

RLC универсален измервателен мост ТИП ИУ—51

Съпротивлението, кондензаторът и бобината са основни елементи във всяка електронна схема. Техническите параметри на такава схема се явяват не само като резултат на свързването на отделните елементи, но и на точно определените им стойности. В зависимост от отговорността на съответния елемент в даден възел от една схема точната му стойност е от съществена важност. Това именно налага създаване на различни измервателни съоръжения за точно измерване на стойностите на съпротивленията, капацитетите на кондензаторите и индуктивността на бобините. Една от последните успешни нови разработки на завод „Електроника“ — София, е внедряването в редовното про-

за стойности под $1,1 \Omega \pm 2\%$ от отчетената стойност $\pm 0,001 \Omega$

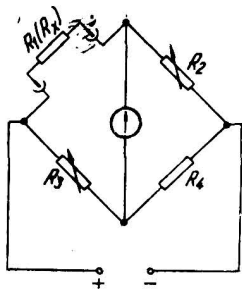
Начално (паразитно) съпротивление . . . $0,004 \Omega$

Измерване на индуктивности

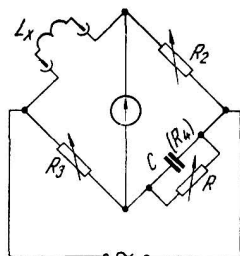
Измервателен обхват $1 \mu\text{H}$ до 110 H
подразделен в подобхвата с пълна скала $11 \mu\text{H}$ до 110 H

Точност:

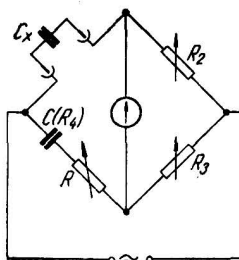
за стойности от $100 \mu\text{H}$ $\pm 2\%$ от отчетената стойност
до $1,1 \text{ H}$ $\pm 5\%$ от отчетената стойност
за стойности от $10 \mu\text{H}$ $\pm 5\%$ от отчетената стойност
до $100 \mu\text{H}$ и над $1,1 \text{ H}$ тената стойност



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

изводство на универсален RLC измервателен мост тип ИУ—51.

Този мост е един напълно транзисторен измервателен уред, предназначен за бързо измерване на съпротивления, капацитети и индуктивности в широк измервателен обхват с доста голяма точност. Освен това създадени са и редица допълнителни възможности за различни специфични измервания, с което се разширяват още повече случаите на приложение на уреда.

Уредът успешно може да намери приложение в научно-изследователски институти и лаборатории, производствени и ремонтни предприятия и бази, училища, клубове и др.

За да отговори на горните цели и предназначение, универсалният измервателен мост тип ИУ—51 притежава следните технически параметри:

Измерване на съпротивления

Измервателен обхват $0,01 \Omega$ до $11 \text{ M}\Omega$,
подразделен в 8 подобхвата с пълна скала от $1,1 \Omega$ до $11 \text{ M}\Omega$

Точност
за стойности от $1,1 \Omega$ $\pm 1\%$ от отчетената стойност, от
до $1,1 \text{ M}\Omega$ $\pm 0,1\%$ от горната граница на подобхвата

За стойности под $10 \mu\text{H}$ $\pm 5\%$ от отчетената стойност $\pm 0,4 \mu\text{H}$

Начална (паразитна) индуктивност . . . $0,5 \mu\text{H}$

Измерване на капацитети

Измервателен обхват 1 pF до $1100 \mu\text{F}$,
подразделен в 8 подобхвата с пълна скала от 110 pF до $1100 \mu\text{F}$

Точност:

за стойности от 10 pF $\pm 1\%$ от отчетената стойност
до $100 \mu\text{F}$ $\pm 0,1\%$ от горната граница на подобхвата

на стойности под 10 pF $\pm 2\%$ от отчетената стойност $\pm 0,1\%$ от горната граница на подобхвата

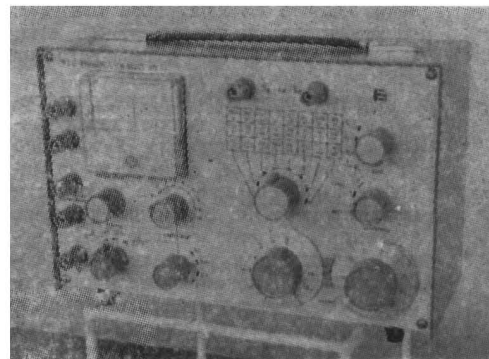
за стойности над $110 \mu\text{F}$ $\pm 2\%$ от отчетената стойност $\pm 1 \mu\text{F}$

Начален (паразитен) капацитет . . . $0,4 \text{ pF}$

Токозахранване на моста

Вътрешно:

Генератор на синусоидално напрежение . . $\text{kHz} \pm 10\%$
Батерия . . . $6,5$ до 9 V



Външно:

Генератор на синусоидално напрежение . . 50 Hz до $10\,000 \text{ Hz}$
Клирфактор . . . 1%
Необходимо напрежение . . . $0,2$ до 2 V
Размери . . . $285 \times 210 \times 130 \text{ mm}$
Тегло . . . $3,5 \text{ kg}$ (без батерия)

И в трите случая измерването почива на принципа на четирираменния класически мост, като се спазва условието че произведенията от стойностите на съпротивленията в срещуположните рамена са еднакви, т. е.

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

или при $R_1 = R_x$

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_4}$$

Измерването на съпротивления се извършва по метода на Витстон (фиг. 1), при което елементите в рамената са чисто активни съпротивления. За измерване на индуктивности и капацитети в едно от рамената активното съпротивление се заменя с точно определен кондензатор. Този кондензатор, в зависимост от вида на измерваната величина, бива подходящо превключван, так че да се изпълняват изискванията за измерване на индуктивност по метода на Максвел (фиг. 2), а на капацитет — по метода на Соти (фиг. 3).

Универсалният измервателен мост тип ИУ—51 обхваща следните четири възела: измервателен мост, усилвател, индикатор и захранване.

1. Измервателен мост. Както се вижда от принципната схема на фиг. 4, съпротивленията R_1 до R_8 , участващи в еталонното рамо BB , определят обхватите на измерване, независимо от вида на измерваната величина.

Стойностите на тези съпротивления са кратни на 10 , като $R_1 = 0,1 \Omega$, а $R_8 = 1 \text{ M}\Omega$. Балансното рамо AG е образувано от съпротивленията R_{17} до R_{18} и потенциометъра PZ , които се превключват в подходяща връзка посредством превключвателя $ПЗ$. Стойностите на тези съпротивления са подбрани така, че дават възможност за плавна промяна на общото съпротивление в рамките от 0 до 100Ω . В рамките BG участва само едно единствено съпротивление $R_{17} = 90 \Omega$. Неизвестната вели-



чина се свързва в четвъртото рамо на клемите $R_x \cdot I_x C_x$.

Участващите в моста съпротивления са специални с висока точност от порядъка на 0,1 до 0,5%, безиндуктивни и с достатъчно малък температурен коефициент. Промениливото съпротивление $PЗ$ (потенциометър) е жично с голяма линейност, т. е. с пропорционалност на изменението на съпротивлението, в зависимост от ъгъла на завъртане на оста 0,2%. Отчитането на измерения резултат се извършва по двете скали на командата „Баланс“ — стъпкова и плавна.

За измерване на индуктивности (фиг. 2) съпротивлението R_4 се заменя с кондензатора C , шунтиран с променливо съпротивление R е предназначено за компенсиране на реактивните загуби в измервания елемент, изразени чрез фак-

тора $Q = -\frac{\omega L}{R}$. В схемата кондензаторът е подбран с голяма точност и възможно малки диелектрични загуби, а променливото съпротивление R е изведено върху лицевата страна на уреда с команда „КОМПЕНСАЦИЯ“ — плавна (фиг. 4 — потенциометри $P1/P2$).

За измерване на капацитети (фиг. 3) всички елементи във веригата на моста остават същите, както в горния случай с тази разлика, че баланското и сравнителното рамо (кондензаторът C) разменят местата си. В този случай „КОМПЕНСАЦИЯТА“ служи да изравни ъгъла на загубите в измервания кондензатор $tg\delta$, изразен чрез фактора $D = \omega \cdot CR$.

Измервателният мост може да се захранва както от постояннотоков, така също и от променливотоков източник, вътрешен или външен. Това се осъществява чрез командата „ЗАХРАНВАНЕ“.

Балансното състояние на моста се

индикира в измервателния диагонален $БГ$ от индикатора. Чрез подходящи превключвания индикаторът може да се включва или директно, или през усилвател.

2. **Усилвател.** Констатирането на точното положение на баланс в моста е от съществена важност за точността на измерването. Едно от условията за постигане на това е индикаторът да бъде достатъчно чувствителен и да не изисква голяма мощност за задействането му. Това условие е изпълнено, като в измервателния диагонален на моста е включен специален усилвател, в изхода на който е поставен индикатор. Потенциалните разлики в точки $Б$ и $Г$ биват усилявани, преди да се индикират.

Промениливото се в широки граници изходно съпротивление на моста задължава входното съпротивление на усилвателя да бъде достатъчно високо, така че при много малките потенциални разлики, появили се при положение близки до баланс, усилвателят да не изисква мощност. Това изискване е постигнато, като входното стъпало на усилвателя е устроено с транзистора МП106, поставен в схема на емитерен повторител. Останалите три стъпала на усилвателя са еднакви и също изпълнени на транзистори SFT353. За намаляване на шумовите напрежения от транзисторите, които са нежелателни от гледна точка на индикацията им от стрелковия индикатор, входният транзистор е силициев.

За подобряване честотната характеристика на целия усилвател е предвидена обратна връзка чрез съпротивлението R_{28} и потенциометъра P_6 . Регулирането на усилването се извършва чрез потенциометъра $P_4 = 25 \text{ k}\Omega$ и е изведено на лицевата страна уредът под командата „ЧУВСТВИТЕЛНОСТ“.

3. **Индикатор.** Усиленият от усилвателя сигнал се взема от колектора на T_4 и след детекцията му от диода D_1 — SFD108, през съпротивлението R_{31} се подава в стрелковата система $И$. Стрелковата система е от магнетно-електричен вид със средна нула, с чувствителност $150 \mu A$ от двете страни на нулевото положение. Вътрешното ѝ съпротивление е около 200Ω . За предпазване на системата от претоварване при положение на голям разбаланс системата е блокирана с два диода $A/Z18$, поставени насрещно. Техните качества са такива, че при протичане на по-големи токове през системата същата автоматически се шунтира и токът в по-голямата си част минава през диодите.

4. **Захранване.** Уредът се захранва от вградени две плоски батерии по $4,5 \text{ V}$. Тази батерия се използва за захранване както на усилвателя, така също и на самия мост.

За да може да се извършват измервания и при променлив ток, в уреда също така има вграден LC генератор. Този генератор е осъществен с транзистора T_5 — SFT125 на честота 1000 Hz . Неговият трептящ кръг представлява съвременно един изходящ трансформатор Tr . От вторичната навивка на същия по автотрансформаторен път чрез съответно превключване (командите „ЗАХРАНВАНЕ“ и вид на измерване) се включва към захранващия диагонален на моста съответното напрежение.

Чрез съответни превключвания създадена е възможност също така при необходимост да се използва като източник на захранване на моста външен генератор и измерванията да се извършват при честоти в обхвата от 50 до $10\,000 \text{ Hz}$.

Ал. Ведър