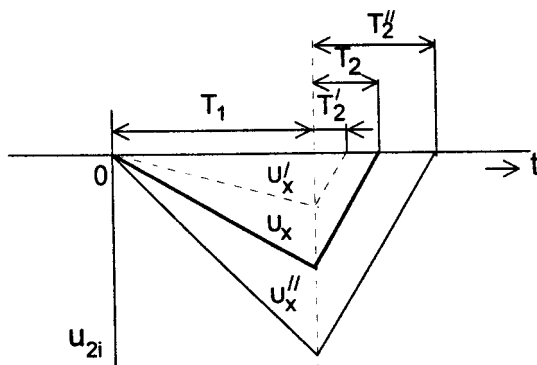


10. Číslicový voltmetr s dvojitou integrací

10.1. Teoretický rozbor

10.1.1. Funkce číslicového voltmetru s dvojitou integrací

Při měření se integruje se měřené napětí U_X . V čase T_1 se vynuluje čítač a přepne se změřeného na referenční napětí a integruje se referenční napětí. Za dobu T_2 čítač načítá N impulsů, jejichž počet je úměrný napětí U_X .

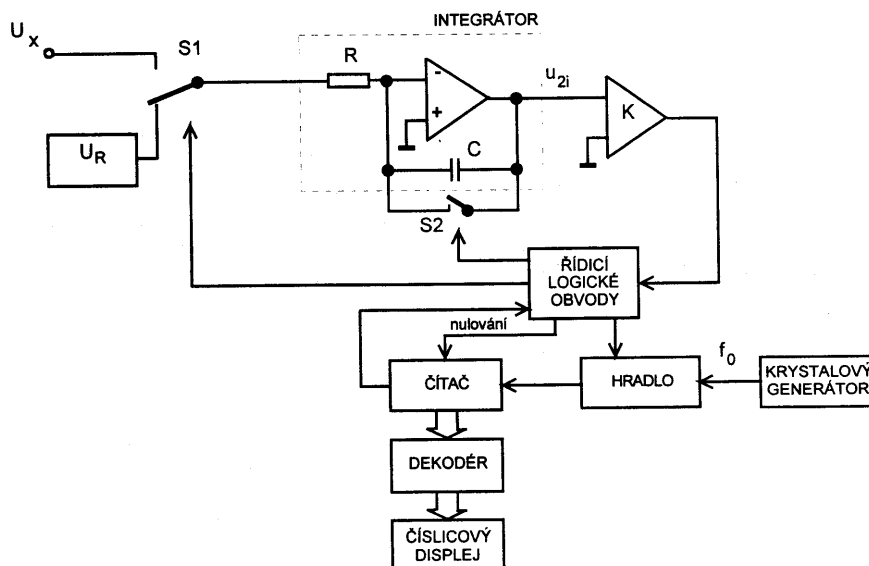


$$\frac{U_X}{RC} T_1 = \frac{U_R}{RC} T_2$$

$$N = f_0 T_1 \frac{U_X}{U_R} = \frac{N_1}{U_R} U_X = K U_X$$

N_1 – maximální údaj čítače

Obr.: Průběhy výstupního napětí integrátoru pro různé hodnoty měřeného napětí ($U''_X > U_X > U'_X > 0$)



Obr.: Blokové schéma číslicového voltmetru s dvojitou integrací

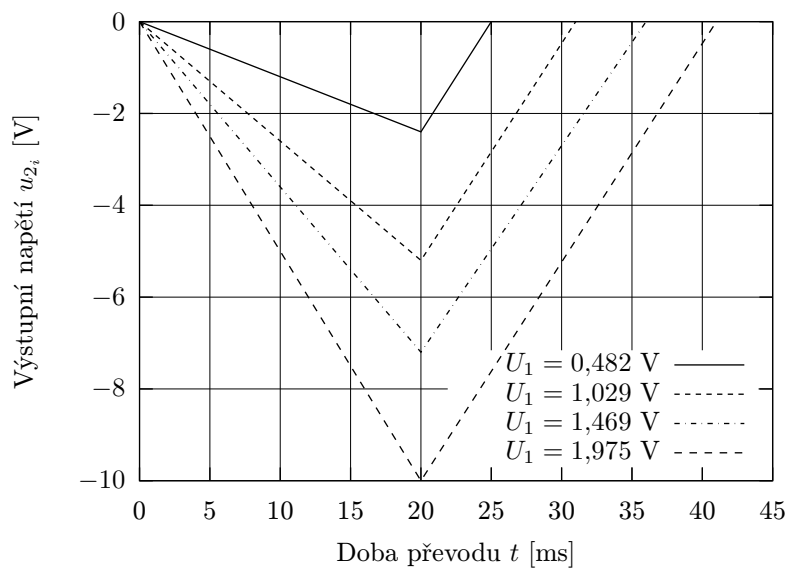
Sériové rušení na vstupu číslicového voltmetru může způsobit značnou chybu. Je způsobeno například střídavými, rušivými signály indukovanými vsítí. Integrovaní A/D převodníky toto rušení potlačují. Díky vhodné zvolené době integrace (T_1 je rovno celistvému násobku doby periody sítě tj. 20 ms) je integrál rušivého napětí za T_1 nulový. Rušení je také ovlivněno

fázovým posuvem rušivého signálu vůči periodě T_1 . Maximální rušení vzniká pokud se maximální hodnota rušivého sinusového signálu vyskytne ve středu doby T_1 . Odpovídající hodnota činitele rušení je

$$K_{pSM_{min}} = 20 \log \frac{\pi T_1 f_r}{\sin(\pi T_1 f_r)}$$

10.2. Naměřené a vypočtené hodnoty

10.2.1. Průběh na integrátoru



U_1 [V]	U_{2i} [V]	T_1 [ms]	T_2 [ms]
0,482	2,4	20	5
1,029	5,2	20	11
1,463	7,2	20	16
1,975	10,0	20	21

10.2.2. Závislost činitele potlačení seriového rušení na kmitočtu

f [Hz]	$U_{max_{CVf}}$ [V]	K_{pSM} [dB]	f [Hz]	$U_{max_{CVf}}$ [V]	K_{pSM} [dB]	f [Hz]	$U_{max_{CVf}}$ [V]	K_{pSM} [dB]
25	0,799	5,55	97	0,023	36,36	150	0,015	40,08
47	0,03	34,06	100	0,053	29,11	153	0,041	31,34
50	0,069	26,82	103	0,06	28,03	175	0,061	27,89
53	0,102	23,43	125	0,104	23,26	197	0,014	40,68
75	0,123	21,80	147	0,014	40,68	200	0,032	33,49

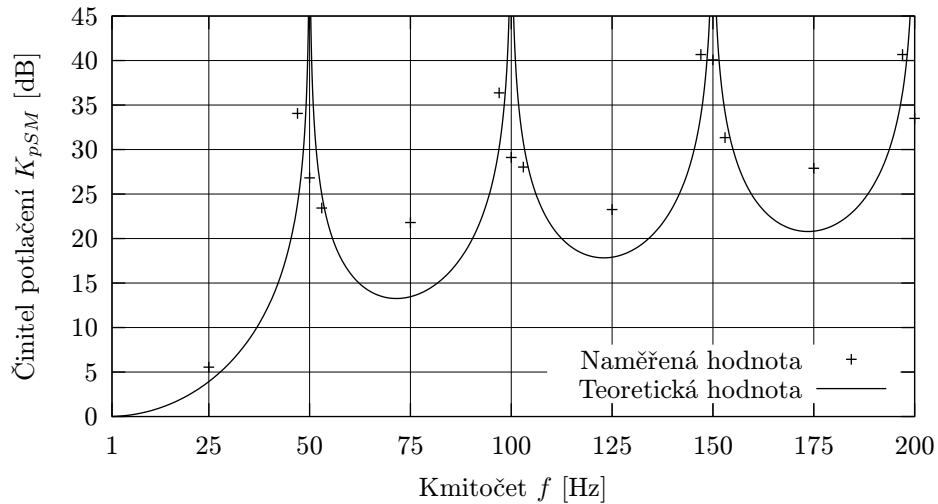
Příklad výpočtu

- Vstupní harmonické napětí $U_{ef} = 1,070$ V
- Maximum vstupního harmonického napětí $U_{max_{in}} = \sqrt{2}U_{ef} = \sqrt{2} \cdot 1,07$ V = 1,513 V
- Kmitočet $f = 50$ Hz

- Doba integrace $T_1 = 20$ ms
- Činitel potlačení seriového rušení na kmitočtu K_{pSM}

$$K_{pSM}(f) = 20 \log \frac{U_{maxin}}{U_{maxCVf}} = 20 \log \frac{1,513}{0,069} = 26,82 \text{ dB}$$

Graf závislosti



10.3. Závěr

Nanaměřených průbězích výstupu integrátoru je zobrazen tvar napětí u_{2i} odpovídající teoretickým předpokladům. Doba integrování T_1 odpovídala přibližně době periody síťové frekvence 50 Hz.

Výsledky měření závislosti činitele potlačení seriového rušení na kmitočtu jsou zatíženy chybou způsobenou zřejmě nepřesným kmitočtem v elektrorozvodné síti. V ideálním případě je v celistvých násobcích $T_1 = 20$ ms činitel potlačení $K_{pSM} \rightarrow \infty$, v našem případě dosahoval maxima pro kmitočty 47 Hz, 97 Hz, 147 Hz, ... a to přibližně 40 dB, což odpovídá chybě asi 1 %. Z toho je patrné, že voltmetry s integračním AČ převodníkem by měly mít proměnlivou dobu integrování v závislosti na okamžitém kmitočtu sítě, který může kolísat vlivem zatížení.

Z grafu je dále vidět že činitel potlačení seriového rušení celkově roste se zvyšující se frekvencí.