


ЧАСТЬ 5. МОСТОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ

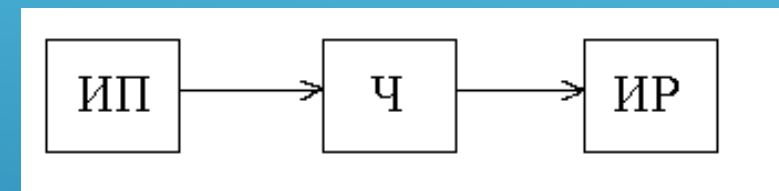
Several thin, parallel white lines are drawn diagonally across the right side of the slide, starting from the top right corner and extending towards the bottom left.

Мостовые измерительные схемы служат для сравнения двух напряжений или двух сопротивлений.

Всякая мостовая измерительная схема содержит три основные части:

- ▶ ИП – источник питания,
- ▶ Ч – четырехполюсник,
- ▶ ИР – индикатор равновесия.

МОСТОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ



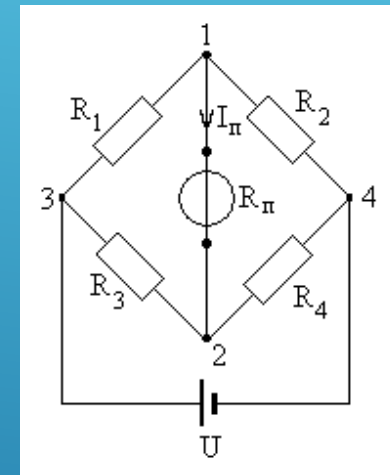
Для определения величины тока через прибор I_{Π} воспользуемся методом эквивалентного генератора:

$$I_{\Pi} = \frac{U_{12XX}}{R_{\Sigma} + R_{\Pi}}$$

где R_{Σ} – сопротивление цепи по отношению к зажимам 1-2, когда цепь ИР разомкнута, а источник питания заменен его внутренним сопротивлением.

$$I_{\Pi} = U \cdot \frac{\frac{R_1}{(R_1 + R_2)} - \frac{R_3}{(R_3 + R_4)}}{\frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)} + \frac{R_3 R_4}{(R_3 + R_4)} + R_{\Pi}} =$$
$$= U \cdot \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{R_1 R_2 (R_3 + R_4) + R_3 R_4 (R_1 + R_2) + R_{\Pi} (R_1 + R_2) (R_3 + R_4)}$$

ОДИНАРНЫЙ МОСТ



По нулевому методу ток в цепи ИР должен быть $I_{\pi}=0$. Тогда условием равновесия моста является выражение

$$R_1 R_4 - R_2 R_3 = 0.$$

Если измеряемое сопротивление $R_x=R_1$, то оно будет равно

$$R_x = R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4}.$$

Чувствительность по току определяется из выражений:

$$S_i = \frac{\Delta I_{\pi}}{(\Delta R_i / R_i)} \quad S_i = \frac{I_{\pi}}{\Delta R_i}$$

ОДИНАРНЫЙ МОСТ

В уравновешенном состоянии ток через измерительную диагональ 1-2 моста отсутствует. При этом:

$$I_x R_x + I_5 R_5 - I_2 R_2 = 0,$$

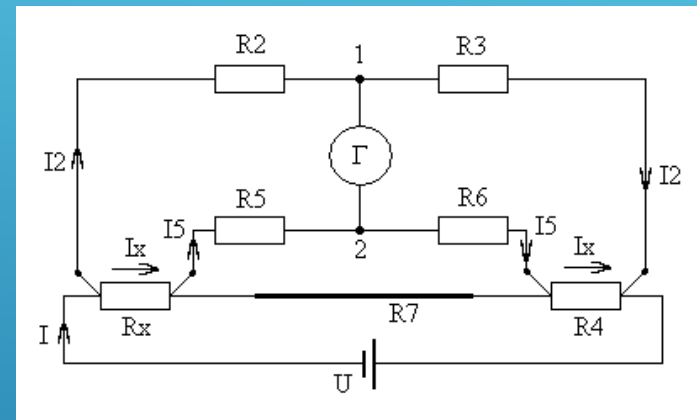
$$I_x R_4 + I_5 R_6 - I_2 R_3 = 0,$$

$$(I_x - I_5) R_7 = I_5 (R_5 + R_6).$$

После деления всех уравнений на I_x и исключения I_2/I_x и I_5/I_x находим:

$$R_x = R_4 \frac{R_2}{R_3} + \frac{R_6 R_7}{R_5 + R_6 + R_7} \left(\frac{R_2}{R_3} - \frac{R_5}{R_6} \right)$$

ДВОЙНОЙ МОСТ



Условие равновесия для моста:

$$\underline{Z}_1 \underline{Z}_4 = \underline{Z}_2 \underline{Z}_3$$

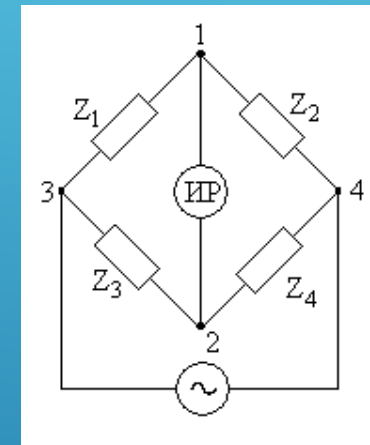
где \underline{Z} – комплексные сопротивления плеч моста. Иначе

$$z_1 e^{j\varphi_1} \cdot z_2 e^{j\varphi_4} = z_2 e^{j\varphi_2} \cdot z_3 e^{j\varphi_3}.$$

Таким образом, получаем два условия равновесия:

- по модулю $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$,
- по фазе $\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$.

МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



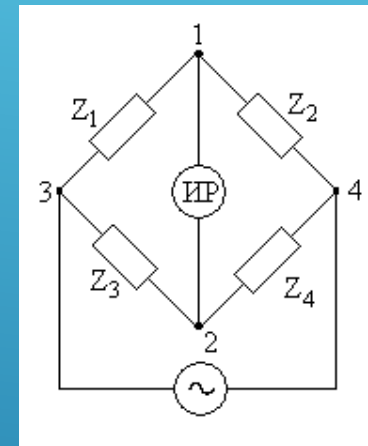
МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Условие равновесия можно записать иначе:

$$R_1 R_4 - X_1 X_4 = R_2 R_3 - X_2 X_3$$

$$R_1 X_4 + R_4 X_1 = R_2 X_3 + R_3 X_2$$

(здесь R и X – компоненты \underline{Z} , $\underline{Z} = R + jX$).



В схеме моста R_x , L_x – измеряемая индуктивность, R_3 – переменное сопротивление, C_3 – образцовая емкость.

Из условия равновесия $\underline{Z}_1 \underline{Z}_3 = \underline{Z}_2 \underline{Z}_4$

следует, что

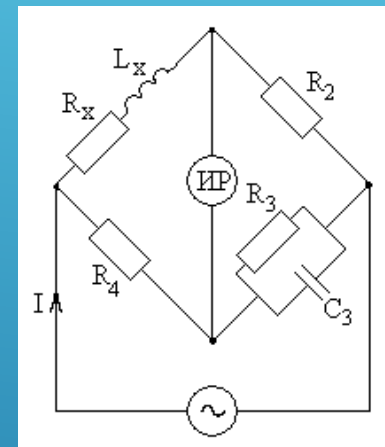
$$(R_x + j\omega L_x) \cdot \frac{1}{\frac{1}{R_3} + j\omega C_3} = R_2 R_4,$$

$$R_x = R_2 \cdot \left(\frac{R_4}{R_3} \right)$$

$$L_x = R_2 R_4 C_3$$

Добротность катушки $Q_x = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega C_3 R_3$

МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНДУКТИВНОСТИ



Здесь R_x , C_x – исследуемый конденсатор, C_4 – образцовая емкость.

Условие равновесия:

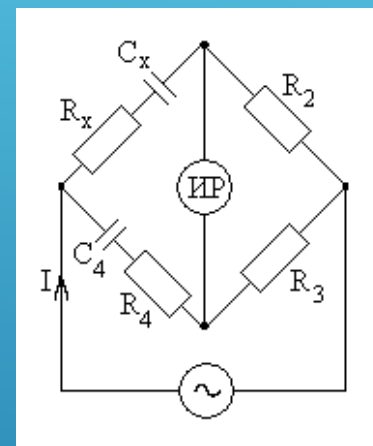
$$\left[R_x + \frac{1}{j\omega C_x} \right] R_3 = R_2 \left[R_4 + \frac{1}{j\omega C_4} \right]$$

$$C_x = C_4 \left(\frac{R_3}{R_2} \right) \quad R_x = R_2 \left(\frac{R_4}{R_3} \right)$$

Тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta_x = \omega C_x R_x = \omega R_4 C_4$.

Резистор R_3 градуируют в единицах емкости, R_4 – в значениях $\operatorname{tg} \delta$.

МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ



ПОГРЕШНОСТИ МОСТОВ

Погрешность моста задается по модулю в процентах от измеряемой величины, например:

$$\Delta X = \pm(a + bX),$$

где a – постоянная величина,
 b – коэффициент пропорциональности,
 X – измеряемая величина.

Например, $\Delta L = 0,01L + L'$, тут $L' = \text{const}$.

ΔL – абсолютная погрешность моста.

относительная погрешность будет равна

$$\gamma_{\text{отн}} = (\Delta L / L) \cdot 100\% = (1 + (L' / L)) \cdot 100\%.$$

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

