

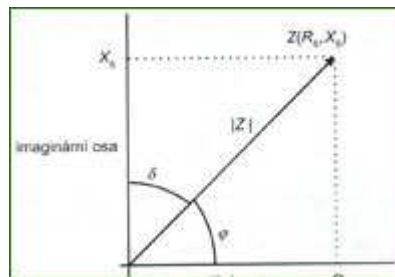
## Číslicové měření impedance, kapacity a indukčnosti

Impedance je poměr mezi napětím na součástce a proudem protékajícím součástkou, ale jak správně provádět měření impedance, kapacity a indukčnosti? Víte které metody využívají číslicové měřiče impedance nebo co je nutné vědět při měření kapacity? ...

**Kolektiv profesorů, ze dne: 15.12.2010**

Pro vyjádření vlastností pasivního dvou pólu (rezistor, kondenzátor, cívka atd.) se používá pojmu imitance. Tu lze vyjádřit jako obecnou impedanci (komplexní odpor) nebo jako obecnou admitanci (komplexní vodivost). Impedance je poměr mezi napětím na součástce a proudem protékajícím součástkou. Rozlišuje se stejnosměrná a střídavá složka impedance podle použitého způsobu měření. V případě měření běžným multimetrem se měří pouze pomocí stejnosměrného proudu. V tomto případě se změří pouze stejnosměrná složka impedance (odpor). Pro číslicové měření obecné impedance se používají číslicové RLC metry.

Obecnou impedanci je možné zobrazit jako komplexní číslo v komplexní rovině. Na vodorovnou osu se vynáší reálná složka impedance, na svislou osu se vynáší imaginární složka impedance, jak je vidět na obrázku.



**Zobrazení obecné impedance v komplexní rovině**

Impedance je vyjádřena vztahem:

$$\mathbf{Z} = R_s + jX_s ,$$

kde:

$R_s$  je reálná část impedance (odpor),

$X_s$  - imaginární část impedance (reaktance).

Komplexní číslo lze zobrazit také v polárních souřadnicích pomocí absolutní hodnoty, která se označuje jako modul, a fázového posuvu - fáze. Impedance je pak vyjádřena vztahem:

$$\mathbf{Z} = |Z|e^{j\varphi} ,$$

kde  $|Z|$  je absolutní hodnota,

$\varphi$  - fázový posuv.

Vztahy pro přepočítání z polárních na ortogonální složky jsou:

$$R_s = |Z| \cos \varphi ,$$

$$X_s = |Z| \sin \varphi .$$

Vztahy pro přepočet z ortogonálních na polární složky jsou:

$$|Z| = \sqrt{R_s + X_s} ,$$

$$\varphi = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{X_s}{R_s} \right) .$$

Reaktance má dvě základní složky - induktivní  $X_L$ , která převažuje u indukčností (cívek) -  $X_s$  je kladné a kapacitní  $X_C$ , která převažuje u kondenzátorů -  $X_s$  je záporné:

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L ,$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 \pi f C} .$$

### Měření impedance

Číslicové měřiče impedance využívají nejčastěji metody s přímou hodnotou. Ostatní metody rezonanční nebo mostové a kompenzační jsou spíše výjimečné a používají se pro měření na vyšších kmitočtech. V případě metod s přímou hodnotou se hodnota impedance určuje na základě Ohmova zákona z hodnot harmonického (střídavého) napětí na impedanci a proudu tekoucí impedancí. Obě veličiny jsou vyjádřeny jako komplexní čísla v komplexní rovině. Modul  $|Z|$  se určí jako poměr amplitud obou veličin. Fázové posunutí - fáze  $\varphi$  se určí z fázového rozdílu mezi napětím a proudem.

Měřená součástka je připojena čtyřvodičově. Zdroj signálu má nastavitelnou střídavou složku (amplituda, frekvence) a nastavitelnou stejnosměrnou složku. Proudový signál protéká měřenou součástkou mezi svorkami  $H_I$  a  $L_I$ . Na měřené součástce se vytváří napětí mezi svorkami  $H_U$  a  $L_U$ . Protékající proud a vytvářené napětí je zpracováno v části převodník, na jehož výstupu se získají zesílené signály. Vektorový poměrový detektor provádí měření obou veličin a stanovuje velikosti a fázový posun obou signálů. V digitalizované podobě je předává řídicí části, kde je stanovena impedance měřené součástky. Podle velikosti fázového posuvu signálu může řídicí část např. samočinně rozhodnout, zda jde o rezistor, kondenzátor nebo indukčnost. Přepínač prl v části převodník slouží k případnému měření napětí na svorce  $H_I$ .



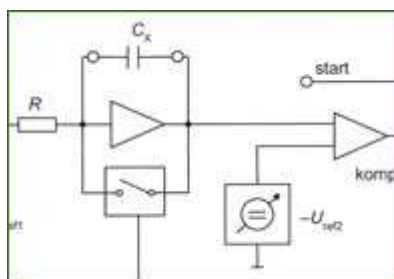
Číslicový laboratorní měřič impedance - RLC metr

Příkladem číslicového měřiče impedancí je RLC metr Agilent 4263B. Přístroj používá měřicí kmitočty v rozsahu 100Hz až 100kHz a úrovně signálů v rozsahu  $20\text{mV}_{\text{rms}}$  až  $1\text{V}_{\text{rms}}$ . Základní přesnost přístroje je 0,1% u měřených impedancí:  $|Z|$ ,  $R$ ,  $X$ ,  $|Y|$ ,  $G$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $Q$  s měřicím časem 25ms. Největší délka přívodů je 4 metry. Přístroj dokáže rozpoznat a opravit chyby rozpojení, zkratu a přetížení. Systémové rozhraní je GPIB.

Pro měření je možné využít různé měřicí sondy pro čtyř i dvou vodičové připojení impedance s různým mechanickým provedením svorek. K dispozici je také sonda pro měření impedancí součástek pro povrchovou montáž (SMD).

### Měření kapacity

Běžné kondenzátory jsou natolik kvalitní, že lze opomenout jejich parazitní odpor a indukčnost. V tomto případě je měření kapacity jednoduché. Je však nutné použít dostatečně malý signál vzhledem k nelinearitě kondenzátorů.



Číslicové měření kondenzátorů

Jednoduché měřiče kapacity převádějí měření kapacity na měření časového intervalu s číslicovým měřením. Zapojení je obdobné jako u integračního převodníku napětí s tím, že je známé původně měřené napětí, ale neznámá je velikost kondenzátoru. Měření se zahajuje překlopením  $T$  klopného obvodu pomocí signálu start přivedeného na vstup SET klopného obvodu  $S$ . Spínač zkratující kondenzátor  $C_x$  je uvolněn. Kondenzátor  $C_x$  se nabíjí ze zdroje referenčního napětí  $U_{\text{ref1}}$  až je napětí na integrátoru rovno referenčnímu napětí  $U_{\text{ref2}}$ . Komparátor vytvoří signál stop přivedený na vstup RESET klopného obvodu  $R$ . Tím dojde k překlopení klopného obvodu a sepnutí spínače a vybití integračního kondenzátoru  $C_x$ . Časový interval vymezený okamžiky start a stop je přímo úměrný kapacitě kondenzátoru  $C_x$ . Měření kapacity se tak převádí na měření časového intervalu.

Zdroj:

<http://elektrika.cz/data/clanky/cislicove-mereni-impedance-kapacity-a-indukcnosti/view>