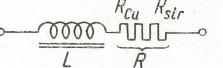
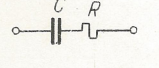
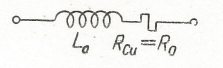
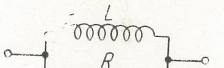
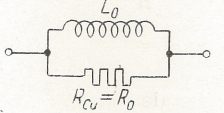
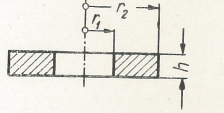
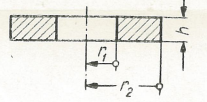
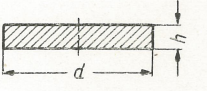


Zestawienie wzorów na określenie zespolonej przenikalności i stałej dielektrycznej z pomiarów w układach pomiarowych impedancji o stałych skupionych i rozłożonych

Lp.	1	2	3	4
Układ pomiarowy	Miernik impedancji w układzie zastępczym szeregowym (Q — metr mostkowy różnicowy)	Miernik impedancji w układzie zastępczym równoległym (mostkowy, różnicowy, rezonansowy, metodą podstawiania)	Rezonator współosiowy	Linia koncentryczna pomiarowa
Wielkości mierzone	 $L \text{ i } R \text{ lub } Q = \frac{\omega L}{R}$ badź C_{rez} i $Q \left(L = \frac{1}{\omega^2 C_{rez}} \right)$  $C \text{ i } R \text{ lub } \operatorname{tg} \delta$ $\text{badź } \Delta C \text{ i } \operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \delta_w - \operatorname{tg} \delta_0 = \frac{1}{Q_w} - \frac{1}{Q_0}$ przy pomiarze Q — metrem z cewką o tangensie sfrat $\operatorname{tg} \delta_0$  $L_0 \text{ i } R_{cu} \text{ lub } Q_0 = \frac{\omega L_0}{R_{cu}}$ L_0 — ind. cewki powietrza o tej samej ilości zwojów co cewka pomiarowa nawinięta na rdzeń dielektryczny bezstratny o wymiarach identycznych z badanym.	 $L \text{ i } R \text{ lub } Q = \frac{R}{\omega L} = R_{wc}$ lub C_{rez} i Q badź R  $L_0 \text{ i } R_0 \text{ lub } Q_0 = \frac{R_0}{\omega L_0} \text{ (oznaczenia jak w p. 1)}$ badź też C_0 i R_0	Częstotliwości rezonansowe f_0, f_p, f_m odpowiednio oznaczają częstotliwość rezonatora pustego z próbką i pierścieniem mosiężnym, Q_0, Q_p — dobroci z szerokości krzywej rezonansu	Przesunięcie minimum napięcia po wtrąceniu próbki — Δ_m Współczynnik fali stojącej linii pustej ξ_0 „ „ „ „ z próbką ξ_p
Obliczanie składowych przenikalności μ_1 i μ_2	Próbka toroidalna nawinięta równomiernie n — zwojami  $\mu_1 = \frac{L \cdot 10^9}{2h \ln \frac{r_2}{r_1} n^2} = \frac{10^9}{2 \omega^2 C \ln \frac{r_2}{r_1} n^2}$ $\mu_2 = \frac{\mu_1}{Q} - \frac{1}{Q_0} = \frac{R - R_0}{\omega L_0}$ Próbka toroidalna umieszczona w jarzmie jedzwojowym $\mu_1 = 1 + \frac{(L_p - L_0) 10^9}{2h \ln \frac{r_2}{r_1}} = 1 + \frac{C_m (C_0 - C_p)}{C_p (C_m - C_p)}$ $\mu_2 = \frac{\frac{L_p}{Q_p} - \frac{L_0}{Q_0}}{2h \ln \frac{r_2}{r_1}} = (\mu_1 - 1) (C_0 - C_p) \left(\frac{C_0}{Q_p} - \frac{C_p}{Q_0} \right)$ Indeksy $p, 0, m$ oznaczają pomiar jarzma pustego z próbką i pierścieniem mosiężnym o wymiarach identycznych z próbką.	Próbka toroidalna nawinięta równomiernie n zwojami $\mu_1 = \frac{10^9}{2h \ln \frac{r_2}{r_1} n^2} \cdot \frac{L}{1 + \left(\frac{\omega L}{R} \right)^2} = \frac{10^9}{2h \ln \frac{r_2}{r_1} n^2 \left(\omega^2 C + \frac{1}{R^2 C} \right)}$ $\mu_2 = \frac{\mu_1}{Q} \left[1 - \frac{R_0}{R} \cdot \frac{1 + Q^2}{1 + Q_0^2} \right]$ Próbka toroidalna w jarzmie jedzwojowym $\mu_1 = 1 + \left[\frac{L_p}{1 + \left(\frac{1}{Q_p} \right)^2} - \frac{L_0}{1 + \left(\frac{1}{Q_0} \right)^2} \right] \cdot \frac{10^9}{2h \ln \frac{r_2}{r_1}} = 1 + \left[\frac{C_0 C_m}{(C_0 - C_m) C_p \left(1 + \frac{1}{Q_p^2} \right)} - \frac{1}{C_m} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{Q_0^2}} \right]$ $\mu_2 = (\mu_1 - 1) \frac{1 - \frac{R_0}{R} \cdot \frac{1 + Q_p^2}{1 + Q_0^2}}{Q_p - \frac{C_p}{C_0} \cdot \frac{Q_0^2}{Q_p} \left(\frac{1 + Q_p^2}{1 + Q_0^2} \right)}$ Znaczenie indeksów $p, 0, m$ — jak w p. 1	Próbka toroidalna umieszczona w maksimum pola magnetycznego $\mu_1 = 1 + \frac{f_0 (f_0 - f_p) \left(2 + \frac{f_0 - f_m}{f_p} \right)}{f_p (f_m - f_0) \left(2 - \frac{f_m - f_0}{f_m} \right)}$ $\mu_2 = \frac{(u_1 - 1) (Q_0 - Q_p)}{Q_0 Q_p \left[\left(\frac{f_0}{f_p} \right)^2 - 1 \right]}$ $Q = \frac{f_r}{ f_2 - f_1 }$ f_1 i f_2 — częstotliwości, dla których napięcie wyjściowe jest o 3 dB niższe niż maksimum	Próbka umieszczona w maksimum pola magnetycznego (w końcu linii zwartej) $\mu_1 \approx 1 + \frac{\ln \frac{r_B}{r_A}}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot \frac{\Delta_m}{h}$ $\mu_2 \approx \frac{\lambda_0}{2\pi h} \cdot \frac{\ln \frac{r_B}{r_A}}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \left(\frac{1}{\xi_p} - \frac{1}{\xi_0} \right)$ λ_0 — długość fali w powietrzu, $\xi_p > 10$ r_B i r_A — promień zewnętrzny i wewnętrzny linii pomiarowej
Obliczanie składowych stałej dielektrycznej ϵ_1 i ϵ_2	Próbki toroidalne $\epsilon_1 = \frac{1,8 C \ln \frac{r_2}{r_1} \cdot 10^{12}}{h}$  $\epsilon_2 = \epsilon_1 \operatorname{tg} \delta = \epsilon_1 R \omega C = \epsilon_1 (\operatorname{tg} \delta_w - \operatorname{tg} \delta_0) = \epsilon_1 \left(\frac{Q_w \omega Q_0}{Q_0 - Q_w} \right)$ Próbki płytkowe $\epsilon_1 = \frac{14,4 C h 10^{12}}{d^2}$  $\epsilon_2 = \epsilon_1 \operatorname{tg} \delta = \dots$	Próbki toroidalne $\epsilon_1 = \frac{1,8 C \ln \frac{r_2}{r_1} \cdot 10^{12}}{h (1 + \operatorname{tg}^2 \delta)}$ $\epsilon_2 = \epsilon_1 \operatorname{tg} \delta = \dots$ Próbki płytkowe $\epsilon_1 = \frac{14,4 C h \cdot 10^{12}}{d^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \delta)}$ $\epsilon_2 = \epsilon_1 \operatorname{tg} \delta = \dots$	Próbka toroidalna umieszczona w maksimum pola elektrycznego Wzory jak przy obliczeniu μ_1 i μ_2	Próbka toroidalna umieszczona w odł. $\frac{\lambda}{4}$ od końca linii zwartej $\epsilon_1 = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1} \left[(\epsilon_{1m}^2 + \epsilon_{2m}^2) \left(\ln \frac{r_A r_2}{r_1 r_B} + \epsilon_{1m} \ln \frac{r_B}{r_A} \right) \right]}{\left(\epsilon_{1m} \ln \frac{r_A r_2}{r_1 r_B} + \ln \frac{r_B}{r_A} \right)^2 + \left(\epsilon_{1m} \ln \frac{r_A r_2}{r_1 r_B} \right)^2}$ $\epsilon_2 = \frac{\epsilon_{2m} \ln \frac{r_2}{r_1} \ln \frac{r_B}{r_A}}{\left(\epsilon_{1m} \ln \frac{r_A r_2}{r_1 r_B} + \ln \frac{r_B}{r_A} \right)^2 + \left(\epsilon_{2m} \ln \frac{A' B'}{A' B} \right)^2}$
Uwagi	Wymiary geometryczne w [cm] R w [Ω]; C w [F]; L w [H]; $\omega = 2\pi f$ w [Hz]	Przy wyznaczaniu μ_1 i μ_2 za pomocą mostka z indukcyjnością obowiązują wzory $\mu_1 = \frac{M \cdot 10^9}{2h \ln \frac{r_2}{r_1} n^2} \cdot \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}; \quad \mu_2 = \mu_1 \operatorname{tg} \delta$	Wzory przy innym sposobie strojenia rezonatora są analogiczne, lecz w praktyce są mało stosowane	$\epsilon_{m1} = 1 + \frac{\Delta_m}{h}$ $\epsilon_{2m} = \frac{\lambda_0}{2\pi h} \left(\frac{1}{\xi_p} - \frac{1}{\xi_0} \right)$