

LC Tester -

Napsal/a: bernard

Datum zveřejnění: : 21. 12. 2009 v 20:01

Kdo z nás nadšenců pro elektroniku by občas nepotřeboval zkontrolovat indukčnost vinutí transformátoru nebo jiné cívky a třeba i kapacitu nějakého kondenzátoru. Snad každý multimetr umí změřit hodnotu odporu, ale indukčnost nebo kapacitu dokáží ukázat jenom ty dražší typy. Kvůli tomu je ale nemusíte kupovat! Bude stačit, že váš multimetr dokáže měřit střídavé napětí asi tak do 2V. Jen s trochou peněz a úsilí ho přesvědčíte, aby vám ukázal indukčnost v rozsahu 1 mH - 200 H a kapacitu 1 pF - 200 nF. A postačí vám na to půl dne příjemné práce!

Princip testeru je téměř primitivní, ale naprosto přímočarý. I když mluvíme o testeru, je to jen ze skromnosti, ve skutečnosti jde o regulérní měření. Jsou tu sice jisté rušivé vlivy, jako kolísání napětí sítě, její vyšší harmonické složky nebo přítomnost činné složky měřených impedancí, které mohou přesnost údaje mírně poškodit, ale daleko od pravdy snad nikdy nebude. Jednoduše použijeme síťovou frekvenci 50 Hz pro napájení obvodu s neznámou impedancí a její hodnotu určíme z naměřeného napětí. Jak?

$$\text{a) } U_2 = U_1 / (1 + R_a/j\omega L) \approx U_1 * \omega L/R_a \quad \text{b) } U_2 = U_1 / (1 + 1/j\omega C R_b) \approx U_1 * \omega C R_b$$

Obr. 1 - Princip měření

a) Neznámou cívku připojíme na zdroj proudu 3,2 mA nebo 32 μ A. Napětí na cívce 1 V bude potom odpovídat hodnotě indukčnosti 1 H, resp. 100 H. Podmínkou je, aby proud byl konstantní bez ohledu na měřenou hodnotu. To dosáhneme tak, že použijeme zdroj napětí vícenásobně větší než měřená hodnota. Minimálně snad 20 V.

b) Neznámou kapacitu připojíme na zdroj napětí a budeme měřit velikost proudu, který tato kapacita propustí, jako úbytek napětí na sériovém odporu. Při vhodné volbě napájecího napětí a sériového odporu získáme pro změřené napětí 1V odpovídající hodnotu kapacity 100 nF nebo 1 nF.

Hodnota sekundárního napětí 32 V, kterým napájíme měřící obvod, je pro náš účel ideální.

Obr. 2 - Celkové schéma zapojení

Součinem s velikostí $\omega = 314$ [rad/s] dostáváme $32 * 314 = 10\,000$, a hodnoty odporů pro jednotlivé rozsahy pro změřenou hodnotu $U_2 = 1$ V vycházejí hezky zakulacené, 1 M Ω a 10 k Ω pro indukčnosti 100 H a 1 H, obdobně 1 k Ω a 100 k Ω pro kapacity 100 nF a 1 nF. Pokud použijete transformátor s vyšším/nížším sekundárním napětím naprázdno, musíte ve stejném poměru zvýšit/snížit odpory pro měření indukčností a snížit/zvýšit hodnoty odporů pro kapacitní rozsahy.

Transformátor je důležitou součástí měřiče, spolu s poskytováním měřícího napětí se také stará o naši bezpečnost, musí to být tedy bezpečnostní typ (EN 61558-2-6). Zato výkonově naň nejsou kladeny žádné nároky, odebíraný sekundární výkon je nanejvýš 0,1 VA. U transformátorů

velmi malých výkonů sekundární napětí naprázdno značně převyšuje nominální provozní napětí, musíme tedy vyhledat vhodný typ podle napětí naprázdno. Stačí pohled do katalogu a vhodný typ najdete pro výkon 5 nebo 6 VA a nominální sekundární napětí 24 V (2x 12 V).

Ostatní součástky nejsou kritické. Odpory by měly být nejlépe s přesností lepší než 5%. Výkonové zatížení při měření je vcelku nepatrné, jen kvůli možnosti zkratu na svorkách pro připojení měřených součástek musíme odpor R3 1 kΩ dimenzovat na ztrátový výkon nejméně 1 W. Současný zkrat na svorkách pro voltmetr i měřenou součástku (nebo jen dvou nejvzdálenějších zdířek) však znamená tvrdý zkrat sekundárního vinutí a hrozí poškození transformátoru, pokud náhodou nemáte zkratu vzdorný typ.

Více už o konstrukci prozradí několik obrázků:

Obr. 3 - Použité součástky

Obr. 4 - Vnitřní uspořádání

Obr. 5 - Vnější provedení

Obr. 6 - Pomůcka k připojování drobných součástek,
vyrobená z krokosvorky a části banánku

A už jen několik poznámek na závěr

Na špičky transformátoru připájíme vývody ještě před jeho vložením, v případě vinutí 2x 12V spojíme tato vinutí krátkou rovnou spojkou, střední nepožitý vývod můžeme odštípnout, aby se sekundární špičky vešly do drážky ve dně krabičky. Pro krajní vývody uděláme ve stěně drážky zářez, nejnadhěji rozehrátou páječkou. Transformátorek potom vložíme a upevníme stahovacím páskem přes otvory vyvrtané do dna. Výstupek zvenku na dně v místě, kudy půjde stahovací pásek můžeme zbrousit, aby krabička stála rovně i bez nožiček. Anebo přidáte nožičky.

Do víka krabičky navrtáte potřebné otvory, na samolepící papír vytisknete popis, obstrihnete a nalepíte na víko. Chce to ale malou fintu. Z výsledného obdélníku na spodní straně obnažíte lepící vrstvu a krycí papír odstrihnete v šířce 5 – 10 mm, ostatní přitlačíte zpět (jeden roh zahrňte pro ulehčení dalšího odlepování). Potom proti světlu zarovnáte vyznačené středy na prosvítající otvory a ve správné pozici přitlačíte obnaženou část. Teď můžete stáhnout zbytek krycí vrstvy a přilepit postupně odspodu zbývající část. Na tuto vrstvu nalepte samolepící průsvitnou fólii (třeba tu na ochranu dotykových displejů) s mírně větším rozměrem a celek oříznete lámacím skalpelem. Otvory do fólií jednoduše vyrazíte, zas proti světlu přiložíte na fólii v místě otvoru dřík vrtáku, kterým byl otvor vyvrtán, a zatlačíte dovnitř. Díra se hezky vystřihne.

Zapojení je trochu ve stylu vrabčího hnízda, ale jen konce odporů jsou ve vzduchu, jinak má vše svou oporu. Hnízdo odporů v mém případě se rozrostlo, v šuplíku se nenašel odpor 1 kΩ aspoň na 1

W a tak ho zastupuje trojice $390+390+220 \Omega$.

Použitý voltmetr by měl mít vstupní odpor aspoň $1 M\Omega$ a schopnost ukazovat i jednotky milivoltů. Na jeho připojení použijte co nejkratší přívody. Vliv parazitních kapacit vidíte na rozsahu $1x nF$ bez připojeného kondenzátoru, asi nebudete mít ideální údaj $0,000$. Proto třeba zkusit i prohodit orientaci připojení voltmetru. V tom lepším případě mám já údaj, $0,001 V$, tedy $1 pF$, s tím se dá žít.

Čím větší je při měření údaj voltmetru, tím větší bude i chyba měření v důsledku snížení „konstantní“ hodnoty měřícího proudu, na kterou tato metoda spoléhá. Naštěstí se úbytky na sériové kombinaci reaktance a odporu sčítají vektorově, a tak například údaj $12 V$ způsobí chybu v měření -10% u indukčnosti a $+10\%$ u kapacity. S trochou shovívavosti tedy dokážeme změřit hodnoty až do $1000 H$ a $1 \mu F$. No řekněte, nestojí to za tu námahu?

PS: Vzhledem k tomu, že pracujeme s nebezpečným síťovým napětím, je namístě toto malé:

UPOZORNĚNÍ: Tento projekt není složitý, vyžaduje však elektrotechnickou kvalifikaci aspoň na závěrečné posouzení finálního provedení výrobku. Pokud nemáte potřebnou kvalifikaci, předložte ho osobě znalé elektrotechnických předpisů ještě před jeho prvním zapojením na síť!

Použitá literatura: [N5ESE's Junkbox Capacitance Checker](#)