

17. Transformátorový můstek

17.1. Teoretický rozbor

V transformátorovém můstku zapojeném dle schématu na obr. A je jako neznámá impedance C_X , R_X zapojen kapacitní snímač výšky hladiny.

Pro můstek ve vyváženém stavu platí $\hat{I}_1 = \hat{I}_2$,

$$\frac{\hat{U}_1(1-n)}{R_X + \frac{1}{j\omega C_X}} = \frac{\hat{U}_1 n}{R_D + \frac{1}{j\omega C_N}} \Rightarrow R_X + \frac{1}{j\omega C_X} = \frac{1-n}{n} \left(R_D + \frac{1}{j\omega C_N} \right).$$

Pro seriové náhradní schéma měřeného kondenzátoru platí

$$C_X = \frac{n}{1-n} C_N, \quad R_X = \frac{1-n}{n} R_D.$$

Pro ztrátový činitel kondenzátoru platí

$$\operatorname{tg} \delta_X = \omega R_X C_X = \omega R_D C_N$$

V předchozích vztazích je

- \hat{U}_1 – napájecí napětí indukčního děliče,
- n – hodnota odečtená na přepínačích indukčního děliče,
- C_X , R_X – prvky seriového náhradního schématu měřeného kapacitního snímače
- C_N – hodnota kapacity kapacitního etalonu,
- R_D – velikost odporu dekády ve vyváženém stavu můstku.

17.1.1. Vliv stínění

Vliv připojení stínění zjistíme podle náhradního schématu na obr. 17.3 v skriptu Elektrická měření – Laboratorní cvičení.

V případě, že stínění připojíme do bodu A, je kapacita C_{10} připojena paralelně k indukčnímu děliči (který se chová jako zdroj napětí s nulovým výstupním odporem) a tudíž se neuplatní; na kapacitě C_{20} bude ve vyváženém stavu nulové napětí, proto se také neuplatní.

V případě, že stínění je připojeno k bodu B, je kapacita C_{20} zkratována a kapacita C_{10} se přičte ke kapacitě C_{12} (jsou řazeny paralelně). V tomto případě měříme kapacitu $C_{10} + C_{12}$ a navíc je neuzemněná svorka vstupu indikátoru vyvážená spojena se stíněním, což má negativní vliv na velikost rušivých napětí a může případně i znemožnit vyvážení můstku.

Spojíme-li stínění s bodem C, je kapacita C_{10} zkratována, C_{20} je paralelně k C_{12} , měříme tedy $C_{20} + C_{12}$. Ke stínění je připojeno napětí zdroje zmenšené $(n-l)$ -krát.

V případě, že stínící kryt není propojen se žádným bodem můstku, závisí naměřená hodnota kapacity na velikosti okamžité kapacity mezi stměním a zemí a podmínky pro měření nejsou definovány.

17.2. Naměřené a vypočtené hodnoty

Hladina [ml]	Poloha stínění	n [-]	R_D [Ω]	C_X [pF]	R_X [Ω]	$\text{tg } \delta_X$ [-]
0	A	0,1470	9500	137,74	55126	0,0168
150	A	0,2072	6000	208,89	22958	0,0106
300	A	0,4000	4000	532,84	6000	0,0071
450	A	0,5000	2890	799,27	2890	0,0051
450	B	0,5834	2660	1119,28	1899	0,0047
450	C	0,4960	3200	786,58	3252	0,0057
450	—	0,4965	3290	786,16	3336	0,0058

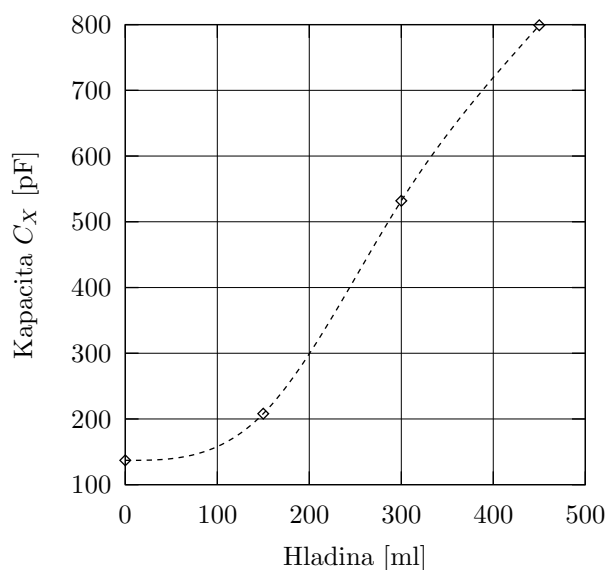
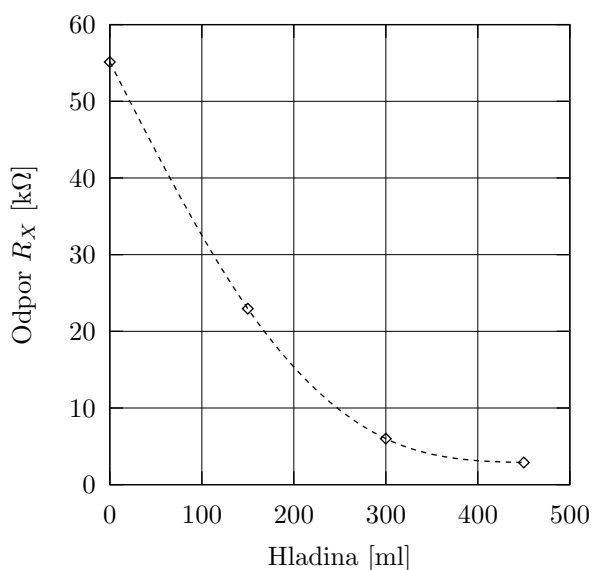
- Kmitočet

$$f = 3,52 \text{ kHz}$$

- Kapacitní etalon

$$C_N = 799,27 \text{ pF}$$

17.3. Závislost impedance na výšce hladiny



17.4. Závěr

Zvyšováním hladiny v přípravku rostla hodnota kapacity C_X a klesala hodnota odporu R_X .

Při propojení stínění s bodem A je měřená kapacita C_X nejpřesnější, protože vliv kapacity stínění se neprojeví. Při propojení stínění s bodem B došlo k výraznému zvětšení měřené kapacity o asi 40 %, jelikož se přičetla kapacita stínění, v tomto bodě bylo navíc problematické vyvážení můstku. Při zapojení do bodu C se vliv kapacity stínění tolik neprojevil, ačkoliv bylo očekáváno její zvětšení v důsledku připočítání parazitní kapacity stínění, byla výsledná hodnota o něco málo menší.

Největší problémy v tomto měření způsobovalo přesné nastavování vyvážení můstku a jeho kontrola na osciloskopu, kde byl obraz značně zkreslen rušením síťového kmitočtu 50 Hz.