

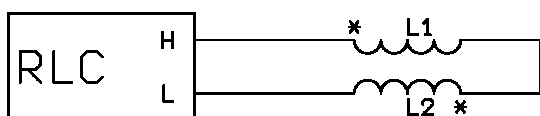


## Měření vzájemné indukčnosti a činitele vazby

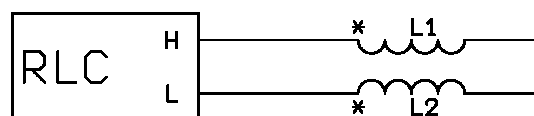
### Zadání

- 1) Pomocí přiloženého manuálu proved'te vynulování digitálního *RLC* měřiče.
- 2) *RLC* měřičem změřte vlastní a vzájemnou indukčnost dvou vinutí předloženého vzorku. Měření proved'te na kmitočtu 500 Hz.
- 3) Z naměřených hodnot dopočítejte činitel vazby obou cívek.
- 4) Z manuálu LCR-816 a ze znalosti podmínek měření určete vzorce pro výpočet absolutních chyb změřených hodnot. Ze absolutních chyb *RLC* měřiče určete absolutní chybu, se kterou byl činitel vazby určen.
- 5) Naměřené hodnoty porovnejte s teoretickými předpoklady.

### Schéma zapojení



Měření  $L_A$  (sériové zapojení  $L_1$  a  $L_2$ )



Měření  $L_B$  (antisériové zapojení  $L_1$  a  $L_2$ )

### Nastavení LCR-816

Frequency:	500 Hz
Voltage:	1 V
Range Hold:	OFF
Const. Voltage:	OFF
Regime:	Auto Range
Internal Bias:	OFF
Test Speed:	SLOW

### Naměřené a vypočítané hodnoty

Naměřené hodnoty:

Indukčnost (hlavní údaj)	1 digit (mH)	Jakost (vedlejší údaj)	Absolutní chyba hl. údaje
$L_1$ (mH)		$Q_1$ (-)	$\Delta L_1$ (mH)
$L_2$ (mH)		$Q_2$ (-)	$\Delta L_2$ (mH)
$L_A$ (mH)		$Q_A$ (-)	$\Delta L_A$ (mH)
$L_B$ (mH)		$Q_B$ (-)	$\Delta L_B$ (mH)



Dopočítané hodnoty:

Parametr	Absolutní chyba
$M_X$ (mH)	$\Delta M_X$ (mH)
$k$ (-)	$\Delta k$ (-)

Vzájemná indukčnost: 
$$M_X = \frac{L_A - L_B}{4} \quad (\text{H})$$

Činitel vazby: 
$$\kappa = \frac{M_X}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (-)$$

Výpočet absolutní chyby činitele vazby  $\Delta\kappa$ :

Absolutní chyba vzájemné indukčnosti: 
$$\Delta M_X = \frac{1}{4} (\Delta L_A + \Delta L_B) \quad (\text{H})$$

Relativní chyba vzájemné indukčnosti: 
$$\delta M_X = \frac{\Delta M_X}{M_X} \quad (-)$$

Relativní chyba vlastní indukčnosti  $L_1$ : 
$$\delta L_1 = \frac{\Delta L_1}{L_1} \quad (-)$$

Relativní chyba vlastní indukčnosti  $L_2$ : 
$$\delta L_2 = \frac{\Delta L_2}{L_2} \quad (-)$$

Relativní chyba činitele vazby  $\kappa$ : 
$$\delta\kappa = \delta M_X + \frac{\delta L_1}{2} + \frac{\delta L_2}{2} \quad (-)$$

Absolutní chyba činitele vazby  $\kappa$ : 
$$\Delta\kappa = \delta\kappa \cdot \kappa \quad (-)$$

## Přístroje

RLC měřič LCR-816

## Závěr

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



LCR-800 Series User Manual

**The Error value of LCR-817/819/821 (Double the error value for LCR-827/829/816/826)**

- The formula for primary readout accuracy of C, R, L, and Z.

C:  $2 \text{ counts} \pm 0.03\% + 0.02\%[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 + |D|)(1+K_b+K_c)$

R:  $2 \text{ counts} \pm 0.03\% + 0.02\%[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 + |Q|)(1+K_b+K_c)$

L:  $2 \text{ counts} \pm 0.03\% + 0.02\%[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 + 1/|Q|)(1+K_b+K_c)$

[Z]:  $Z_e = \text{Treat R, L or C as the object under test conforming above formula:}$

example:

When the object under test is C, select:

$Z_e = 2 \text{ counts} \pm 0.03\% + 0.02\%[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 + |D|)(1+K_b+K_c)$

When the object under test is R, select:

$Z_e = 2 \text{ counts} \pm 0.03\% + 0.02\%[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 + |Q|)(1+K_b+K_c)$

When the object under test is L, select:

$Z_e = 2 \text{ counts} \pm 0.03\% + 0.02\%[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 + 1/|Q|)(1+K_b+K_c)$

- The formulas of secondary readout accuracy for D, Q, and  $\theta$ .

Error	
D with C	$2\text{count} \pm 0.0003 + 0.0002[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 +  D  + D^2)(1+K_b+K_c)$
Q with R	$2\text{count} \pm 0.0003 + 0.0002[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 +  Q  + Q^2)(1+K_b+K_c)$
Q with L	$2\text{count} \pm 0.0003 + 0.0002[(1+K_a)^{\#} \text{ or } (X/Y_{\text{max}})^{\#} \text{ or } (Y_{\text{min}}/X)^{\#}] (1 +  Q  + Q^2)(1+K_b+K_c)$
$\theta$ with Z	$\theta_e = (180/\pi) \times (Z_e/100)$

# 1. if  $X \geq Y_{\text{max}}$ , please select  $(X/Y_{\text{max}})^{\#}$

2. if  $X \leq Y_{\text{min}}$ , please select  $(Y_{\text{min}}/X)^{\#}$

3. if  $Y_{\text{min}} < X < Y_{\text{max}}$ , please select  $(1+K_a)$

4.  $Z_e$  is impedance error

5.  $\theta_e$  is  $\theta$  error



LCR-800 Series User Manual

- The formulas for secondary readout accuracy of R with C.

Error	
$D \geq 1$	$2\text{count} + 0.02\%[(1+K_a)^* \text{ or } (R_x/R_{\text{max}})^* \text{ or } (R_{\text{min}}/R_x)^*] (1 + 1/ D )(1+K_b+K_c)+0.03\%$
$D \leq 1$	$2\text{count} + 0.02\%[(1+K_a)^{**} \text{ or } (C_x/C_{\text{max}})^{**} \text{ or } (C_{\text{min}}/C_x)^{**}] (1 + 1/ D )(1+K_b+K_c)+0.03\%$

- The formulas for secondary readout accuracy of R with L.

Error	
$Q \leq 1$	$2\text{count} + 0.02\%[(1+K_a)^* \text{ or } (R_x/R_{\text{max}})^* \text{ or } (R_{\text{min}}/R_x)^*] (1 +  Q )(1+K_b+K_c)+0.03\%$
$Q \geq 1$	$2\text{count} + 0.02\%[(1+K_a)^{**} \text{ or } (L_x/L_{\text{max}})^{**} \text{ or } (L_{\text{min}}/L_x)^{**}] (1 +  Q )(1+K_b+K_c)+0.03\%$

- \*: 1. If  $R_x \geq R_{\text{max}}$ , please select  $(R_x/R_{\text{max}})$   
2. if  $R_x \leq R_{\text{min}}$ , please select  $(R_{\text{min}}/R_x)$   
3. if  $R_{\text{min}} < R_x < R_{\text{max}}$ , please select  $(1+K_a)$

- \*\* : 1. If  $C_x \geq C_{\text{max}}$ , please select  $(C_x/C_{\text{max}})$   
2. if  $C_x \leq C_{\text{min}}$ , please select  $(C_{\text{min}}/C_x)$   
3. if  $C_{\text{min}} < C_x < C_{\text{max}}$ , please select  $(1+K_a)$

Where

*K<sub>a</sub>: Constant Voltage factor*

*Constant Voltage On,  $K_a = 2$*

*Constant Voltage Off,  $K_a = 0$*

*K<sub>b</sub>: Test Speed factor*

*Speed = SLOW,  $K_b = 0$*

*Speed = MEDIUM,  $K_b = 3$*

*Speed = FAST,  $K_b = 10$*

*K<sub>c</sub>: Frequency & RMS Voltage factor (refer to Table A)*

*X: X is value of the component being tested.*

*Y: Y is range constant (refer to Table B)*



LCR-800 Series User Manual

*R<sub>x</sub> and C<sub>x</sub> are value of the component being tested.*

*R<sub>max</sub>, R<sub>min</sub>, C<sub>max</sub> and C<sub>min</sub> are ranges constant (refer to Table B).*

Table A: (for range 1,2,3) –Kc

Frequency \ Voltage	0.03 ≤ V < 0.1	0.1 ≤ V < 0.25	0.25 ≤ V < 1	1 ≤ V ≤ 1.265
0.012 ≤ F < 0.03	35	12	9	7
0.030 ≤ F < 0.1	30	8	5	3
0.1 ≤ F < 0.25	25	6	3	2
0.25 ≤ F < 1	20	5	2	1
1	14	4	1	0
1 < F ≤ 3	15	5	2	1
3 < F ≤ 6	15	6	3	2
6 < F ≤ 10	15	8	5	3
10 < F ≤ 20	20	10	6	5
20 < F ≤ 50	30	22	18	15
50 < F ≤ 100	50	40	35	30
200	Nonuse	80	50	45

*F: test frequency in kHz*



LCR-800 Series User Manual

Table A: (for range 4)-Kc

Voltage \ Frequency	Voltage			
	$0.03 \leq V < 0.1$	$0.1 \leq V < 0.25$	$0.25 \leq V < 1$	$1 \leq V \leq 1.265$
$0.012 \leq F < 0.03$	70	20	10	7
$0.030 \leq F < 0.1$	50	13	6	3
$0.1 \leq F < 0.25$	35	9	4	2
$0.25 \leq F < 1$	25	6	2	1
1	15	4	1	0
$1 < F \leq 3$	17	6	3	2
$3 < F \leq 6$	25	15	10	6
$6 < F \leq 10$	60	30	20	15
$10 < F \leq 20$	Not specified	100	65	50
$20 < F \leq 50$	This range is not used above 20kHz			
$50 < F \leq 200$				

*F*: test frequency in kHz

Table B-1: Range Hold

Component \ Range	Inductor		Capacitor		Resistor/Impedance	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Range1	16mH /f	1mH /f	25uF /f	1.6uF /f	100Ω	6.25Ω
Range2	256mH /f	16mH /f	1600nF /f	100nF /f	1.6kΩ	0.1kΩ
Range3	4100mH /f	256mH /f	100nF /f	6.4nF /f	25.6kΩ	1.6kΩ
Range4*	65H/f	4.1H /f	6400pF /f	400pF /f	410kΩ	25.6kΩ

*f* = test frequency in kHz

\*: This range is not used above 20kHz

Table B-2: Auto Range

Component \ Range	Inductor		Capacitor		Resistor/Impedance	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Auto range	65H /f**	1mH /f	25uF /f	400pF /f**	410kΩ**	6.25Ω**

\*\* : Above 20kHz,  $C_{min} = 6.4 \text{ nF/f}$ , and  $L_{max} = 4100 \text{ mH/f}$

*f* = test frequency in kHz.



## LCR-800 Series User Manual

---

---

### Example of C-D Accuracy Calculation

#### Measurement Conditions

Frequency: 1 kHz

Test Voltage: 1V

Test Speed=SLOW

Constant Voltage=OFF

R.H=OFF

C measure: 1  $\mu$ F

D measure: 0.0009

Then:

$$\begin{aligned} \text{C Error} &= 0.03\% + [0.02\% \times (1+K_a) \times (1+0.0009) \times (1+K_b+K_c)] \\ &= 0.03\% + [0.02\% \times (1+0) \times (1.0009) \times (1+0+0)] \\ &= 0.05\% \pm 2 \text{ counts} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D Error} &= 0.0003 + [0.0002 \times (1+K_a) \times (1+0.0009+0.0009^2) \times (1+K_b+K_c)] \\ &= 0.0003 + [0.0002 \times (1+K_a) \times (1+0.0009+(0.0009^2)) \times (1+K_b+K_c)] \\ &= 0.0003 + [0.0002 \times (1+0) \times (1.0009) \times (1+0+0)] \\ &= 0.0005 \pm 2 \text{ counts} \end{aligned}$$

$$\text{Z Error} = \text{C Error} = 0.05\%$$

$$\theta \text{ Error} = (180/\pi) \times (Z_e/100) = 57.3^\circ \times (0.05/100) = 0.03^\circ$$