**交流电桥综合设计性实验**

**可以叫我0宝**

**引言：**交流电桥是一种比较式测量仪器，在电测技术中占有重要地位，主要用于交流等效电阻及其时间常数、电容及其介质损耗、自感及其线圈品质因数和互感等电学参数的精密测量，也可用于非电学参数变换为相应电学参数的精密测量。

**一、实验目的**

（1）学习用交流电桥测电容，电感及其损耗的方法。

（2）掌握交流电桥的特点和平衡的调节方法。

（3）连接消侧音电路，用两套消侧音电路分别作为电话的两端，实现电话通信。

**二、实验仪器**

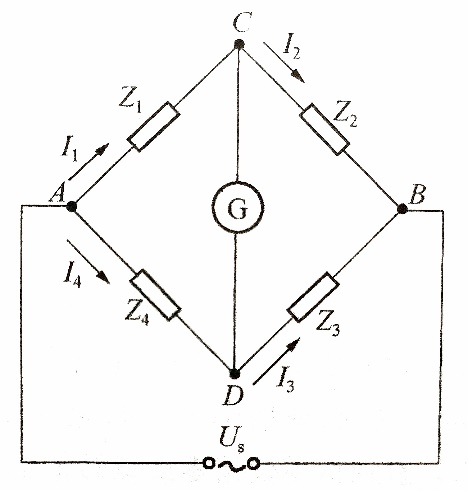
型交流电桥试验仪、电阻箱、固定电阻、半导体收音机、耳机。

**三、实验简介**

交流电桥是阻抗比电桥，通常使用其来测量电容或电感。当电桥平衡时，其桥臂阻抗满足比例关系。因为桥臂阻抗为复数，所以要使交流电桥平衡，必须同时满足幅值平衡条件和幅角平衡条件，相应物理量见下图。因此，必须按幅值条件和幅角条件来设计和调节交流电桥。本实验内容为设计简单的交流电桥来测量电容或电感。

**四、实验原理**

本实验使用的交流电桥为阻抗比电桥，其电路原理如下图。它与直流单臂电桥原理相似，但在交流电桥中，四个桥臂除了电阻外还可由交流电路元件如电阻、电感、电容组成。交流电桥采用交流电供电。本实验采用高灵敏度的电子放大式指零仪，具有足够的灵敏度。指示器指零时，电桥达到平衡。



调节电桥各臂阻抗使电桥平衡()，则两点的电位相等，这时有

上式即为交流电桥的平衡条件。将各阻抗用复数形式表示有

即要使电桥平衡，必须使下列方程组成立

上述方程组是平衡条件的另一种表现形式。所以，交流电桥平衡必须同时满足两个条件：一是相对桥臂上阻抗幅模的乘积相等；二是相对桥臂上阻抗幅角之和相等。方程组说明交流电桥必须按一定方式配置桥臂阻抗，否则可能无法使电桥平衡。下面介绍几种常用的交流电桥。

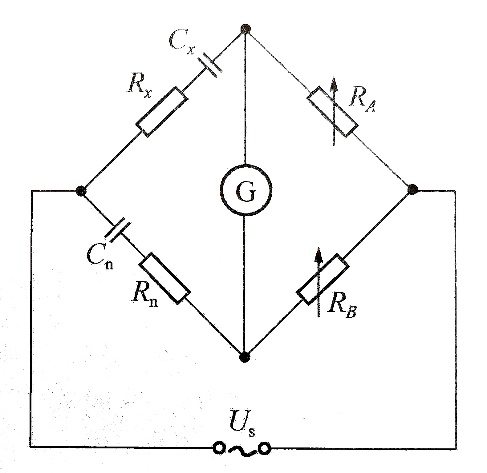
**1.测量损耗小的电容电桥(串联电容电桥)**

下图电路为用来测量损耗小的电容的电桥。被测电容接到电桥的第一臂，其损耗以等效串联电阻表示，称为串联电容电桥。在电桥中，与被测电容相比较的标准电容接入相邻的第四臂，同时与串联一个可变电阻。桥的另外两臂为纯电阻及。当电桥调到平衡时：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |
|  |  | (2) |

被测电容的损耗因数为

所以，要使电桥达到平衡，必须同时满足上述式子，故需至少调节两个参数。若改变和，便可单独调节互不影响使电容电桥达到平衡。但通常标准电容为固定值，不能连续可变，此时可以调节使式(2)成立。但调节时又影响到式(1)的平衡。因此，要使电桥同时满足两个平衡条件，必须反复调节和才能实现。

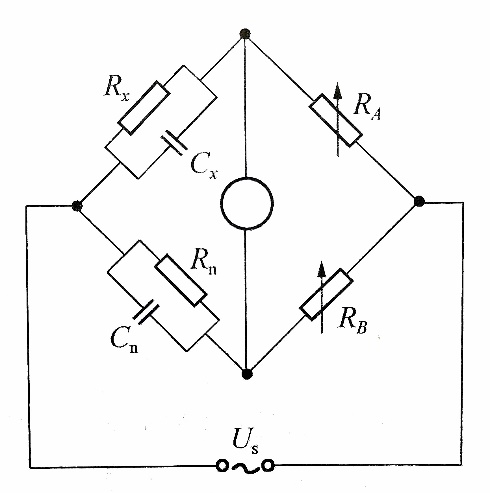


**2.测量损耗大的电容电桥(并联电容电桥)**

若被测电容的损耗大，用上述电桥测量时与标准电容相串联的电阻必须很大，这将会降低电桥的灵敏度。因此当被测电容的损耗大时，宜采用下图电容电桥电路进行测量，其特点是标准电容与电阻是彼此并联的。根据电桥平衡条件可以写成

整理后可得

其损耗因数为



**3.测量高值电感的电感电桥(海氏电桥)**

实际的电感线圈一般不是纯电感，除了电抗外，还有等效电阻。两者之比称为电感线圈的品质因数，即

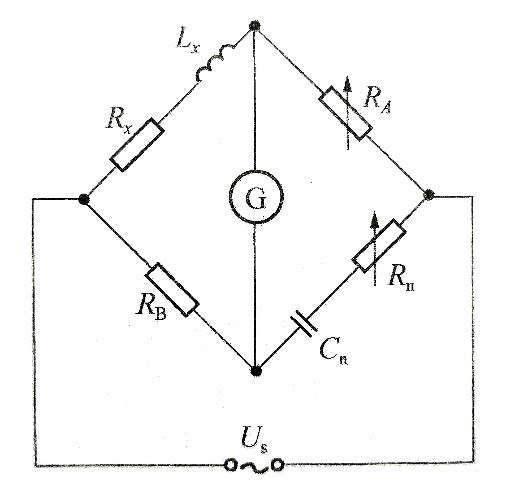
测量高值电感电桥的原理电路如下图，称为海氏电桥。电桥平衡时，根据平衡条件得

整理得

由上述式子可知，海氏电桥的平衡条件与频率有关。所以在使用该电桥时，如需改用外接电源供电，必须使电源的频率与该电桥说明书上规定的电源频率相符，且电源波形必须是正弦波，否则谐波频率会影响测量的精度。

用海氏电桥测量时，其值为

由上式可知，被测电感值越小，则要求标准电容的值越大，但一般标准电容的容量不太大。此外，若被测电感的值过小，则海氏电桥标准电容的桥臂中所串联的必须很大。但当电桥中某个桥臂阻抗数值过大时，将会影响电桥的灵敏度。可见，海氏电桥适合测值较大的电感参数，而在测量的电感元件的参数时，则须用低值电感的电桥电路测量。



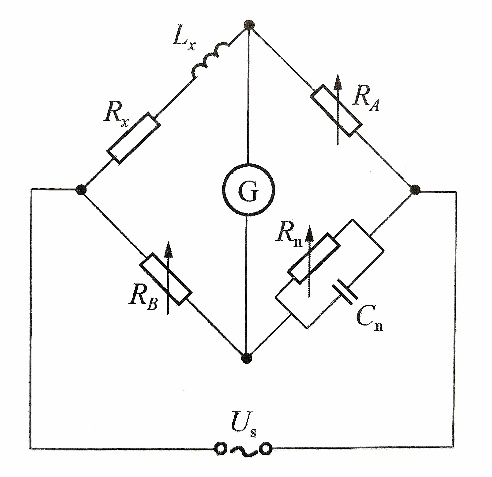
**4.测量低值电感的电感电桥(麦克斯韦电桥)**

测量低值电感的电桥电路原理如下图，称为麦克斯韦电桥。该电桥的标准电容桥臂中的和可变电阻是并联的。在电桥平衡时，有

相应的测量结果为

被测对象的品质因数

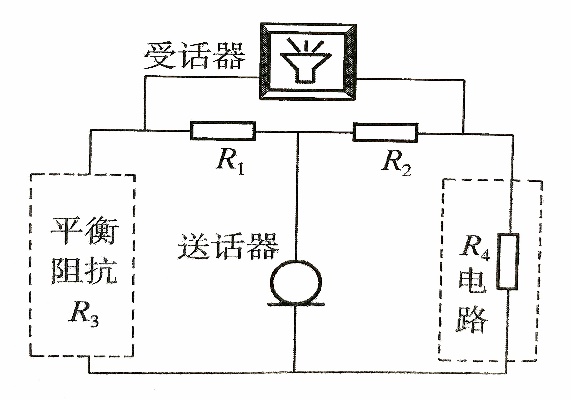
麦克斯韦电桥的平衡条件式子表明，其平衡与频率无关，即在电源为任何频率或非正弦波的情况下，电桥都能平衡，故该电桥的应用范围较广。但实际上，由于电桥内各元件间的相互影响，所以交流电桥的测量频率对测量精度仍有一定影响。



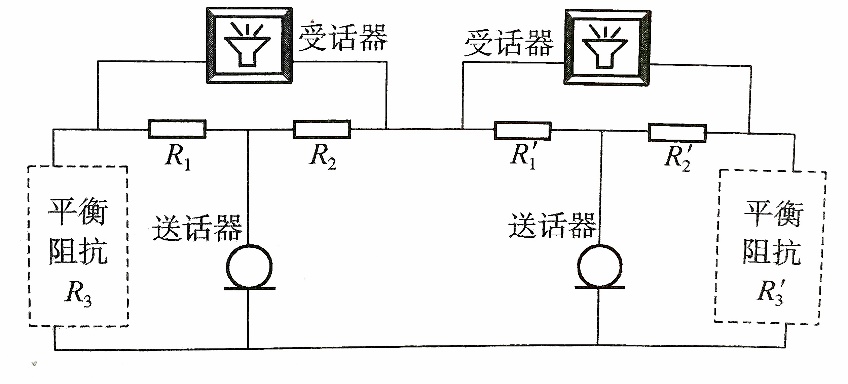
**5.交流电桥的应用——消侧音电路**

实现通话最简单、经济的电路是用一对导线将通话双方的送话器和受话器连接起来，但这种电路存在两大问题：一是电流通过双方受话器，会使受话器性能变差；二是当自己对送话器讲话时，能从受话器中听到自己的声音。这种现象称为侧音效应。侧音的存在会引起听觉疲劳而听不清对方讲话，故不利于通话。

为了解决侧音问题，通话方可采用以下电路。



调节平衡阻抗，可以使电桥平衡使得受话器听不到送话器的声音，即讲话人听不到自己的声音，达到消除侧音的目的。在本实验中假设电路阻抗由电阻构成，实验任务即选择平衡阻抗，给出消侧音效果最好时电路元件的参数。用两套消侧音电路可实现电话通信，如下图所示。



**五、实验过程与步骤**

（1）测量电容。根据实验原理使用合适的桥路分别测量两个待测电容(、)及其损耗电阻，并计算损耗。

（2）测量电感。根据实验原理使用合适的桥路分别测量两个待测电感(、)及其损耗电阻，并计算电感的值。

（3）测量电阻。用交流电桥测量两个待测电阻阻值，并与直流电桥测量结果相比较。

（4）消侧音。连接消侧音电路，测出平衡阻抗，用两套消侧音电路实现电话通信。

**六、数据记录与处理**

**1.数据记录**

**串联电容电桥电路测**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 | 1 | 116.0 | 36 | 1 | 116.0 | 0.31 | 0.023 |
| 1000 | 100 | 10150.0 | 29 | 1 | 101.5 | 0.29 | 0.182 |

**并联电容电桥电路测**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 | 10 | 47.7 | 11110 | 1 | 4.770 | 2329 | 0.143 |
| 1000 | 1000 | 4698.7 | 2500 | 1 | 4.699 | 532 | 0.064 |

**2.数据分析**

由上表可知，两种电桥的两次测量结果均与被测电容的标称值接近，但串联电桥电路的第一次测量结果与标称值的偏差有，该误差出现的原因可能是测量时选取的过小，导致的调节范围过小，两者比值的精度过低，使得测量结果与标称值相差较大。