

5. Měřicí usměrňovač

14.3.2005

Spolupracoval: Karel Koubek

Úkol měření

1. Pomocí odporové dekády s odporem R_D a polovodičového usměrňovače v Graetzově zapojení, zatíženého rezistorem $R_1 = 100 \, \Omega$ (viz obr. 1), realizujte střídavý číslicový voltmetr s rozsahem 2 V (rozsah multimetru V_2 v režimu měření stejnosměrného napětí nastavte 200 mV, velikost odporu R_D nastavte experimentálně při vstupním napětí 1,95 V). Změřte závislost stejnosměrného výstupního napětí U_2 na efektivní hodnotě napětí vstupního. Průběh napětí na zatěžovacím rezistoru R_1 sledujte osciloskopem.

2. Voltmetr se stejným rozsahem jako v bodě 1 realizujte pomocí operačního zesilovače s usměrňovačem ve zpětné vazbě podle schématu na obr. 2a nebo 2b (převodník napětí-proud). Odvoďte příslušný vztah a vypočítejte hodnotu odporu R_D tak, aby efektivní hodnotě vstupního napětí 1 V odpovídala střední hodnota napětí na rezistoru R_1 $U_{R1} = 100 \, \text{mV}$ (střední hodnota výstupního proudu je tedy 1 mA). Experimentálně dostavte hodnotu odporu R_D tak, aby byl tento požadavek skutečně splněn, a vysvětlete případný rozdíl oproti vypočtené hodnotě. Opět změřte závislost stejnosměrného výstupního napětí na efektivní hodnotě napětí vstupního U . Osciloskopem sledujte nejen průběh proudu, ale i průběh napětí na výstupu OZ. Vysvětlete funkci OZ jako zdroje proudu řízeného napětím.

Teoretický rozbor úlohy

Pasivní usměrňovače používané převážně v magnetoelektrických voltmetrech využívají k usměrnění vlastností polovodičových diod. Vzhledem k jejich nelinearitě je i závislost střední hodnoty proudu na výstupu usměrňovače na efektivní hodnotě vstupního napětí nelineární. Tato nelinearita je eliminována nelineární stupnicí přístroje. Vzhledem k částečnému potlačení nelinearity předřadným rezistorem závisí tato na použitém rozsahu, což vede k použití různých stupnic pro jednotlivé rozsahy.

Tuto metodu není možno použít v číslicových přístrojích, ve kterých se tedy používají tzv. operační usměrňovače. Usměrňovač je napájen ze zdroje proudu, realizovaného jako převodník napětí-proud s operačním zesilovačem (obr 2 a nebo b). V případě ideálního operačního zesilovače platí $i_2 = -i_1 = -u_1/R_D$. Z toho

$$I_2 = \frac{U_2}{R_1} = \frac{U_{1S}}{R_D}$$

kde I_2 je střední hodnota proudu na výstupu usměrňovače

U_{1S} je střední hodnota střídavého napětí na vstupu operačního usměrňovače

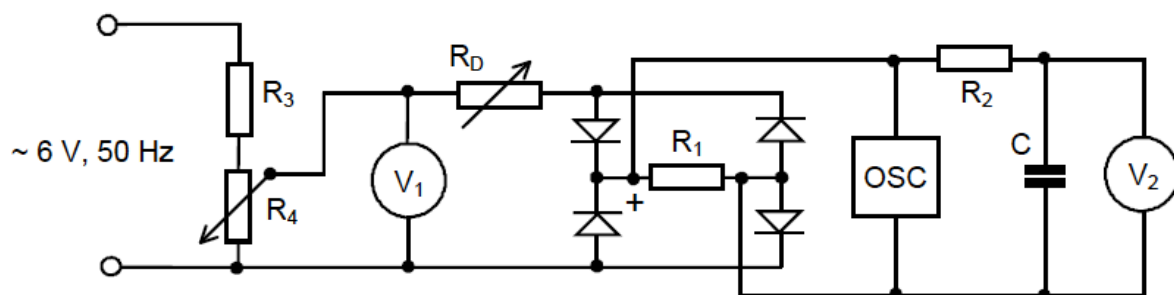
U_2 je střední hodnota úbytku napětí na odporu R_1

R_D je velikost předřadného odporu

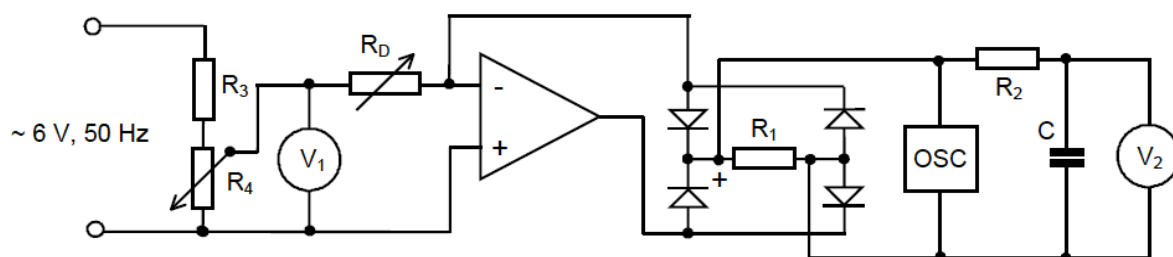
Obvykle požadujeme údaj v efektivních hodnotách, je v případě harmonického průběhu potřeba dosadit $U_{1S} = U_1/1,11$. Pak tedy

$$R_D = \frac{U_1 \cdot R_1}{1,11 \cdot U_2} = \frac{1 \cdot 100}{1,11 \cdot 0,1} \doteq 901 \, \Omega$$

Schéma zapojení



Obr. 1 Měření převodní charakteristiky sestaveného voltmetru s pasivním usměrňovačem



Obr. 2a Zapojení sestaveného voltmetru s operačním usměrňovačem

Seznam použitých přístrojů

zdroj Tesla BK 126

V_1 – ručkový voltmetr, rozsah 2,4 V, třída přesnosti 1,5

V_2 – dig. multimetr LG DM-441B jako stejnosměrný voltmetr, rozsah 200mV, přesnost $\pm(0,1\%+4\text{dgt})$

osciloskop GoldSstar OS-9020G

odporová dekáda

2 regulační rezistory

přípravek s operačním zesilovačem

přípravek s usměrňovačem a filtrem

Naměřené hodnoty a jejich zpracování

případ 1)

použitá velikost předřadného odporu $R_D = 322 \Omega$

případ 2a)

použitá velikost předřadného odporu $R_D = 943 \Omega$

tabulka naměřených hodnot a grafy závislostí v příloze

Zhodnocení dosažených výsledků měření

Střídavý voltmetr realizovaný pomocí pasivního usměrňovače vykazuje značně nelineární závislost stejnosměrného výstupního napětí na střídavém napětí vstupním. Námi realizovaným voltmetrem bylo možno měřit vstupní napětí od asi 0,7 V, při menších hodnotách bylo výstupní stejnosměrné napětí příliš malé.

V případě usměrňovače s operačním zesilovačem bylo nutno vypočtenou hodnotu odporu korigovat o necelých 5 % nahoru, což bylo pravděpodobně způsobeno použitým zdrojem napětí, které mělo průběh značně deformovaný oproti předpokládanému průběhu sinusovému. Takto realizovaný voltmetr však zajišťoval téměř lineární převod, pozorované drobné odchylky od ideálu mohly však být způsobeny omezenou přesností přístroje použitého pro měření vstupního napětí.

Měřicí usměrňovač - závislost ss výstupního napětí na efektivní hodnotě napětí vstupního

U ₂ /mV	5	10	25	50	100	150	195
U ₁ /V	0,72	0,78	0,94	1,12	1,44	1,70	1,95
U ₁ '/V	0,00	0,10	0,26	0,52	1,00	1,50	1,96

