

经典和现代实用交流电桥

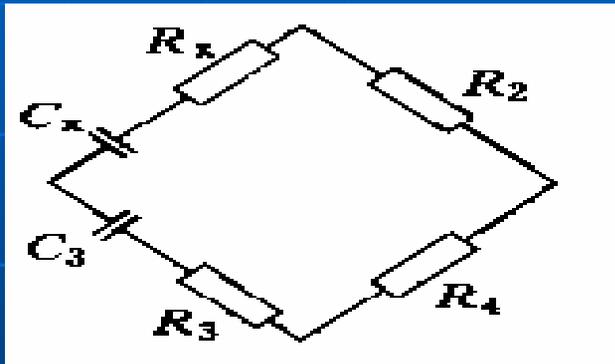
电磁学实验室制作

前言

- 在电工测量中,交流电桥主要用于测量电阻 R ,电容 C ,电感 L ,互感 M ,电容器的损耗因数 $\tan \delta$,电感线圈的品质因数 Q ,以及电源信号的频率等

1. C/C电桥一

原理图



平衡方程式

$$C_x = \frac{R_1}{R_2} C_3$$

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

$$\tan \delta_x = \omega C_3 R_3$$

类型：实比

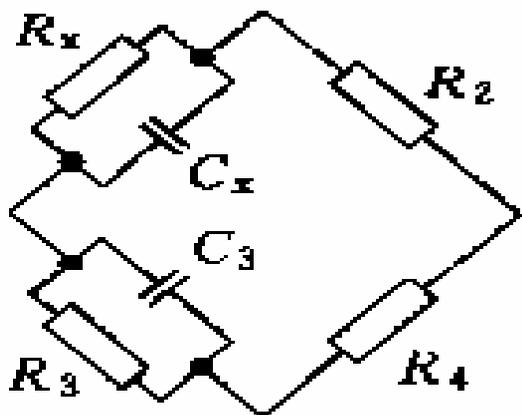
测量对象：容性阻抗

特点：

1. 适合测量损耗小的电容, 选 C_3 R_3 为调节量时收敛性好
2. 选 C_3 R_4 作为调节量时, 可直接读 $\tan \delta$ 和 C_x

2. C/C电桥二

原理图



平衡方程式

$$C_x = \frac{R_4}{R_2} C_3$$

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

$$\tan \delta_x = 1/(\omega C_3 R_3)$$

类型：实比

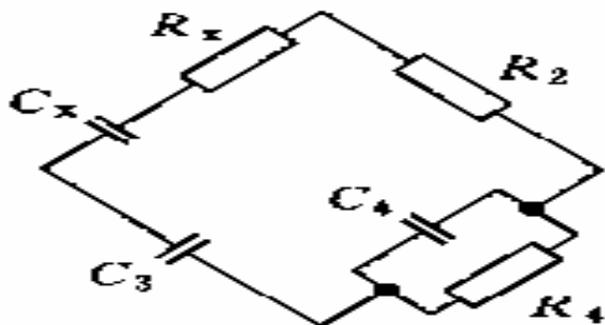
测量对象：容性阻抗

特点：

1. 适合测量损耗大的电容, 选 C_3 R_3 为调节量时收敛性好
2. 选 C_3 R_3 为调节量时收敛性好

3. 西林电桥

原理图



平衡方程式

$$C_x = \frac{R_4}{R_2} C_3$$

$$R_x = \frac{C_4}{C_3} R_2$$

$$\tan \delta_x = \omega C_4 R_4$$

类型：虚积

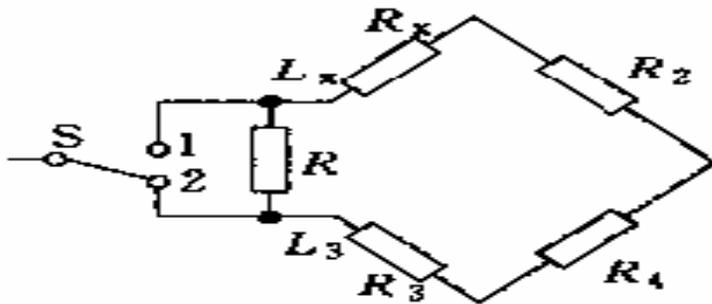
测量对象：容性阻抗

特点：

1. 用于研究绝缘材料(特别时高压下)的性质
2. 调 R_2 R_4 可直读 $\tan \delta$ 和 C_x

4. L/L电桥

原理图



平衡方程式

$$L_x = \frac{R_2}{R_4} L_3$$

$$R_x = \frac{R_2}{R_4} R_3 - R \quad (\text{假定S在2处})$$

$$Q_x = \frac{\omega L_3 R_2}{R_3 R_4 - R R_4}$$

类型：实比

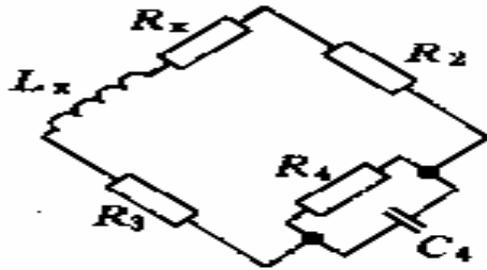
测量对象：感性阻抗

特点：

1. 适宜测Q值较低的电感,视需要可用S将R与 L_x 串连或与 L_3 串连
2. 调R R_2 时收敛性较差
3. 使用时要采取措施以避免两个电感间的相互影响

5. 麦可斯韦(maxwell)电桥

原理图



平衡方程式

$$L_x = R_2 R_3 C_4$$

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

$$Q_x = \omega C_4 R_4$$

类型：实积

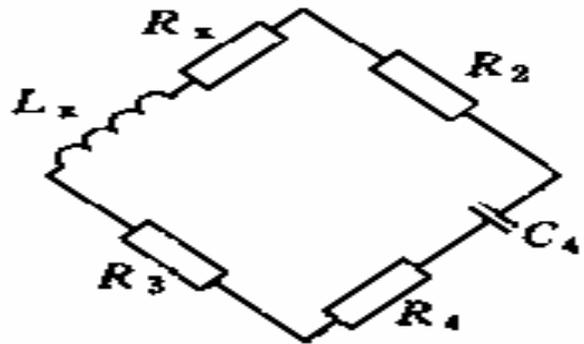
测量对象：感性阻抗

特点：

1. 适宜测Q值较低的电感,
2. 调 C_3, R_4 时收敛性较差, 但可直读 L_x 和 Q_x
3. 调 C_4, R_4 时收敛性理想
4. 也可以L为标准测C

6.海氏(Hay)电桥

原理图



平衡方程式

$$L_x = \frac{R_2 R_3 C_4}{1 + (\omega C_4 R_4)^2}$$

$$R_x = R_3 R_4 \frac{R_2 (\omega C_4)^2}{1 + (\omega C_4 R_4)^2}$$

$$Q_x = 1 / (\omega C_4 R_4)$$

$Q \gg 10$ 时, $1 + (\omega C_4 R_4)^2 \approx 1$, 于是

$$L_x \approx R_2 R_3 C_4$$

$$R_x \approx R_2 R_3 R_4 \omega^2 C_4^2$$

类型：实积

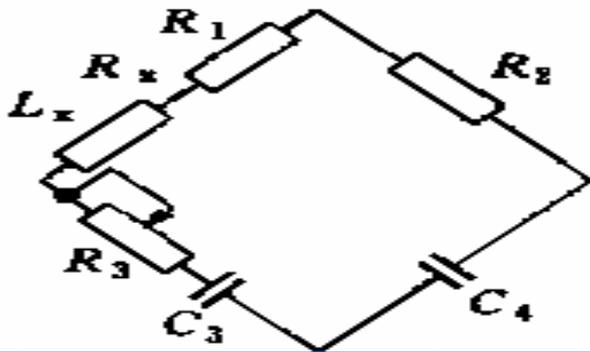
测量对象：感性阻抗

特点：

1. 适宜测 $Q > 10$ 的电感
2. 与maxwell电桥区别在于第四臂改为 C_4, R_4 串连
3. 多用于磁性测量

7. 欧文(Owen)电桥

原理图



平衡方程式

$$L_x = R_2 R_3 C_4$$
$$R_x = \frac{C_1}{C_3} R_2 - R_1$$

类型：虚比

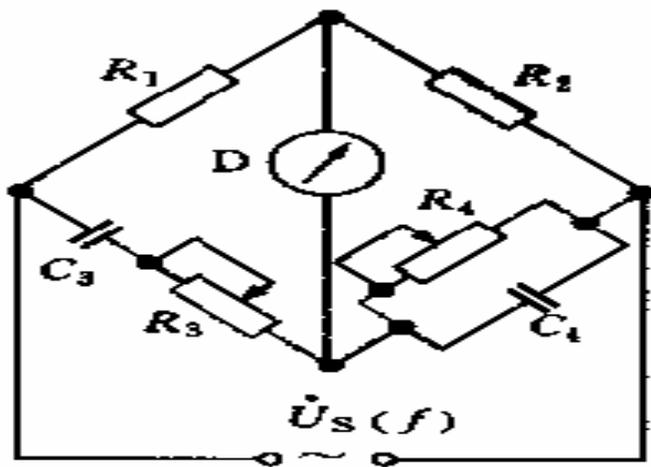
测量对象：感性阻抗

特点：

1. 适宜测电感
2. 调 C_3, R_3 时收敛性较好, 测量准确度高

8.文氏(Wien)电桥

原理图



平衡方程式

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_4}{C_3} + \frac{R_3}{R_4}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_3 R_4 C_3 C_4}}$$

若 $R_1 = 2R_2, R_3 = R_4, C_3 = C_4$, 则

$$f = \frac{1}{2\pi R_4 C_4}$$

类型：实比

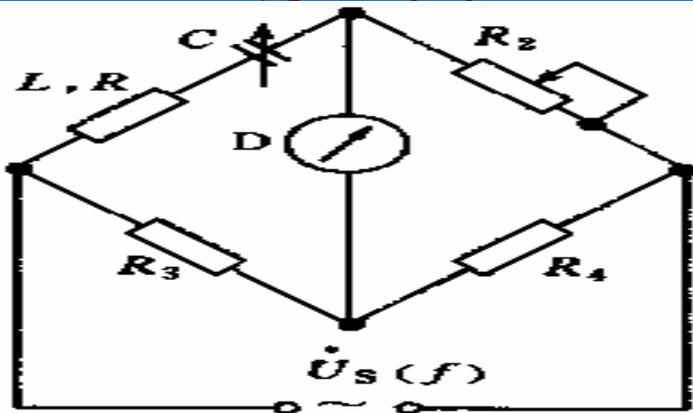
测量对象：频率

特点：

1. 适宜测正弦信号的频率

9. 谐振电桥

原理图



平衡方程式

$$RR_1 = R_2R_3$$
$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$
$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

类型：实比

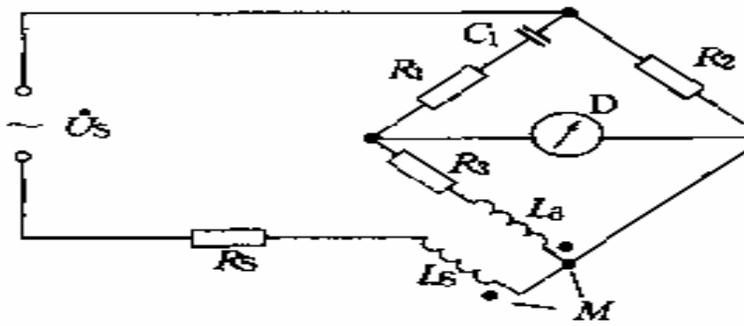
测量对象：频率(L, 或C)

特点：

1. 利用谐振原理测f
2. 若已知f, 也可用L测C, 或用C测量L

10.测互感专用电桥

原理图



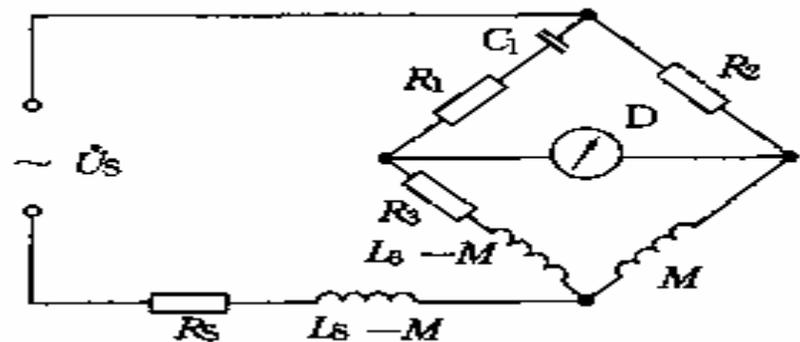
平衡方程式

$$\left. \begin{aligned} M &= R_2 R_3 C_1 \\ L_3 &= (R_1 + R_2) R_3 C_1 \end{aligned} \right\}$$

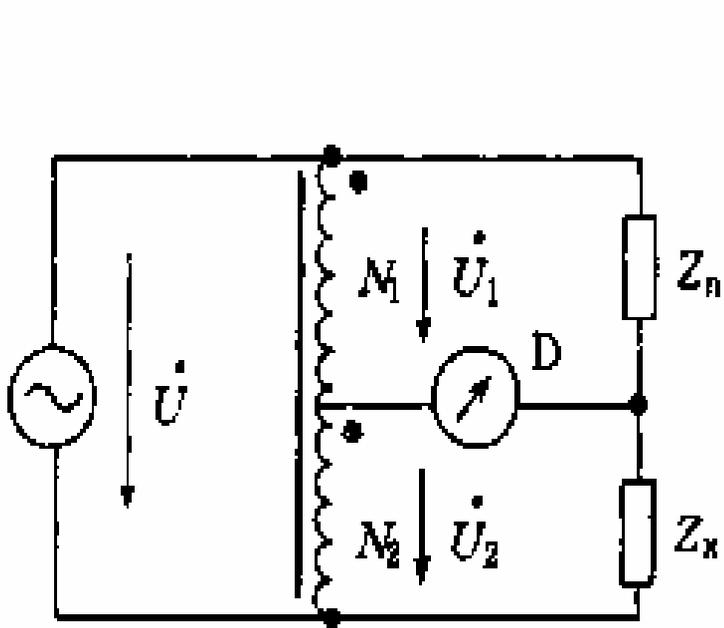
类型：实积

测量对象：互感M

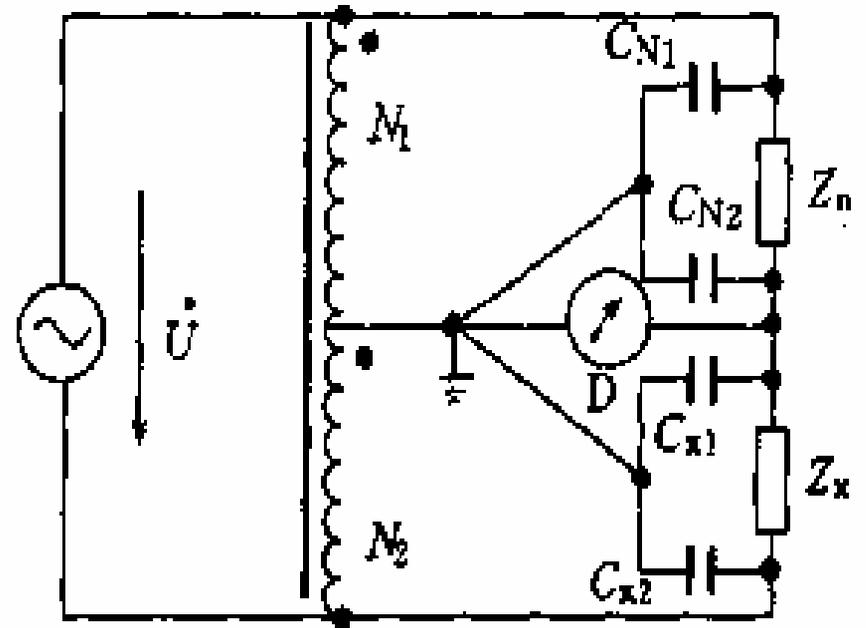
去耦等效电路



11. 变压器电桥



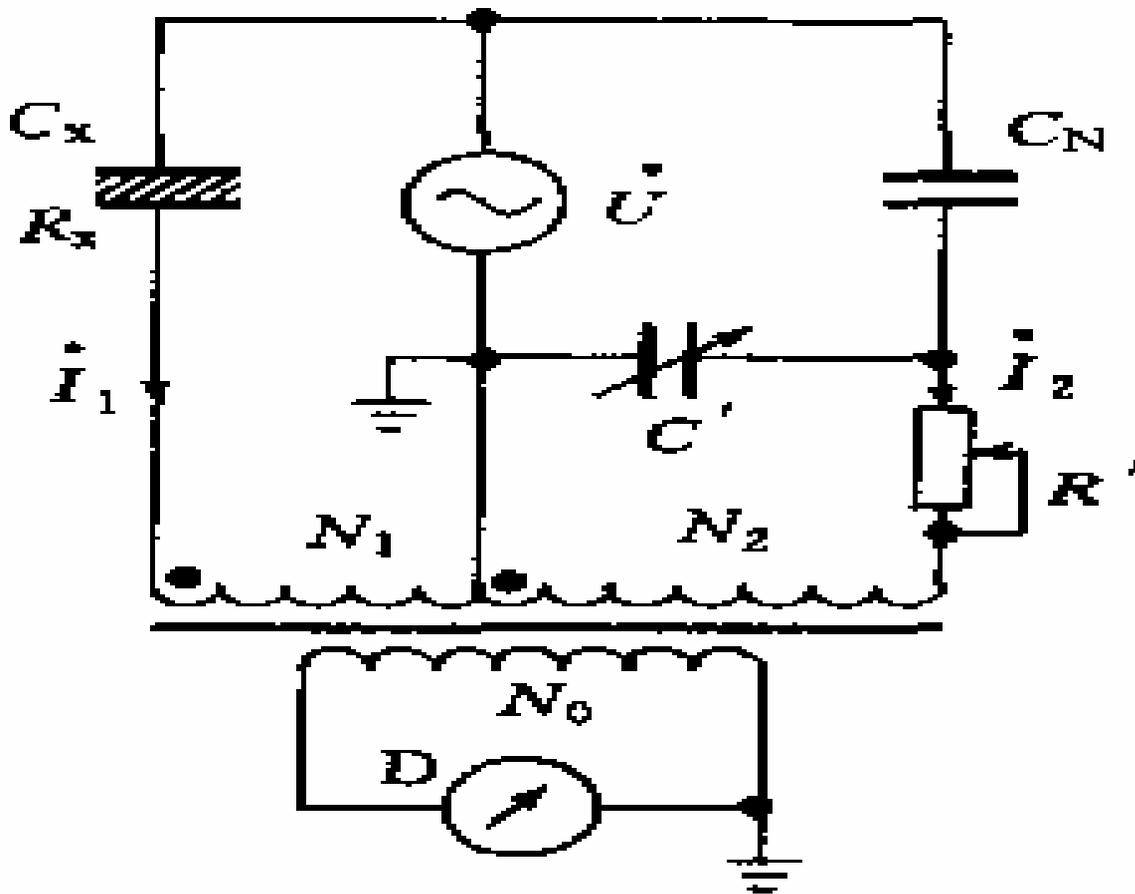
(a)



(b)

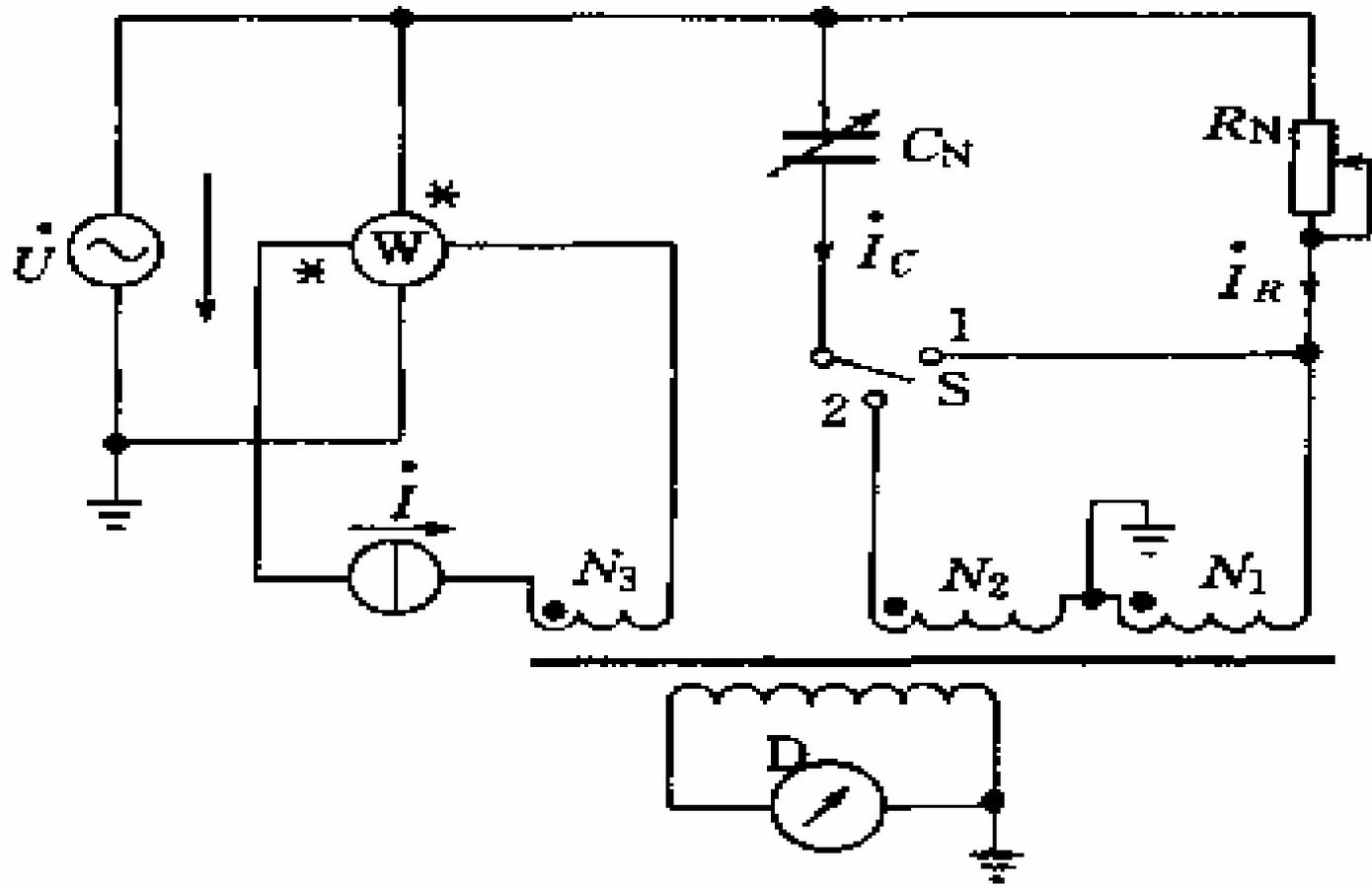
(a) 原理线路； (b) 对杂散电容的防护

12. 电流比较仪式电桥



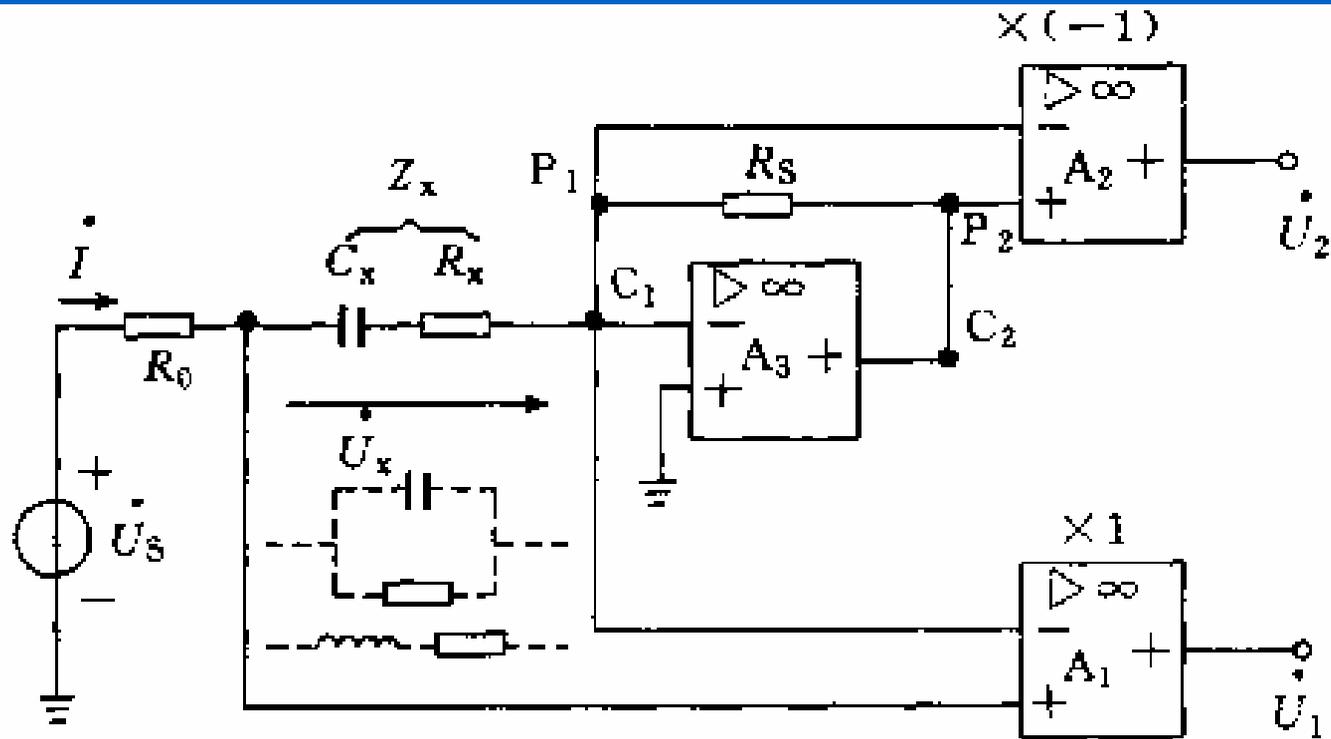
电流比较仪式电桥

13.功率电桥



功率电桥

14.半桥



半桥的工作原理

半桥的电路相当于真桥电路的左半部分，故此得名半桥。其实，去掉了有指零仪的那一半，已不是电桥。半桥没有平衡点，已全无电桥的基本特征。半桥的工件原理属于伏安法，依据的是欧姆定律。