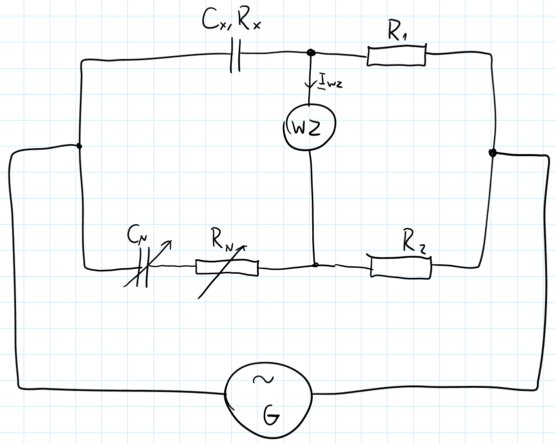
Mostek Viena

Kondensator rzeczywisty modelujemy kondensatorem idealnym C_x i rezystorem R_x



$$\left(R_x + \frac{1}{j\omega C_x}\right) R_2 = \left(R_N + \frac{1}{j\omega C_N}\right) R_1$$

$$R_x R_2 = R_N R_1$$

$$\frac{R_2}{j\omega C_x} = \frac{R_1}{j\omega C_N}$$

$$R_x = R_N \frac{R_1}{R_2}$$

$$C_x = C_N \frac{R_2}{R_1}$$

$$tg\,\delta = \frac{U_{Rx}}{U_{Cx}} = \frac{I_x R_x}{I_x \frac{1}{j\omega C_x}} = \omega R_x C_x$$

$$tg\,\delta = \omega R_x C_x =$$

schematu trzeba się nauczyć, resztę można z niego wyprowadzić

Równowagę układu uzyskuje się przez kilkukrotne zmiany wartości pojemności C_N i rezystancji R_N

Pomiary $tg\delta$ są wiarygodne, gdy badane kondensatory mają właściwości jednorodne. Gdy kondensatory są niejednorodne, to wypadkowy zmierzony współczynnik jest równy

$$tg\,\delta = \frac{C_1 tg\,\delta_1 + C_2 tg\,\delta_2 + \ldots + C_n tg\,\delta_n}{C_1 + C_2 + \ldots + C_n}$$

$$tg\,\delta = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i tg_i}{\sum_{i=1}^{n} C_i}$$

Jeżeli kondensator C_x jest utworzony z kilku kondensatorów połączonych równolegle, to:

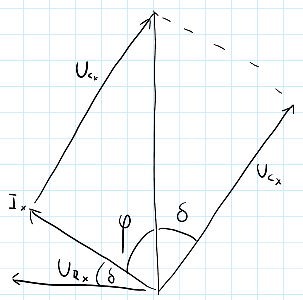
$$tg\,\delta = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} tg\,\delta_i$$

Niepewności pomiarów:

$$u_r(R_x) = \sqrt{u_r^2(R_N) + u_r^2(R_1) + u_r^2(R_2)} = \frac{1}{\sqrt{3}}\sqrt{[\delta(R_N)]^2 + [\delta(R_1)]^2 + [\delta(R_2)]^2}$$

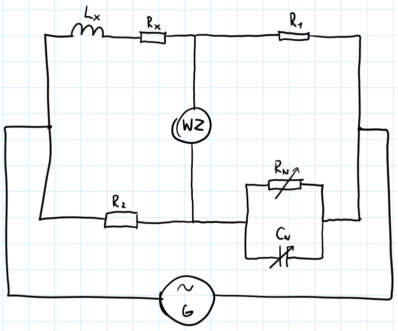
$$u_r(C_x) = \sqrt{u_r^2(C_N) + u_r^2(R_1) + u_r^2(R_2)}$$

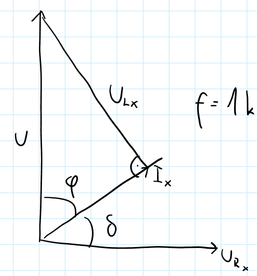
$$u_r(tg\,\delta) = \sqrt{u_r^2(\omega) + u_r^2(R_N) + u_r^2(C_N) + u_r^2(P)}$$



Mostek Maxwella - Wiena

MOSTEK MAXWELLA - WIENA





$f = 1\,kHz$

$$\frac{\omega_x}{R_x} = \frac{\omega_{C_N}}{R_N} \qquad \omega_U = tg\,\varphi$$

Równowagę mostka uzyskuje się dokładnie tak, jak przy mostku Wiena.

$$(R_x + j\omega L_x)\left(\frac{R_N \cdot \frac{1}{j\omega C_N}}{R_N + \frac{1}{j\omega C_N}}\right) = R_1 R_2$$

$$(R_x + j\omega L_x)\left(\frac{R_N}{1 + j\omega C_N R_N}\right) = R_1 R_2$$

$$(R_x + j\omega L_x) R_N = (1 + j\omega C_N R_N) R_1 R_2$$

$$R_x = R_1 \frac{R_2}{R_N}$$

$$L_x = C_N R_1 R_2$$

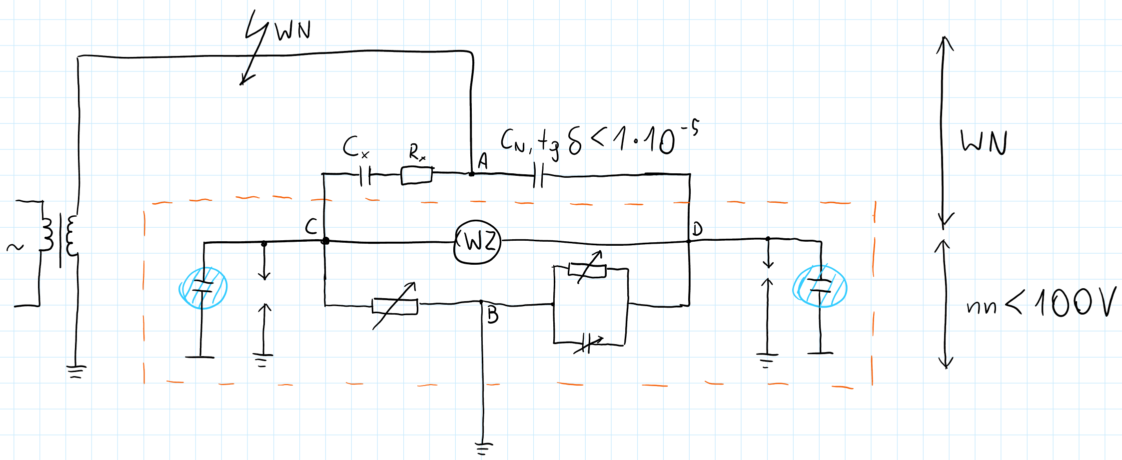
$$Q = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega C_N R_N$$

$$u_r(R_x) = \sqrt{u_r^2(R_N) + u_r^2(R_1) + u_r^2(R_2)}$$

$$u_r(L_x) = \sqrt{u_r^2(C_N) + u_r^2(R_1) + u_r^2(R_2)}$$

$$u_r(Q_x) = \sqrt{u_r^2(\omega) + u_r^2(C_N) + u_r^2(R_N) + u_r^2(P)}$$

MOSTEK SCHERINGA



Jest stosowany przy pomiarze pojemności i wsp. $tg\,\delta$ przy wysokim napięciu

Znajduje zastosowanie w badaniach dielektryków, tkanin, izolatorów, maszyn izolacyjnych itp. o wysokim napięciu roboczym

Pojemność wz

aby napięcie C_d w

$100\,pF - 1000\,pF$

Urządzenia pomiarowe i pomiarowiec są zabezpieczeniem przed pojawieniem się WN za pomocą iskierników ostrzowych, odgromników zaworowych i uziemionych ekranów.

Równoważeniem mostka przeprowadza się za pomocą rezystorów R_1, R_2 i kondensatora C_1. Warunek równowagi mostka:

MOSTEK SCHERINGA

$$\left(R_x + \frac{1}{j\omega C_x}\right) \frac{R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = R_2 \cdot \frac{1}{j\omega C_N}$$

$$\left(R_x + \frac{1}{j\omega C_x}\right) R_1 \frac{1}{j\omega C_1} = \left(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) \frac{R_2}{j\omega C_N}$$

$$\left(R_x + \frac{1}{j\omega C_x}\right) \frac{R_1}{C_1} = \left(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) \frac{R_2}{C_N}$$

$$\frac{R_x \cdot R_1}{C_1} = \frac{R_1 R_2}{C_N} \rightarrow R_x = R_2 \frac{C_1}{C_N}$$

$$\boxed{\frac{R_1}{C_1 C_x} = \frac{R_2}{C_1 C_N} \rightarrow C_x = C_N \frac{R_1}{R_2}}$$

$$\operatorname{tg}\delta = \omega C_x R_x = \omega C_N \frac{R_1}{R_2} R_2 \frac{C_1}{C_N} = \omega C_1 R_1$$

$$u(R_x) = \sqrt{u_r^2(R_2) + u_r^2(C_1) + u_r^2(C_N)}$$

$$u(C_x) = \sqrt{u_r^2(C_N) + u_r^2(R_1) + u_r^2(R_2)}$$

$$\operatorname{tg}\delta = \sqrt{u_r^2(\omega) + u_r^2(C_1) + u_r^2(R_1)}$$

Mostki transformatorowe

Analizując układy mostkowe wykazaliśmy, że wzorce nielomiarowe, szczególnie pojemności, powodują błędy o znacznych wartościach.

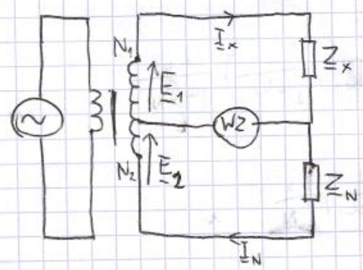
Błędy te minimalizuje się w mostkach transformatorowych, w których:

- dwa ramiona mostka są zastąpione przez indukcyjny dzielnik napięcia (IDN) o błędzie podziału napięcia na poziomie $1 \cdot 10^{-6}$.

~~w błędzie p~~

- wzorzec z wzorcem jednomiarowym (a zatem o małym błędzie).

Ideę działania mostka transformatorowego pokazano na rysunku:



Stan równowagi mostka opisuje równanie: $\underline{I}_x = \underline{I}_N$

$$\underline{I}_x = \underline{I}_N$$

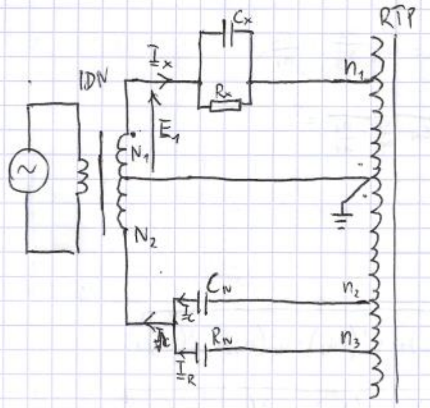
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad E_1 = \underline{I}_x \cdot \underline{Z}_x \qquad \frac{N_1}{N_2} = \frac{\underline{Z}_x}{\underline{Z}_N}$$

$$E_2 = \underline{I}_N \cdot \underline{Z}_N$$

$$\underline{Z}_x = \underline{Z}_N \frac{N_1}{N_2}$$

Mostek transformatorowy z jednomiarowymi wzorcami pojemności i rezystancji.

Mostek zawiera IDN oraz różnicowy transformator prądowy (RTP)



IDN opisuje równanie:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Ponieważ impedancja uzwojeń RTP jest pomijalnie mała w porównaniu z impedancją mierzoną i wzorcową, to równanie

$$\oint H dl = 0$$

$$I_x \cdot n_1 - I_C n_2 - I_R n_3 = 0$$

Prądy występujące w powyższym równaniu są równe:

$$I_x = \frac{E_1}{Z_x} = \frac{E_1}{\frac{R_x \cdot \frac{1}{j\omega C_x}}{R_x + \frac{1}{j\omega C_x}}} = E_1 \frac{R_x + \frac{1}{j\omega C_x}}{R_x \cdot \frac{1}{j\omega C_x}} = E_1\left(\frac{1}{R_x} + j\omega C_x\right)$$

$$I_C = \frac{E_2}{X_N} = \frac{E_2}{\frac{1}{j\omega C_N}} = E_1 \frac{N_2}{N_1} j\omega C_N$$

$$I_R = \frac{E_2}{R_N} = E_1 \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{1}{R_N}$$

$$E_1\left(\frac{1}{R_x} + j\omega C_x\right) n_1 - E_1 \frac{N_2}{N_1} j\omega C_N n_2 - E_1 \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{1}{R_N} \cdot n_3 = 0$$

$$\frac{n_1}{R_x} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{1}{R_N} \cdot n_3 \rightarrow R_x = R_N \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{n_1}{n_3}$$

$$C_x n_1 = \frac{N_2}{N_1} C_N n_2 \rightarrow C_x = C_N \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$tg\delta = \frac{1}{\omega R_x C_x} = \frac{1}{\omega R_N \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{n_1}{n_3} \cdot C_N \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{n_2}{n_1}} =$$

$$tg\delta = \frac{1}{\omega R_N C_N \frac{n_2}{n_3}}$$

Niepewności:

$$u_r(R_x) = \sqrt{u_r^2(R_N) + u_r^2(N_1) + u_r^2(N_2) + u_r^2(n_1) + u_r^2(n_3)}$$

$$u_r(C_x) = \sqrt{u_r^2(C_N) + u_r^2(N_1) + u_r^2(N_2) + u_r^2(n_1) + u_r^2(n_2)}$$

$$u_r(tg\delta) = \sqrt{u_r^2(\omega) + u_r^2(R_N) + u_r^2(C_N) + u_r^2(n_2) + u_r^2(n_3)}$$

$$u_r(R_x) = \sqrt{u_r^2(R_N) + u_r^2\left(\frac{N_2}{N_1}\right) + u_r^2\left(\frac{n_1}{n_3}\right) + u_r^2(P)}$$

$P \rightarrow$ pobudliwości