikacyjnych.

ASC

Komenda ustawiająca format zwracanych danych. Ustawia łańcuch danych ASCII lub danych numerycznych.

Wartości parametru:

ON – łańcuch danych ASCII

OFF – dane liczbowe

Przykłady:

ASC ON

OK

FREQ?

1KHz (wartość zwrócona)

ASC OFF

OK

FREQ?

2 (wartość zwrócona)

CORR OPEN

Komenda uruchamiająca procedurę kalibracji rozwarciowej miernika. Po wykonaniu kalibracji przyrząd MT4090 zwraca ciąg „OK”.

CORR SHORT

Komenda uruchamiająca procedurę kalibracji zwarciowej miernika. Po wykonaniu kalibracji przyrząd MT4090 zwraca ciąg „OK”.

FREQ(?) PARAMETR

Ustawianie (zapytanie) częstotliwości pomiarowej.

- **FREQ PARAMETR**

Komenda ustawiania częstotliwości testowej zgodnie z podanym parametrem. Po odebraniu komendy i zakończeniu procedury ustawiania częstotliwości przyrząd zwraca ciąg „OK”.

PARAMETR:

format ASCII	format numeryczny
100Hz	0
120Hz	1
1KHz	2
10KHz	3
100KHz	4
200KHz	5

Przykład:

FREQ 100KHz

OK

- **FREQ?**

Komenda zwraca aktualnie ustawioną wartość częstotliwości testowej.

Przykłady:

ASC ON

OK

FREQ?

1KHz (wartość zwrócona)

ASC OFF

OK

FREQ?

2 (wartość zwrócona)

LEV(?) PARAMETR

Ustawianie (zapytanie) poziomu sygnału testowego.

- **LEV PARAMETR**

Komenda ustawiania poziomu sygnału testowego z podanym parametrem. Po odebraniu komendy i zakończeniu procedury ustawiania napięcia przyrząd zwraca ciąg „OK”.

PARAMETR:	format ASCII	format numeryczny
	1VDC	0
	1Vrms	1
	250mVrms	2
	50mVrms	3

Przykład:

LEV 1V

OK

• **LEV?**

Komenda zwraca aktualnie ustawioną wartość napięcia sygnału testowego.

Przykłady:

ASC ON

OK

LEV?

1Vrms (wartość zwrócona)

ASC OFF

OK

LEV?

1 (wartość zwrócona)

MODE?

Zapytanie o ustawiony tryb pomiarowy. Jeżeli ustawiona jest funkcja pomiaru impedancji LCR zwracany jest ciąg złożony z pięciu pól:

1. Częstotliwość testowa
2. Poziom sygnału testowego
3. Funkcja pomiarowa
4. Jednostka głównego pola odczytowego wyświetlacza
5. Jednostka dodatkowego pola odczytowego wyświetlacza

Obecność 5. pola zależy od ustawionej funkcji pomiarowej. Na przykład dla funkcji DCR ostatnie pole nie istnieje. pola separowane są spacjami (ASCII 20H).

Przykłady:

ASC ON

OK

CPD

OK

MODE?

1 Hz 1Vrms CpD uF (wartość zwrócona)

ASC ON

OK

CPRP

OK

MODE?

1 Hz 1Vrms CpRp uF Ohm (wartość zwrócona)

Przy ustawionej funkcji pomiaru napięcia zwracany jest ciąg dwóch pól:

1. Funkcja pomiarowa
2. Jednostka głównego pola odczytowego wyświetlacza

Przykłady:

ASC ON

OK

DCV

OK

MODE?

DCV V (wartość zwrócona)

RANG mV

OK

MODE?

DCV mV (wartość zwrócona)

RANG(?) PARAMETR

Ustawianie (zapytanie) jednostek pomiaru.

- **RANG PARAMETR**

Komenda ustawiania jednostki pomiaru zgodnie z podanym parametrem. Po ustawieniu jednostki pomiarowej przyrząd zwraca ciąg „OK”.

PARAMETR:	format ASCII	format numeryczny
	pF	0
	nF	1
	μF	2
	mF	3
	F	4
	nH	8
	μH	9
	mH	10
	H	11
	KH	12
	mOhm	17
	Ohm	18
	KOhm	19
	MOhm	20
	mV	21
	V	22
	mA	23
	A	24

Przykład:

```
RANG pF
OK
```

- **RANG?**

Komenda zwraca aktualnie ustawioną jednostkę pomiaru.

Przykłady:

```
ASC ON
OK
RANG?
pF (wartość zwrócona)
ASC OFF
OK
RANG?
0 (wartość zwrócona)
```

READ?

Zapytanie o wynik pomiaru. Komenda powoduje wykonanie pomiaru zgodnie z ustawionym trybem pracy miernika i zwraca wynik.

Przykłady:

```
CPD
OK
READ?
0.22724 0.12840 (wartość zwrócona)
DCR
OK
READ?
5.1029 (wartość zwrócona)
```

Funkcje „DCR”, „DCV” i „ACV” zwracają tylko jedną wartość. Pozostałe funkcje zwracają dwie wartości rozdzielone spacją (ASCII 20H).

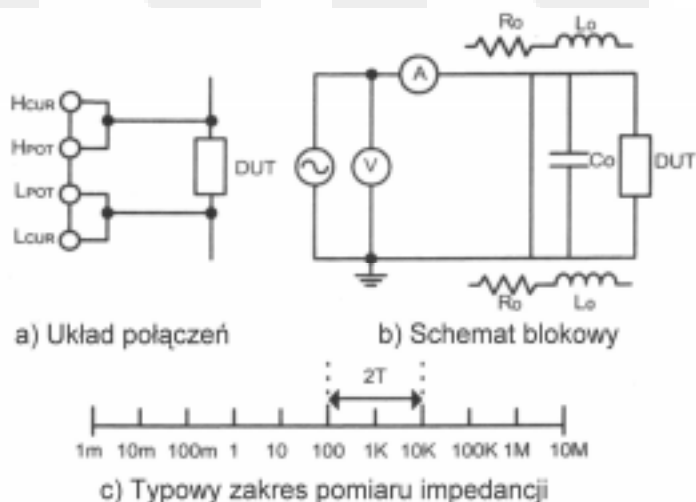
4. ZASTOSOWANIA

4.1 Podłączenia przewodów pomiarowych

Mostek z automatycznym równoważeniem ma 4 pomiarowe gniazda wejściowe (H_{CUR} , H_{POT} , L_{CUR} i L_{POT}) do podłączenia badanego urządzenia (**DUT** – *device under test*). Jest niezwykle ważne, aby zrozumieć jak sposób podłączenia przewodów pomiarowych do testowanego elementu wpływa na dokładność pomiarów.

• Układ 2-przewodowy (2T)

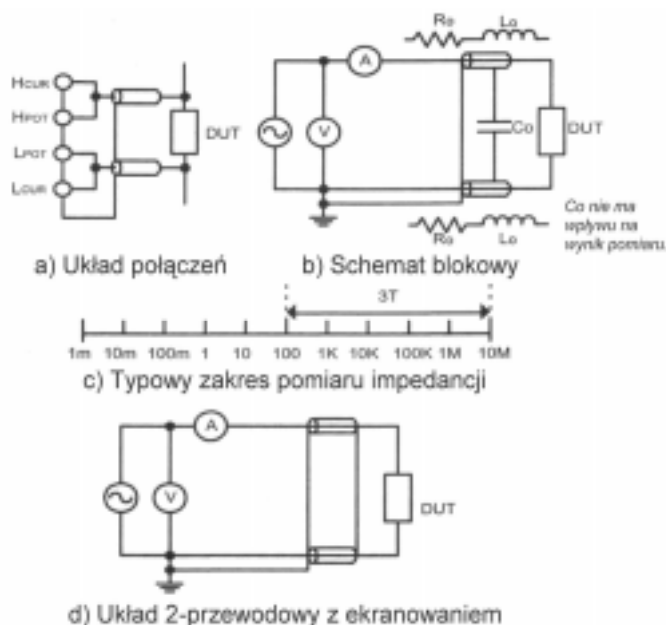
Najprostszy układ pomiarowy, który jednak wprowadza znaczne błędy ze względu na rezystancję i indukcyjność oraz pojemność pasozytniczą przewodów pomiarowych (Rys. 4.1). Z powodu tych błędów efektywny pomiar rezystancji jest ograniczony do zakresu 100Ω do $10k\Omega$.



Rys. 4.1

• Układ 3-przewodowy (3T)

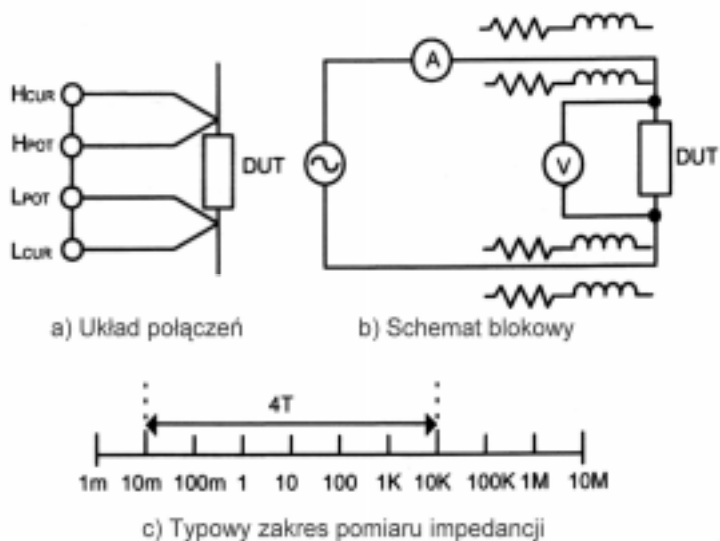
W układzie 3T wykorzystuje się kable koncentryczne, aby zredukować wpływ pojemności pasozytniczej przewodów pomiarowych (Rys. 4.2). Ekran kabla koncentrycznego powinien być podłączony do uziemienia miernika aby poszerzyć pasmo pomiarowe do $10M\Omega$.



Rys. 4.2

- **Układ 4-przewodowy (4T)**

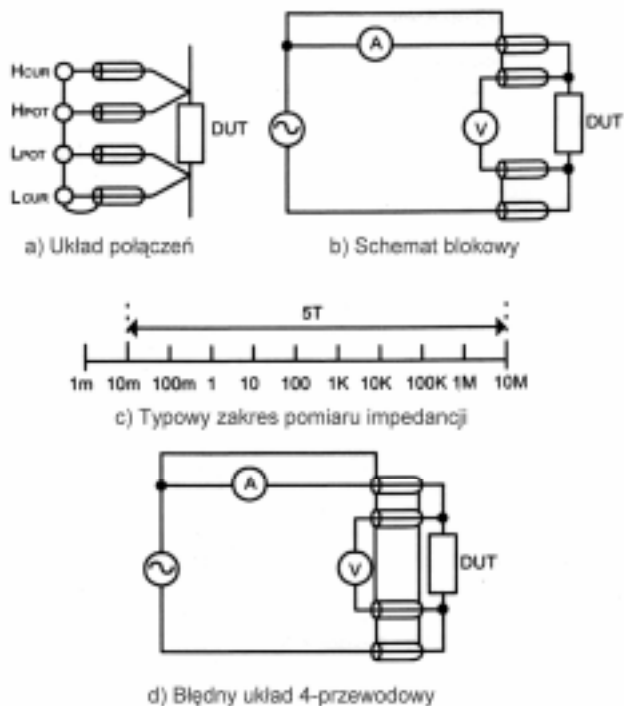
Układ 4T redukuje wpływ rezystancji przewodów testowych na wynik pomiaru (Rys. 4.3). Układ taki pozwala na obniżenie granicy zakresu pomiarowego do $10\text{m}\Omega$, ale wpływu rezystancji przewodów nie da się całkowicie wyeliminować.



Rys. 4.3

- **Układ 5-przewodowy (5T)**

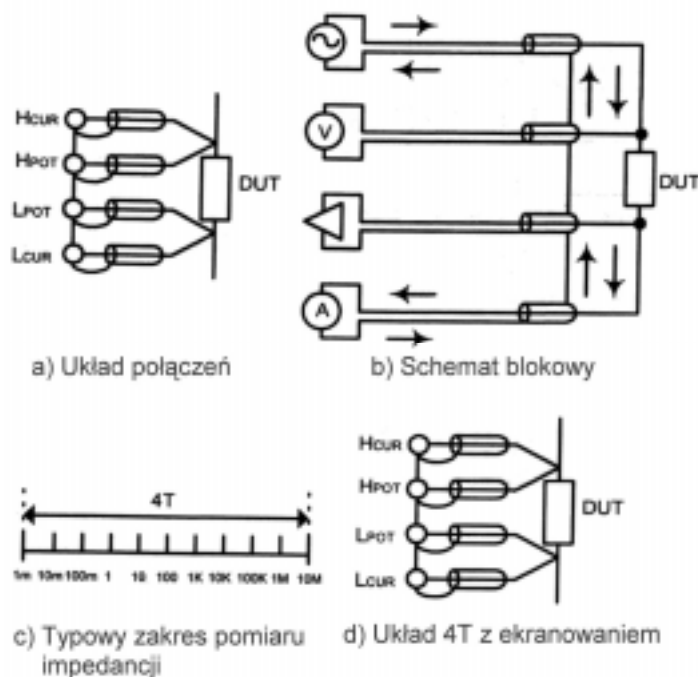
Układ 5T jest kombinacją układu 3- i 4-przewodowego (Rys. 4.4). Układ wykorzystuje 4 koncentryczne przewody pomiarowe. Dzięki połączeniu zalet układu 3- i 4-przewodowego zakres pomiarowy ulega znacznemu rozszerzeniu i wynosi efektywnie od $10\text{m}\Omega$ do $10\text{M}\Omega$.



Rys. 4.4

- **Układ 4-drożny (4TP)**

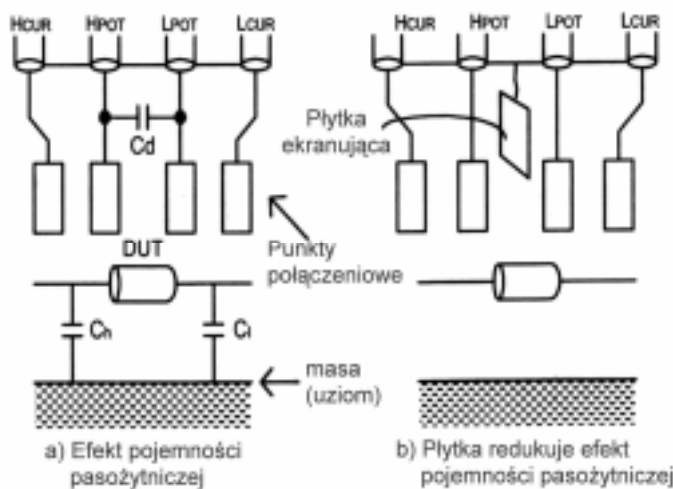
Układ 4TP rozwiązuje problem wpływu indukcyjności doprowadzeń na wynik pomiaru. W układzie 4TP wykorzystywane są 4 kable koncentryczne w celu oddzielenia drogi prądowej od przewodów napięciowych (Rys. 4.5). Prąd odpowiedzi (powrotny) płynie zarówno przewodem środkowym, jak i ekranem. Z tego powodu strumień magnetyczny wytwarzany przez przewód środkowy równoważy (znosi) strumień pochodzący od prądu płynącego w przewodzie zewnętrznym (ekranie). Układ 4-drożny rozszerza zakres pomiaru impedancji, który wynosi od $1\text{m}\Omega$ do $10\text{M}\Omega$.



Rys. 4.5

• **Eliminacja wpływu pojemności pasożytniczej**

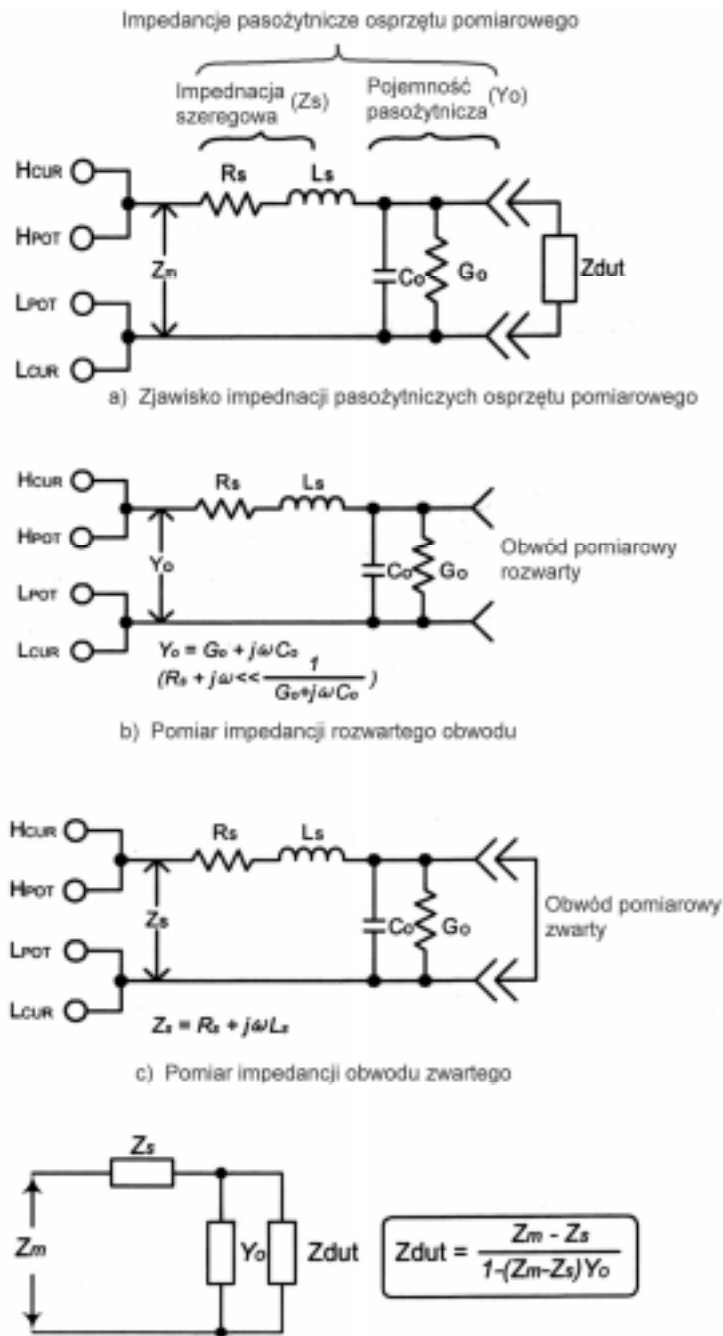
Podczas pomiaru podzespołów o dużej impedancji (np. kondensator o małej pojemności) pojemności pasożytnicze (Rys. 4.6) zaczynają mieć istotne znaczenie. Na rysunku 4.6a) pojemność pasożytnicza C_d jest równoległa do mierzonego elementu, podobnie jak pojemności C_i i C_h . Aby wyeliminować ten efekt, należy między wejściami H i L umieścić płytkę ekranującą (Rys. 4.6b)). Po podłączeniu płytki ekranującej do masy miernika pojemności C_i i C_h znikają.



Rys. 4.6

4.2 Kompensacja zwarciowa i rozwarciowa

W przypadku omawianych tutaj precyzyjnych mierników impedancji niezbędne jest wykonywanie procedur kompensacji zwarciowej i rozwarciowej, które redukują wpływ pasożytniczych impedancji osprzętu pomiarowego. Impedancje pasożytnicze osprzętu (kable, zaciski itp.) mogą być traktowane jak proste elementy pasywne (Rys. 4.7a). Przy rozwartych przewodach pomiarowych na wejściu przyrządu widoczna jest konduktancja $Y_o = G_p + j\omega C_p$ (Rys. 4.7b)). Po zwarceniu toru pomiarowego na wejściu miernika pojawia się impedancja $Z_s = R_s + j\omega L_s$ (Rys. 4.7c)). Po wykonaniu obu kalibracji MT4090 zapamiętuje wartości Y_p i Z_s , które są później wykorzystywane do obliczenia rzeczywistej impedancji Z_{DUT} testowanego elementu (Rys. 4.7d)).



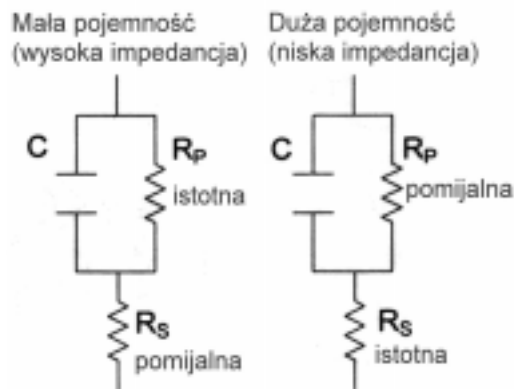
Rys. 4.7

4.3 Wybór szeregowego lub równoległego trybu pomiarowego

Ze względu na różne, specyficzne wymagania do opisu wyniku pomiaru impedancji stosuje się równoległy lub szeregowy obwód zastępczy. To, który tryb pomiarowy zostanie wybrany zależy od wartości (małej lub dużej) impedancji o danym charakterze.

- **Kondensator**

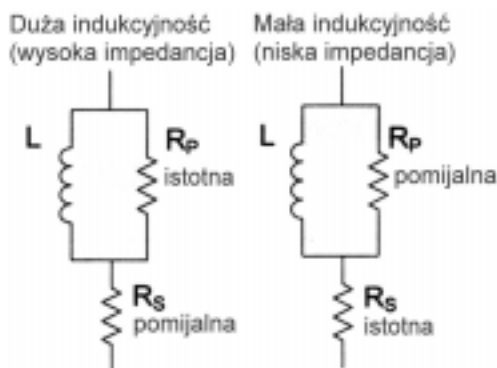
Impedancja i pojemność kondensatora są odwrotnie proporcjonalne. Zatem większej wartości pojemności odpowiada mniejsza impedancja, natomiast w miarę zmniejszania się pojemności rośnie impedancja kondensatora. Rysunek 4.8 przedstawia obwód zastępczy kondensatora. Jeżeli pojemność jest mała, rezystancja Rp jest bardziej znacząca niż Rs. Jeżeli pojemność kondensatora jest bardzo duża, to rezystancja szeregową Rs nie może być pominięta. W efekcie prawidłowe jest używanie trybu równoległego przy pomiarach małych pojemności i szeregowego przy pomiarach pojemności dużych.



Rys. 4.8

• **Cewka indukcyjna**

Impedancja i indukcyjność cewki są wprost proporcjonalne przy stałej częstotliwości testowej. Zatem większej wartości indukcyjności odpowiada większa impedancja i vice versa. Rysunek 4.9 przedstawia obwód zastępczy cewki indukcyjnej. Jeżeli indukcyjność jest mała, rezystancja R_s jest bardziej znacząca niż R_p . Jeżeli indukcyjność cewki jest bardzo duża, to rezystancja równoległa R_p powinna być brana pod uwagę. W efekcie prawidłowe jest używanie trybu szeregowego przy pomiarach małych indukcyjności i równoległego przy pomiarach pojemności dużych.



Rys. 4.9

5. WARUNKI GWARANCJI

Firma MOTECH INDUSTRIES INCORPORATION udziela pierwszemu nabywcy gwarancji przez okres 1 roku od daty zakupu, że zakupiony przyrząd i jego podzespoły są wolne od wad materiałowych i produkcyjnych.

W okresie gwarancji MOTECH bezpłatnie wymieni lub naprawi (w zależności od swojego uznania) wadliwy produkt lub jego część. Wraz z uszkodzonym urządzeniem należy dostarczyć potwierdzenie daty zakupu np. paragon lub rachunek.

Wyjątki: Gwarancją nie są objęte uszkodzenia, które powstały w wyniku niewłaściwej obsługi przyrządu, wykorzystywania go niezgodnie z przeznaczeniem, nieprawidłowego utrzymania i konserwacji oraz w efekcie nieautoryzowanych napraw i modyfikacji jego obwodów wewnętrznych. Dotyczy to także urządzeń ze zmienionym, usuniętym lub niemożliwym do odczytania numerem seryjnym.

MOTECH INDUSTRIES INCORPORATION EXTECH nie ponosi odpowiedzialności za żadne straty poniesione przez nabywcę z powodu braku możliwości korzystania z miernika, ani za uszkodzenia pośrednie lub bezpośrednie innego sprzętu, powstałe w następstwie użytkowania niesprawnego przyrządu.

Szczegółowe postanowienia gwarancji mogą się różnić w zależności od miejsca nabycia sprzętu, gdyż musi być ona zgodna ze stanem prawnym w danym kraju.

6. ZASADY BEZPIECZEŃSTWA

NORMY BEZPIECZEŃSTWA

Miernik LCR MT 4090 został zaprojektowany i przetestowany zgodnie z normami IEC479-1 i IEC721-3-3 określającymi wymagania bezpieczeństwa dla elektronicznych przyrządów pomiarowych i spełnia wymogi dla urządzeń klasy 1A, 1B i 2.

OSTRZEŻENIA I ZALECENIA

Podczas pomiarów, napraw i konserwacji przyrządu należy bezwzględnie przestrzegać podanych niżej zasad bezpieczeństwa. Nieprzestrzeganie podstawowych zasad lub szczegółowych zaleceń i umieszczonych w instrukcji obsługi lub na sprzęcie ostrzeżeń grozi uszkodzeniem miernika lub znaczącym pogorszeniem poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez konstrukcję przyrządu odpowiednio do jego przeznaczenia. Producent nie ponosi żadnej odpowiedzialności za skutki nieprzestrzegania zasad bezpieczeństwa.

PRZED WŁĄCZENIEM PRZYRZĄDU DO SIECI

Przed podłączeniem kabla sieciowego bezwzględnie sprawdzić czy zakupiony przyrząd jest przystosowany do zasilania napięciem sieciowym występującym na stanowisku pracy.

SYMBOLE BEZPIECZEŃSTWA



UWAGA! Wysokie napięcie! Ryzyko porażenia prądem elektrycznym



Symbol uziemienia



Przyrząd chroniony podwójną lub wzmocnioną izolacją



UWAGA! Stosować się do postanowień instrukcji obsługi !

MODYFIKACJE I WYMIANA PODZESPOŁÓW

Ze względu na ryzyko obniżenia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez przyrząd nie wolno zastępować jego oryginalnych podzespołów elementami innymi niż podano w specyfikacji ani dokonywać żadnych modyfikacji jego konstrukcji i obwodów wewnętrznych. Wszelkie naprawy i regulacje przyrządu powinny być wykonywane w Autoryzowanym serwisie.

PRZYRZĄD, KTÓRY JEST LUB MOŻE BYĆ USZKODZONY, NIE POWINIEN BYĆ UŻYWANY DO CZASU NAPRAWY W AUTORYZOWANYM SERWISIE !

W CELU UZYSKANIA INFORMACJI NA TEMAT PUNKTÓW SERWISOWYCH NALEŻY SKONTAKTOWAĆ SIĘ Z DOSTAWCĄ SPRZĘTU.