

# 电阻应变传感器在交流电桥下的特性测试实验

## 一、实验目的:

- (1) 观察3角箔式应变片的结构及粘贴方式。
- (2) 熟悉金属箔式应变片的性能。
- (3) 掌握交流单臂、半桥、全桥测路的工作过程及电路原理。

## 二、实验原理:

应变片电阻是最常用的测力敏感元件。当用应变片测试时,应变片要牢固地粘贴在测试件表面,被测件受力发生形变时,应变片也随之变形,其电阻值也随之发生变化。金属应变片电阻  $R$ 、电阻变化量  $\Delta R$ 、应变片灵敏度系数  $S_r$  和被测应变  $\varepsilon$  之间的关系为:

$$\frac{\Delta R}{R} = S_r \cdot \varepsilon$$

应变片电阻的变化量可以用直流不平衡电桥测量,也可以用交流不平衡电桥测量,并通放大电路放大后以电压形式输出。不平衡电桥可以接成全桥、双桥或单臂电桥三种形式,其输出也不同。

当电桥平衡时,电桥输出为零。若桥臂电阻抗发生相对变化时,则电桥的输出与桥臂阻抗相对变化成正比。输出为:

$$U_o = \frac{Z_1 Z_3 - Z_2 Z_4}{(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)} \dot{E} = \frac{Z_1 Z_3 - Z_2 Z_4}{(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)} E_{max} \cos \omega t$$

式中,  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  表示桥臂上的复阻抗,  $\dot{U} = E_{max} \cos \omega t$  表示电源是高频交流电压,  $U_o$  为电桥输出。

## 三、实验步骤

### 1) 差动放大器调零:

步骤一: 连接主机与应变式传感器实验模块电路之间的电源连接线。打开主机电源开关。然后用导线将实验模块的输出连接到主机上电压/频率数字显示模块的输入端,并将实验模块的“地”连接到主机上的“地”。

步骤二: 调节实验模块上差动放大器“+”“-”输入端对地用实验线短路,一边观察主机上电压的显示,一边调节差动放大器的调零旋钮,输出电压为零时停止调节。

### 2) 实验数据测试

步骤一: 连接主机与实验模块的电源线。测试全桥输出特性。高频信号源幅度可以调大些,频率旋钮居中,开启主机电源。

步骤二: 用主机工作台上螺旋测微仪调节悬臂梁至水平位置,调节电桥粗调电位器  $W_b$ , 使输出基本为零,再用  $W_A$  进一步细调至零。数字示波器接主机

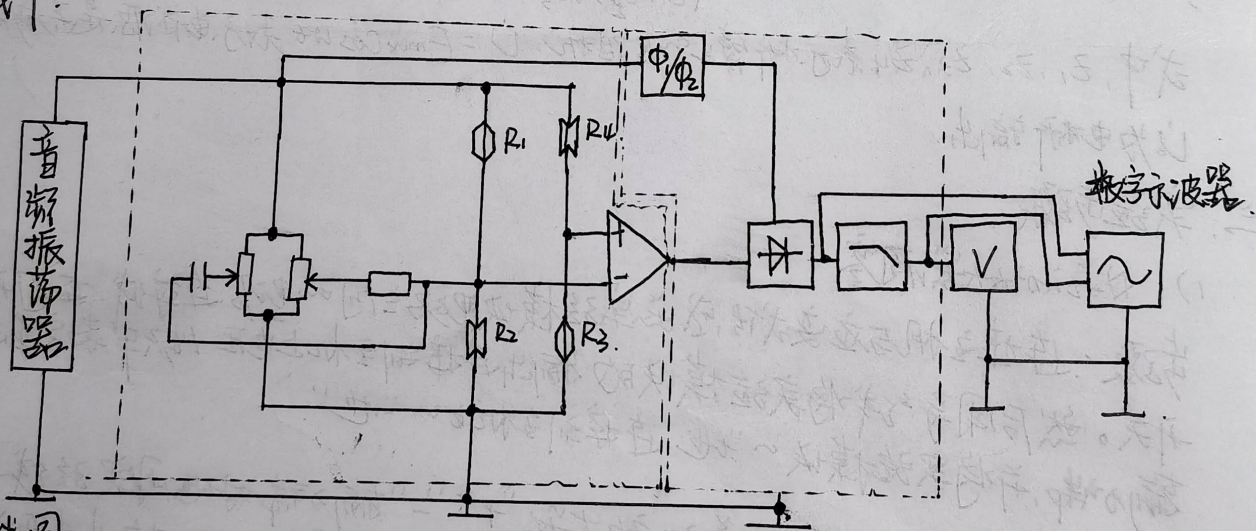


步骤三：用示波器观察悬臂梁下端位移，调节相位旋钮使检相检波器的输出波形成首尾相接的完整整流波形，用数字示波器观察并储存记录此时相敏检波器(1)~(2)、(1)~(5)、(1)~(6)和(1)~(3)端口的波形。然后放手悬臂梁恢复至水平位置，再调节电桥中 $W_0$ 和 $W_A$ 电位器，使系统输出电压为零，此时桥路的灵敏度最高。

步骤四：调节主机工作台上的螺旋测微仪，分别从水平位置将悬臂梁上移和下移各5mm，每隔1mm测量一个数据，将测得数据填入记录表。

步骤五：将组桥电阻中 $R_1$ 、 $R_2$ 换成应变电阻， $R_3$ 、 $R_4$ 是固定电阻，测试半桥输出特性，重复步骤一、二、三之后，调节主机工作台上的螺旋测微仪，分别从水平位置将悬臂梁上移和下移5mm，每隔1mm测量一个数据，将测得数据填入表中。

步骤六：将组桥电阻中 $R_1$ 换成应变电阻， $R_2$ 、 $R_3$ 和 $R_4$ 是固定电阻，测试单臂电桥输出特性，重复步骤一、二、三之后，调节主机工作台上的螺旋测微仪，分别从水平位置将悬臂梁上移和下移5mm，每隔1mm测量一个数据，将测得数据填入表中。



四：接线图：

五：

实验值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
位移 X/mm	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
输出电压	全	11	8	6	3	1	0	-2	-4	-7	-9
	半	8	5	3	2	1	0	-1	-3	-5	-6
V/mV											

张



## 实验报告

1. 直流信号下参考作用下的相敏检波器各端口输出波形的分析过程。

输入端口：接收待解调信号，假设为正弦波信号  $V_{in}(t) = V_m \sin(\omega_m t)$ 。

参考端口：接收直流参考信号  $V_{ref}$ 。

乘法器：将输入信号和参考信号相乘，得到乘积信号  $V_p(t) = V_{in}(t) \cdot V_{ref}$ 。

低通滤波器：将乘积信号通过低通滤波器，滤除高频成分，得到解调后的信号  $V_{out}(t)$ 。在直流参考下，由于参考信号为直流信号，因此乘积信号中只有直流和交流信号。

输出端口：输出解调后的直流信号。

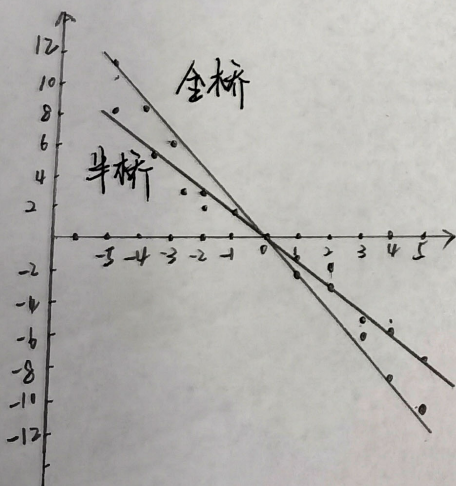
2. 输出与输入信号频率相同，有直流信号，其幅度与输入信号的幅度和相位有关。

在流参考下，输出直流信号。

交流参考下，输出交流与参考信号同频率的交流信号。

3. 则会输出相乘后的波信号。

## 实验结果总结：



全桥

$$\bar{x} = 0$$

$$\bar{y} = \frac{11+8+6+3+1-2-4-7-9-11}{11} = -\frac{4}{11}$$

半桥

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^{11} x_i y_i - 11 \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^{11} x_i^2 - 11 \bar{x}^2} \approx 2.13$$

半桥

$$\bar{x} = 0$$

$$\bar{y} = \frac{8+5+3+2+1+0-1-3-5-6-8}{11} = -\frac{4}{11}$$

$$k_2 = \frac{\sum_{i=1}^{11} x_i y_i - 11 \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^{11} x_i^2 - 11 \bar{x}^2} \approx -1.45$$

思考是：

$$|k_1| \approx 2, |k_2| \approx 1.45$$

步骤三的作用：调节电路，使系统的灵敏度达到最高。

差动电桥的非线性误差：

1. 电桥测量原理存在非线性。

2. 应变片的应变效应。

3. 调零值才是真正的0。

如果相对桥臂的应变阻值相差很大的后果，采取什么方法避免？

1. 会使仪器无法平衡或收敛慢，导致无法测量。
2. 选用阻值相差不大的应变电阻进行测量。



若连接全桥时应变片接反会是什么结果. 为什么?

输出结果一直为0. 因为  $U_0 = \frac{E}{4R} (R_1 - R_2 + R_3 - R_4)$ . 接反后  $R_1 - R_2 + R_3 - R_4$  为0.

实验线路的灵敏度与哪些因素有关?

① 与测试时的电阻压幅值和频率有关.

② 与电压表的内阻及总电阻有关.

③ 与电压表的灵敏度有关.

④ 与各桥臂的电阻比例有关.

分析实验中误差的主要来源:

① ~~要注意~~ 零点误差: 在实验时桥臂放平时, 电压表的读数不为0, 电路存在零点误差.

② 仪器误差: 实验中的仪器存在误差.

③ 读数误差: 螺旋测微器读数有估读, 电压表示数不稳定, 存在误差.