

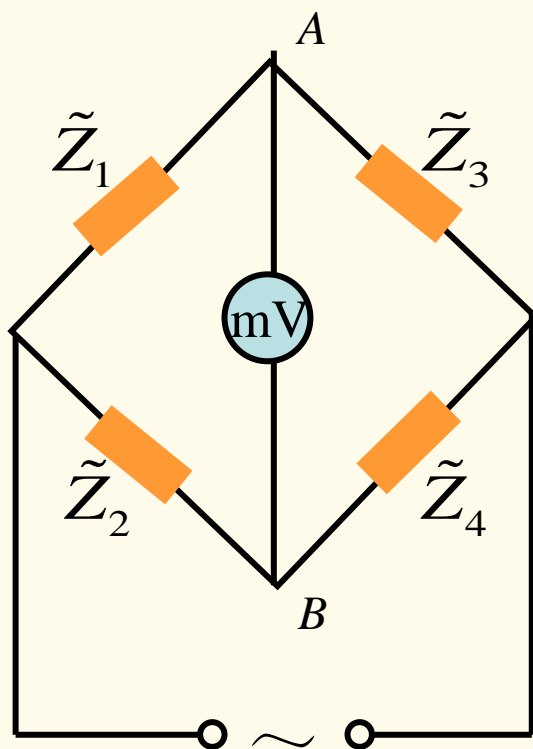


武漢大學

自強弘毅求是拓新

实验 5

交流电桥



中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

自強不息 求是拓新

实验目的

1. 了解交流电桥结构的特点
2. 学习和掌握交流电桥的平衡条件、原理及调节平衡的方法
3. 掌握用交流电桥测电感（L）、电容（C）

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

自強弘毅 求是拓新

实验原理

平衡原理 $\tilde{U}_{AB} = 0$

平衡条件

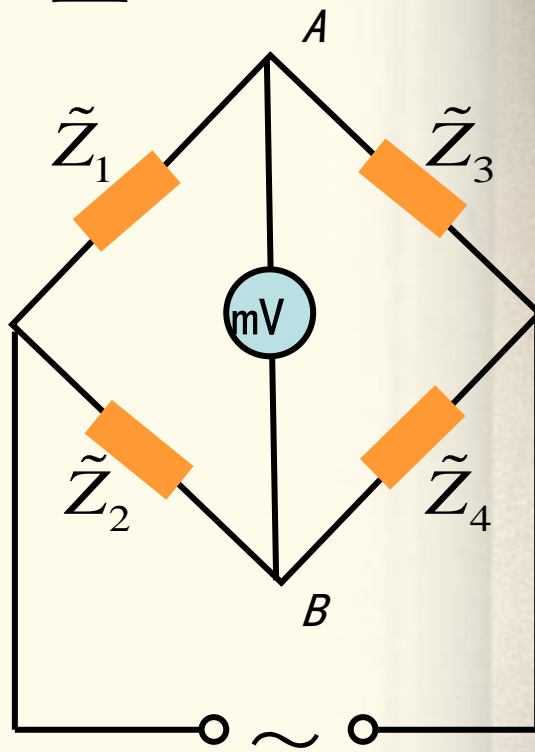
$$\tilde{Z}_1 \tilde{Z}_4 = \tilde{Z}_2 \tilde{Z}_3$$

因为 $\tilde{Z} = Ze^{i\varphi}$

上式可以改写为：

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$$



类比于直流电桥，交流电桥原理图

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

自強弘毅求是拓新

实验器材



中華民國二十三年
國立武漢大學建

信号源，用于提供测试源信号



武漢大學

自強弘毅求是拓新

实验器材



中華民國二十三年
國立武漢大學建

交流毫伏表，用于监控是否达到平衡



武漢大學

自強弘毅求是拓新

实验器材



中華民國二十三年
國立武漢大學建

交直流电阻箱



武漢大學

自強弘毅求是拓新

实验器材



中華民國二十三年
國立武漢大學建

标准电容箱



武漢大學

強弘毅求是拓新

电感的测量原理

—麦克斯韦电桥测电感

桥臂上的复阻抗满足

$$\begin{cases} \tilde{Z}_1 = r_L + j\omega L_x \\ \tilde{Z}_2 = R_1 \\ \tilde{Z}_3 = R_2 \\ \tilde{Z}_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + \frac{1}{-j/\omega C_0}} = \frac{R_0}{1 + j\omega C_0 R_0} \end{cases}$$

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

強弘毅求是拓新

电感的测量原理

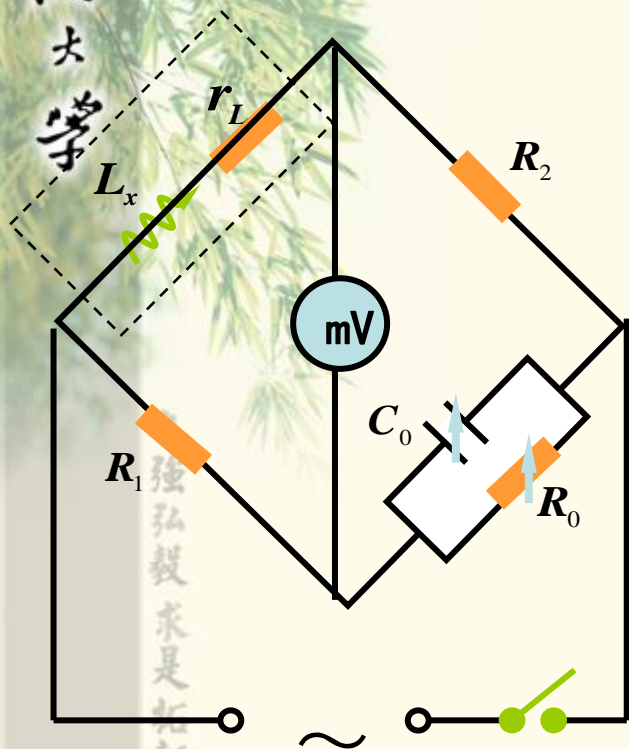
—麦克斯韦电桥测电感

由平衡条件

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

可以得到电桥的平衡条件

$$\begin{cases} L_x = R_1 R_2 C_0 \\ r_{L_x} = R_1 R_2 / R_0 \end{cases}$$



中華民國二十三年
國立武漢大學建



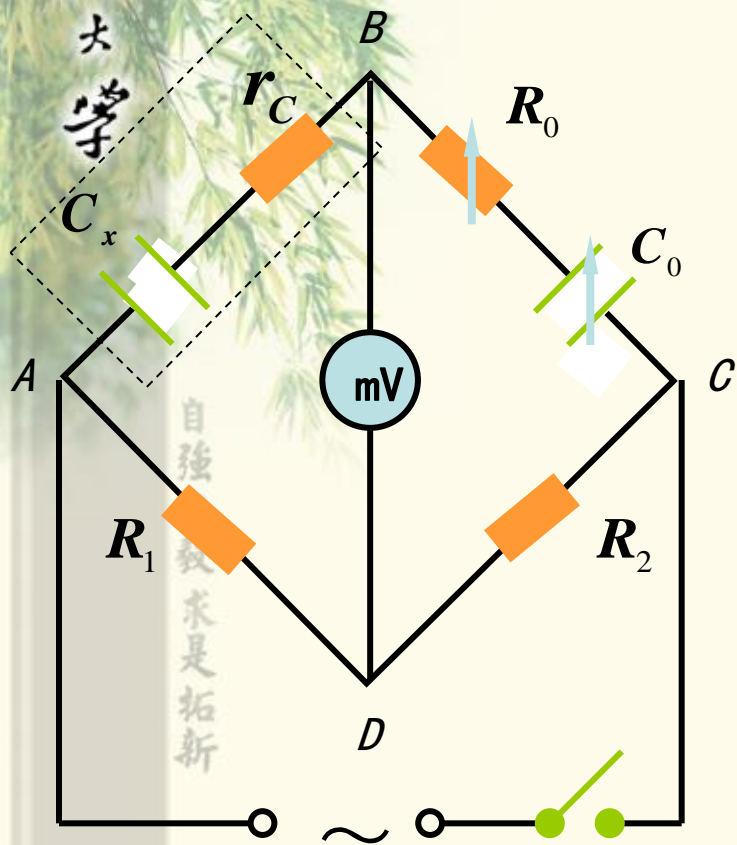
武漢大學

自強
致求
是拓
新

电容的测量原理

—简便电桥测电容

四个桥臂复阻抗



$$\begin{cases} \tilde{Z}_1 = r_C - j \frac{1}{\omega C_x} \\ \tilde{Z}_2 = R_1 \\ \tilde{Z}_3 = R_0 - j \frac{1}{\omega C_0} \\ \tilde{Z}_4 = R_2 \end{cases}$$

(6)

中華民國二十三年
國立武漢大學建

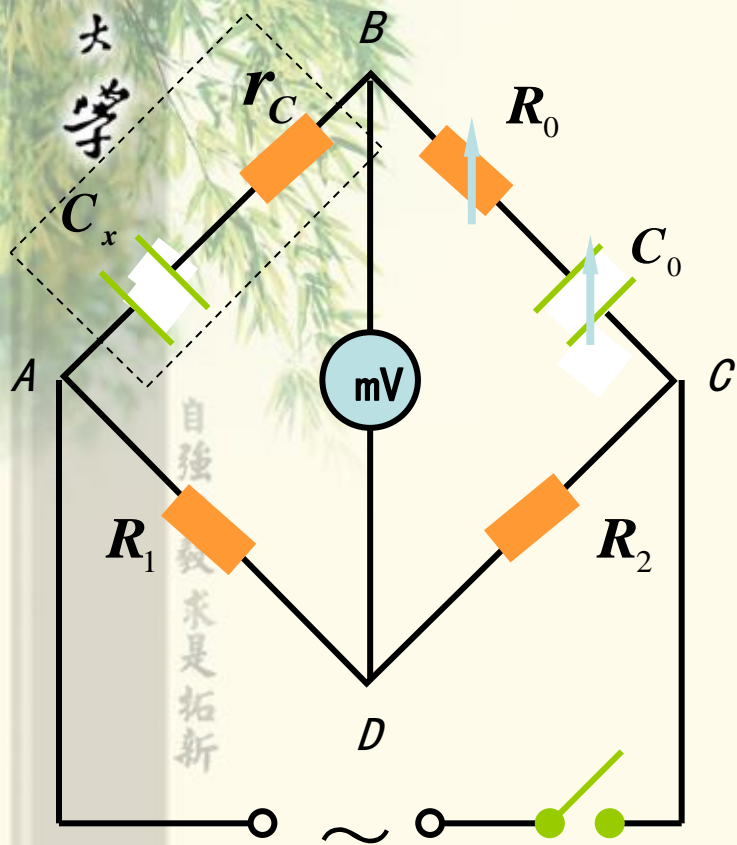


武漢大學

自強
致求
是拓
新

电容的测量原理

—简便电桥测电容



电桥平衡条件

$$\begin{cases} C_x = \frac{R_2}{R_1} C_0 \\ r_C = \frac{R_1}{R_2} R_0 \end{cases}$$

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

自強弘毅
求是拓新

实验内容步骤

- ① 接好电路图，设置好各个参数的初始值
- ② 将指零仪放在合适的量程
- ③ 设置信号源为 $f=1000\text{Hz}$ ，输出电压为 $3.0U_{\text{rms}}$ ，并保持恒定
- ④ “逐位扫值”调节 C_s 值，使指零仪指示值 U_{ab} 逐渐达到极小值（ 10mV 以内即可），记录数据
- ⑤ 逐步增大 R_3 的值，使 U_{ab} 出现极小值
- ⑥ 反复调节 C_s 和 R_3 ，使 $U_{ab}<1.5\text{mV}$ （ 10mV 以内即可），此时可以认为电桥出于平衡状态

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

实验数据表格

简便电桥测电容

表 3.7.1

测电容 C_x 及 r_{C_x} $f=1000\text{Hz}$, $U_{\text{RMS}}=3.0\text{V}$, $U_{AB}<1.5\text{mV}$

R_2/Ω	R_4/Ω	$C_S/\mu\text{F}$	$C_x = \frac{R_4 \cdot C_S}{R_2} / \mu\text{F}$	R_3/Ω	$r_{C_x} = \frac{R_2(R_3 + r_{C_S})}{R_4} / \Omega$	U_{AB}/mV
100	100	0.9280	0.9290	6.1	6.1	0.86
100	200	0.4664	0.9328	12.5	6.25	0.62
100	300	0.3090	0.9270	19.1	6.37	0.68



武漢大學

实验数据表格

麦克斯韦电桥测电感

表 3.7.2

测电感 L_x 及 r_{L_x} $f=1000\text{Hz}$, $U_{\text{RMS}}=3.0\text{V}$, $U_{\text{AB}}<1.5\text{mV}$

R_1/Ω	R_4/Ω	$C_S/\mu\text{F}$	$L_x=R_1 \cdot R_4 \cdot C_S/(\text{mH})$	R_3/Ω	$r_{L_x}=R_1 R_4 / R_3/(\Omega)$	U_{AB}/mV
400	500	0.0145	2900	145×10^2	13.8	2.07
1000	200	0.0138	2780	151×10^2	13.2	0.89
500	100	0.0620	3100	36×10^2	13.9	1.14



武漢大學

自強弘毅求是拓新

实验注意事项

1. 交流电桥有两个平衡条件需要满足，先固定一个参量，再调节另一个，反复调节，逐渐逼近平衡；
2. 实验中交流电源频率有微小变化，而实验要求电源频率固定不变，不过变化较小，对实验影响不大；
3. 平衡电桥过程中，电阻箱和电容箱的调节都要从高档开始
4. 大多数情况，在接近平衡时，测试的效果较明显

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

自強弘毅求是拓新

注意事项

5. 实验前应充分掌握实验原理，接线前应明确桥路的形式，错误的桥路可能会有较大的测量误差，甚至无法测量。
6. 接线时注意交流信号源不能短路，否则会烧毁信号源。
7. 接线路时信号源及毫伏表关闭，开关断开，毫伏表量程置最大。线路接好并检查后方可打开信号源及毫伏表，开始实验时闭合开关。

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

自強弘毅求是拓新

注意事项

8. 实验过程中毫伏表量程开始应选择自动档，等接近平衡时再转换为手动档
9. 由于采用模块化的设计，所以实验的连线较多。注意接线的正确性，这样可以缩短实验时间；文明使用仪器，正确使用专用连接线，不要拽拉引线部位，这样可以提高仪器的使用寿命。

中華民國二十三年
國立武漢大學建



武漢大學

自強弘毅求是拓新

思考题

1. 实验过程中，信号源频率波动会引入误差吗？
2. 仪器准确度、电桥灵敏度会如何影响计算结果？
3. 实验过程中按电路图正确接好电路，发现无论怎么调节作为示零器的晶体管毫伏表都无任何反应，出现该问题的原因可能是什么？
4. 实验过程中毫伏表的读数无论如何无法调到零，为什么？

中華民國二十三年
國立武漢大學建