

1 Nelineární rezistory

1.1 Úvod

V praxi se nejčastěji setkáváme s lineárními rezistory, tj. součástkami, u nichž předpokládáme konstantní velikost odporu nezávislou na vnějších podmínkách aplikace, tj. nezávislost na teplotě, frekvenci, mechanických vlivech apod. Odlišují se výkonovou zatížitelností, teplotní a frekvenční závislostí podle použitých materiálů a technologií výroby, tolerancí jmenovité hodnoty a provedením. Předpoklad konstantní velikosti odporu vyhovuje obvykle při aplikacích do frekvencí 50 kHz až 1 MHz (podle provedení). Pro vyšší frekvence je nutné uvažovat úplné náhradní schéma rezistoru s jeho reaktančními prvky.

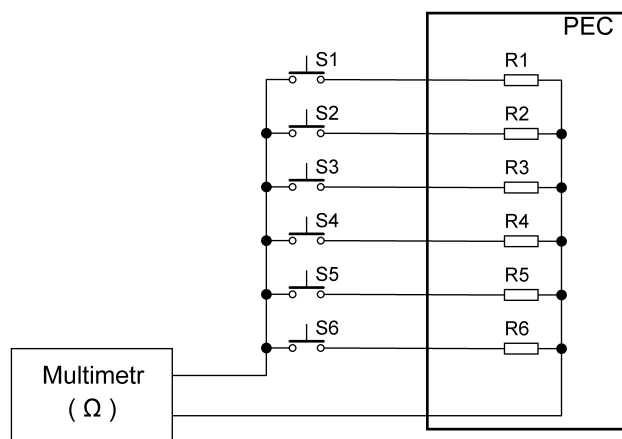
Nelineární rezistory jsou na rozdíl od lineárních konstruovány tak, aby velikost odporu byla výrazně závislá na vnějších podmínkách, např. teplotě (termistory NTC, PTC) nebo přiloženému napětí (varistory) a pokud možno nezávisela na dalších vlivech aplikace. Vzhledem k těmto vlastnostem se využívají k měření teploty, v obvodech pro tepelnou ochranu přístrojů, strojů a zařízení, jako přepětové ochrany atd.

1.2 Měření teplotní závislosti termistorů

1.2.1 Úkol měření

Změřte závislost odporu 6 vzorků rezistorů a termistorů pro změnu teploty 20 °C až 120 °C. Naměřené závislosti $R = f(\vartheta)$ vynesete do grafu! Ověřte, zda dané charakteristiky odpovídají teoretickým vztahům (lineární závislost, exponenciální závislost apod.)

1.2.2 Schéma zapojení



1.2.3 Postup měření

Měřené vzorky jsou umístěny na destičce v píce a vyvedeny na přepínač měřicích míst. K měření teploty slouží orientačně teploměr, který je součástí konstrukce pece. Pro přesné měření využijeme Pt odporový teploměr s lineární závislostí odporu na teplotě. Pro odpor Pt teploměru uvažujte následující vztah:

$$R_{\vartheta} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (\vartheta - \vartheta_0)) \quad (1)$$

R_0 ... je odpor v Ω při $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 α ... je teplotní koeficient odporu, pro platinový teploměr je $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$,
 ϑ ... je teplota okolí ve $^{\circ}\text{C}$ nebo K,
 ϑ_0 ... je teplota ve $^{\circ}\text{C}$ nebo K, při které byl měřen odpor R_0 , zde $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.2.4 Měřené vzorky

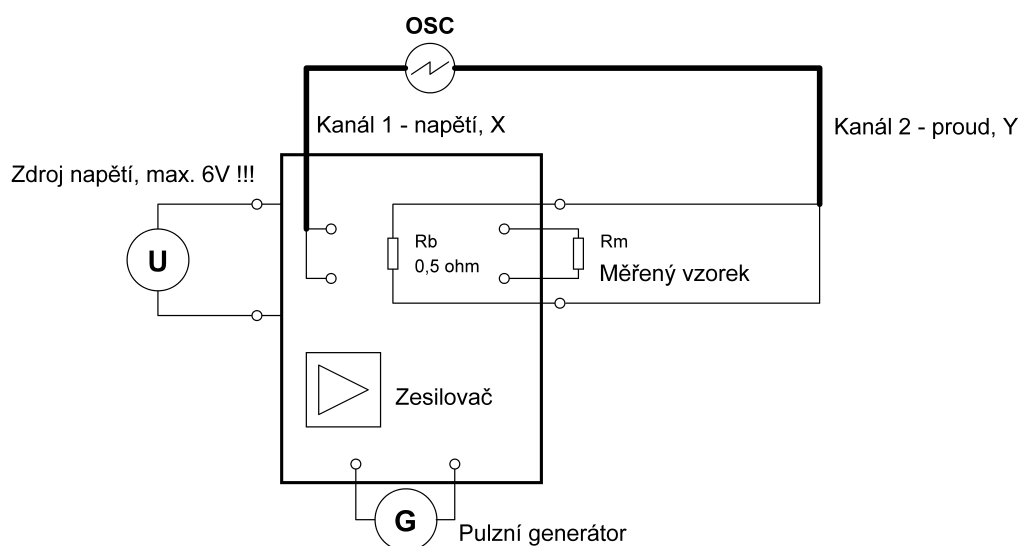
- | | |
|---|--|
| 1. odporový Pt teploměr $100\text{ }\Omega$ při $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 4. rezistor uhlíkový TR 212 $4,7\text{ k}\Omega$ |
| 2. termistor NTC $100\text{ }\Omega$ | 5. termistor NTC $6,8\text{ k}\Omega$ |
| 3. rezistor metaloxidový TR154 $6,8\text{ k}\Omega$ | 6. termistor PTC $60\text{ }\Omega$ |

1.3 Měření VA charakteristiky varistorů

1.3.1 Úkol měření

Změřte voltampérovou charakteristiku 5 vzorků varistorů pomocí osciloskopu, který pracuje v režimu x/y (souřadnicový zapisovač). Ověřte, zda údaje uvedené k jednotlivým vzorkům odpovídají měření.

1.3.2 Schéma zapojení



1.3.3 Postup měření

Měřený vzorek umístíme do přípravku. Pro měření použijeme zdroj krátkých napěťových pulzů nastavitelné velikosti. Pozor při výměně vzorků - před manipulací snižte napětí na 0 V ! Napětí na vzorku snímáme sondou s děličem 1:100 (nastaveno na osciloskopu – zkontrolovat!), proud je snímán jako úbytek napětí na odporu $0,5\text{ }\Omega$ nebo pomocí proudové sondy. Sejmuté charakteristiky zaznamenejte na disketu v osciloskopu, přeneste do PC a uložte na vhodné paměťové medium pro vytisknutí do referátu z měření.

1.3.4 Měřené vzorky

- | | |
|---|--|
| 1. 15D201K, 200 V , zelený | 4. S20K20, 40 V , velký modrý |
| 2. 14D220K, 22 V , modrý | 5. TR 152, 100 Ohmů , lineární rezistor |
| 3. 14D101K, 100 V , světle modrý | |

2 Feroelektrické kondenzátory

2.1 Úvod

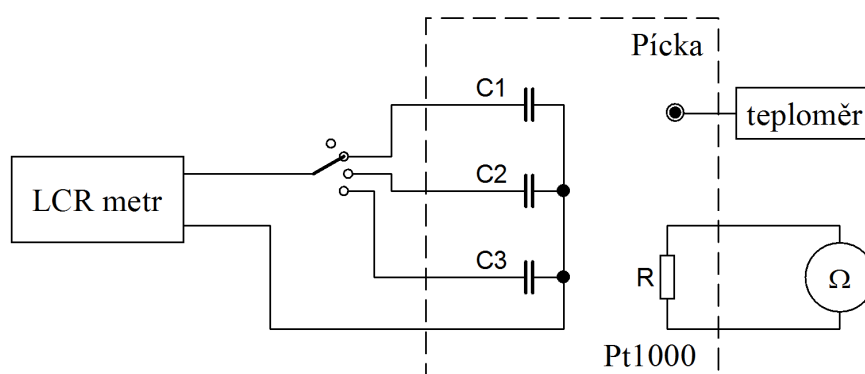
Kondenzátor je součástka, pomocí níž v elektrickém obvodu realizujeme kapacitu. Podobně jako ostatní součástky vykazuje řadu vedlejších závislostí (indukčnost, sériový a paralelní odpor, teplotní a napěťovou závislost). Hodnota kapacity C závisí, jak známo, na ploše elektrod (S), dielektrické konstantě (ϵ) a nepřímo na vzdálenosti elektrod (d). Z toho vycházejí odlišné konstrukce kondenzátorů (plošné - např. slídkové, svitkové, keramické, elektrolytické). Požadavek na minimální rozměry předpokládá použití materiálů dielektrika s vysokou poměrnou dielektrickou konstantou (tzv. feroelektrika). Tyto materiály jsou však při vyšších teplotách značně teplotně závislé a jejich ϵ_r při vyšší teplotě rychle klesá.

2.2 Měření teplotní závislosti kapacity a ztrátového činitele vybraných vzorků kondenzátorů

2.2.1 Úkol měření

Změřte závislost kapacity C a ztrátového činitele D u tří vzorků keramických kondenzátorů s odlišným dielektrikem na teplotě T pro teploty 20 °C až 120 °C. Závislosti $C = f(T)$, $D = g(T)$ vynesete do grafu.

2.2.2 Schéma zapojení



2.2.3 Postup měření

Měřené vzorky jsou umístěny na destičce v pídce a vyvedeny na přepínač měřicích míst. K měření teploty slouží orientačně dotykový teploměr zasazený do měrné jímky na tělese pídce. Kapacitu vzorků a ztrátový činitel měříme RLC metrem. K přesnému změření teploty slouží odporový teploměr (čidlo Pt1000, $R_0 = 1008 \Omega$ při 0 °C, $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$), jehož odpor měříme pomocí multimetru. Teplotu vypočteme z údajů uvedených výše v návodu a za předpokladu lineární závislosti mezi hodnotou odporu a teplotou:

$$R_{\vartheta} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (\vartheta - \vartheta_0)) \quad (2)$$

R_0 ... je odpor v Ω při 0 °C,

α ... je teplotní koeficient odporu, pro platinový teploměr je $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$,

ϑ ... je teplota okolí ve °C nebo K,

ϑ_0 ... je teplota ve °C nebo K, při které byl měřen odpor R_0 , zde 0 °C.

2.2.4 Měření vzorky

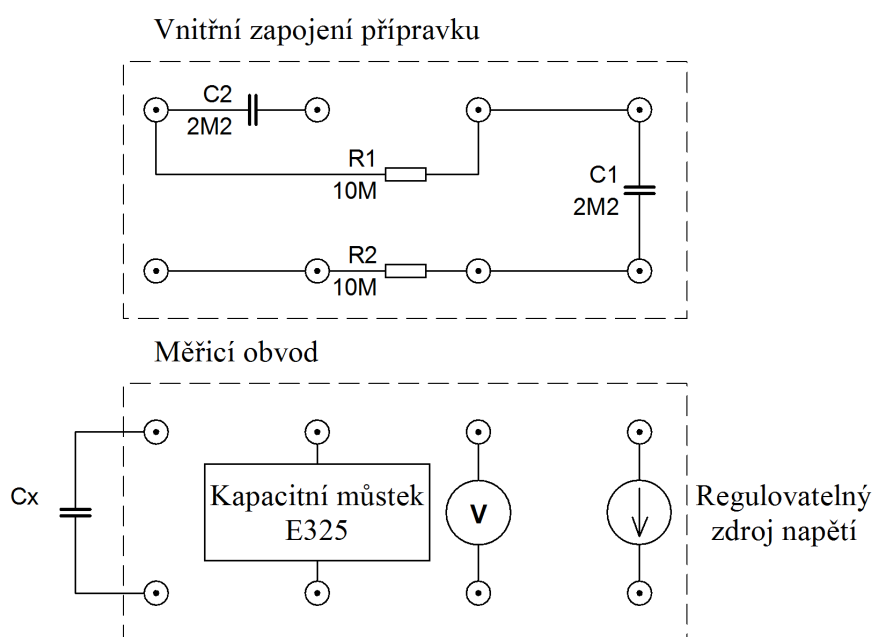
1. keramický kondenzátor 100 nF, hmota X7R
2. keramický kondenzátor 150 nF, hmota Z5U
3. keramický kondenzátor 150 nF, hmota Y5VV

2.3 Měření napěťové závislosti kapacity vybraných vzorků kondenzátorů

2.3.1 Úkol měření

Změřte závislost kapacity tří vzorků keramických kondenzátorů na velikosti přiloženého stejnosměrného napětí. Závislost $C = f(U)$ vyneste do grafu.

2.3.2 Schéma zapojení



2.3.3 Postup měření

Měřené vzorky postupně zapojujeme na svorky „ C_X “ měřicího přípravku, který umožňuje oddělení přiloženého napětí (z bateriového DC zdroje) a měřicího malého střídavého napětí, které využíváme pro měření kapacity. Při měření dbáme na to, aby nebylo překročeno jmenovité provozní napětí vzorku.

2.3.4 Měření vzorky

1. keramický kondenzátor TK666, 40 V, 100 nF, hmota Supermit (kotoučový, hnědý)
2. keramický kondenzátor 4H30, 40 V, 33 nF (zelený)
3. svitkový kondenzátor CF2, 63 V, 100 nF, tereftalátový (žlutý)

2.4 Měření uvolnění náboje feroelektrického kondenzátoru

V objemu dielektrika feroelektrického kondenzátoru je obecně vždy vázán malý zbytkový náboj Q_1 . Jemu odpovídá nízké napětí U_1 na svorkách kondenzátoru, které je dáno rovnicí:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} \quad (3)$$

Při zvýšení teploty dochází u feroelektrik k výraznému zmenšení jejich kapacity (z C_1 na C_2) díky zmenšení relativní permitivity z ϵ_{r1} na ϵ_{r2} . Aby zůstal zachován zbytkový náboj ($Q_1 = Q_2$), musí na kondenzátoru výrazně vzrůst napětí (U_2). V ideálním případě platí, že vzrůst napětí (U_2/U_1) je roven změně permitivity ($\epsilon_{r1}/\epsilon_{r2}$).

2.4.1 Úkol měření

Ověřte uvolnění elektrického náboje u předloženého vzorku kondenzátoru z feroelektrického materiálu.

2.4.2 Postup měření

Kondenzátor připojený k elektrostatickému voltmetru nabijte na plné napětí bateriového zdroje (asi 120 V). Kondenzátor vybijte a po chvíli ohřejte v olejové lázni na cca 150 °C. Odečtěte maximální napětí kondenzátoru.

3 Vlastnosti vysokofrekvenčních cívek

3.1 Úvod

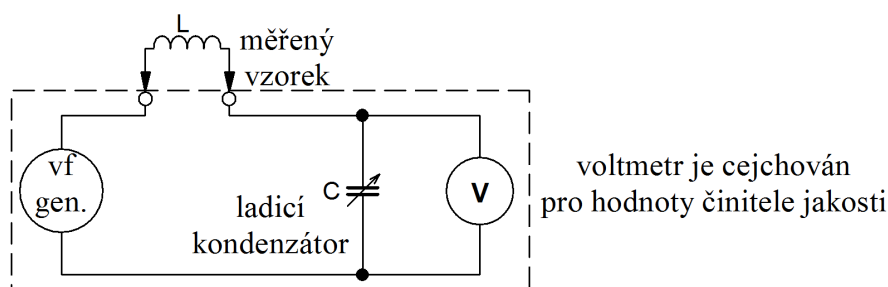
Indukčnost v elektrickém obvodu je obvykle realizována cívkou, tj. uspořádáním vodičů ve tvaru závitů. Cívka může být navinuta z vodičů obvykle kruhového průřezu do válcového nebo diskového tvaru nebo např. vytvořena jako obrazec na desce plošných spojů. Indukčnost cívky závisí na počtu závitů, rozměrech vinutí, vzájemné poloze závitů a na magnetické vodivosti prostředí, kterým se uzavírají siločáry magnetického toku cívky (vzduch, ferromagnetický materiál). Při použití cívky v obvodech s vysokými frekvencemi napětí se výrazně uplatní také odpor a kapacity vinutí, skin efekt a vř. vlastnosti magnetických materiálů.

3.2 Měření frekvenční závislosti činitele převýšení Q

3.2.1 Úkol měření

Zjistěte měřením kmitočtové závislosti činitele převýšení Q daných vzorků cívek vliv konstrukčního provedení (délky vinutí, rozměrů a formy vodičů) na jejich kvalitu. Naměřené hodnoty vynesete do grafu! Diskutujte vliv provedení vinutí na vlastnosti cívky. Ověřte vliv feritového jádra na vlastnosti cívek.

3.2.2 Schéma zapojení



3.2.3 Postup měření

Měřte na Q -metru v kmitočtovém rozsahu určeném nejmenší a největší kapacitou ladícího kondenzátoru přístroje (obvod s cívkou se ladí do rezonance). Kmitočtový krok volte tak, abyste u každé cívky změřili alespoň 5 hodnot rovnoměrně rozložených v kmitočtovém intervalu. Vložením feritového jádra do cívek 1 až 3 (vzorky 4-6) zjistěte změnu jejich el. parametrů.

3.2.4 Měřené vzorky

1. cívka $D = 40$ mm, $l = 27$ mm, 13 závitů vodičem $\varnothing 1,2$ mm
2. cívka $D = 40$ mm, $l = 27$ mm, 27 závitů vodičem $\varnothing 0,6$ mm
3. cívka $D = 40$ mm, $l = 27$ mm, 57 závitů vodičem $\varnothing 0,3$ mm
4. cívka $D = 40$ mm, $l = 27$ mm, 13 závitů vodičem $\varnothing 1,2$ mm, feritové jádro z mat. N1
5. cívka $D = 40$ mm, $l = 27$ mm, 27 závitů vodičem $\varnothing 0,6$ mm, feritové jádro z mat. N1
6. cívka $D = 40$ mm, $l = 27$ mm, 57 závitů vodičem $\varnothing 0,3$ mm, feritové jádro z mat. N1
7. cívka MESC (GES Electronic), $10 \mu\text{H}$, feritové jádro tyčinka
8. cívka 09P (GM Electronic), $560 \mu\text{H}$, feritové jádro cívka

3.3 Měření frekvenční závislosti indukčnosti L_S a činitele převýšení Q vzorků na feritových jádrech

3.3.1 Úkol měření

Změřte sériovou indukčnost L_S a činitel převýšení Q v závislosti na frekvenci. Najděte frekvenci pro maximální hodnotu Q a frekvenci vlastní rezonance f_r . Měření proveďte pomocí LCR metru HP4284A.

3.3.2 Postup měření

Měřte na Q-metru v kmitočtovém rozsahu určeném nejmenší a největší kapacitou ladícího kondenzátoru přístroje (obvod s cívkou se ladí do rezonance). Kmitočtový krok volte tak, abyste u každé cívky změřili alespoň 5 hodnot rovnoměrně rozložených v kmitočtovém intervalu. Vložením feritového jádra do cívek 1 až 3 (vzorky 4-6) zjistíte změnu jejich el. parametrů.

3.3.3 Měřené vzorky

1. tlumivka 3,7 mH (feritové jádro obdélníkové)
2. tlumivka 600 μ H (feritové jádro obdélníkové)

3.4 Obrázková příloha

