

# 实验 4 系统频域特性测试与分析实验指导书

## 一、实验目的

1. 学习测量系统（或环节）频率特性曲线的方法和技能。
2. 测量模拟系统的开环频率特性曲线（对数幅频曲线和相频曲线）。

## 二、实验仪器

GSMT2014 型直流伺服系统控制平台；直流伺服系统电控箱；PC（MATLAB 平台）

## 三、实验原理

当输入正弦信号时，线性系统的稳态响应具有随频率而变化的特性。虽然控制系统的输入信号不是正弦函数，而是其他形式的周期或非周期函数，都能满足狄利克雷条件，可以用富氏级数展开成各种谐波分量，而非周期信号也可以用富氏积表示为连续的频谱函数。上述就是频率响应法的基本思想。

系统（或环节）的频率特性  $G(j\omega)$  是一个复变量，可以表示成以角频率  $\omega$  为参数的幅值和相角：设被测系统的原理方框图如图 6-1-1 所示，图 6-1-2 是相应的结构图。

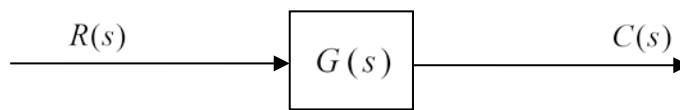


图 4-1 原理方框图

图 4.1 所示系统的开环频率特性为

$$G(j\omega) = \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} = \left| \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} \right| \angle \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$$

采用对数幅频特性和相频特性表示

$$20\lg |G(j\omega)| = 20\lg \left| \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} \right| = 20\lg |C(j\omega)| - 20\lg |R(j\omega)|$$

和

$$\angle G(j\omega) = \angle \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} = \angle C(j\omega) - \angle R(j\omega)$$

将系统产生的超低频正弦信号的频率从低到高变化，并施加于被测系统的输入端  $R(t)$ ，然后分别测量相应的输出信号  $C(t)$  和输入信号  $R(t)$  的对数幅值和相位。

根据实验开环对数幅频曲线画出开环对数幅频曲线的渐近线，再根据渐近线的斜率和转角频率确定频率特性（或传递函数）。所确定的频率特性（或传递函数）的正确性可以由测量的相频曲线来检验，对最小相位系统而言，实际测量所得的相频曲线必须与由确定的频率特性（或传递函数）所画出的理论相频曲线在一定程度上相符。

本实验为测量直流伺服电机控制系统的频率特性，其结构图为：

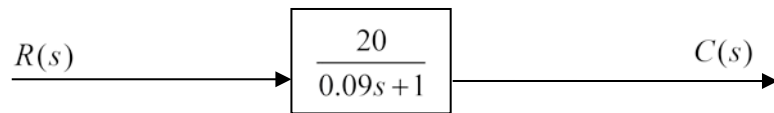
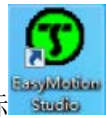


图 4-2 被测系统控制结构图

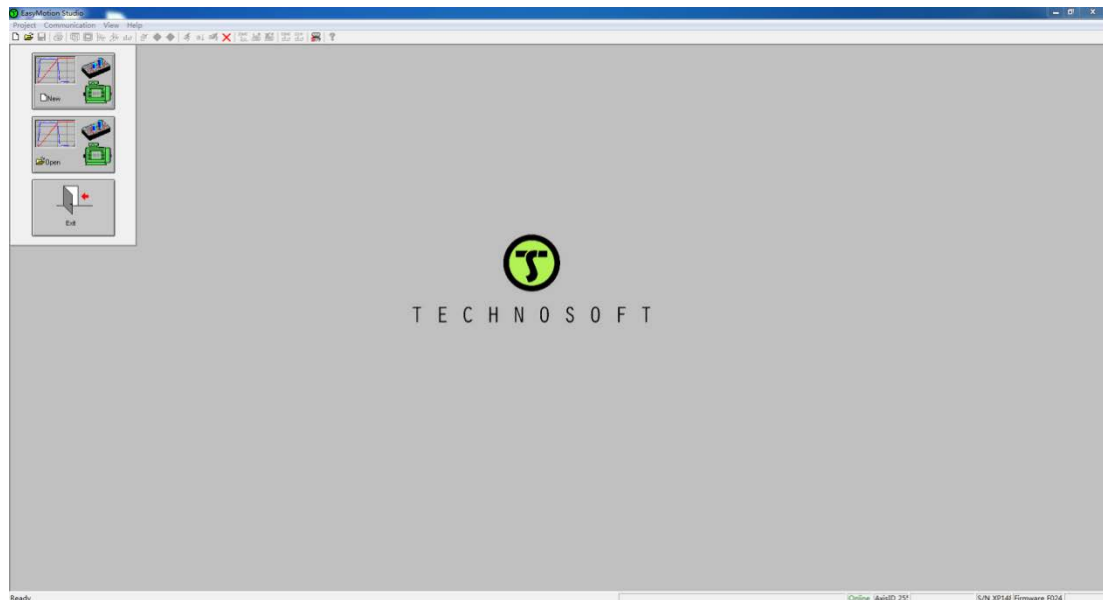
## 四、实验准备

设置为力矩环，一轴电机和二轴电机连皮带，两个 COM 口都需要设置

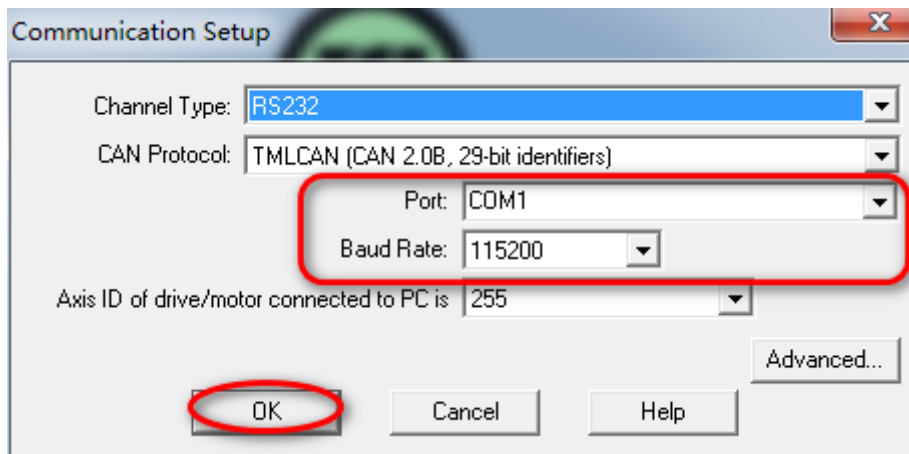
1. 运行 MATLAB 程序前需把电机驱动器模式改为电流环运行(重新修改驱动器参数)。



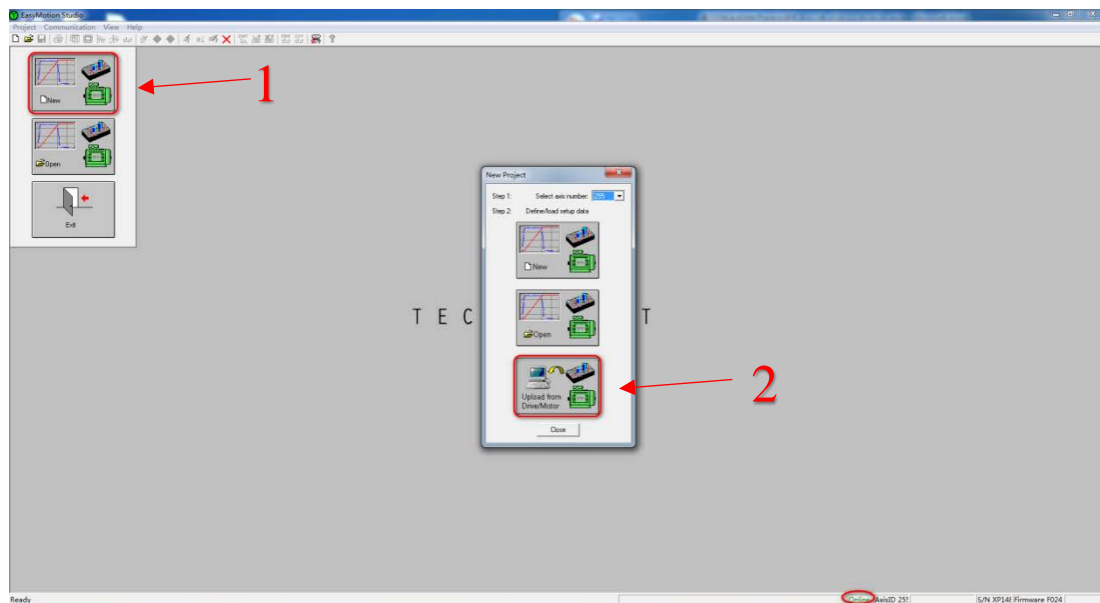
- 1) 双击桌面图标，打开 Easymotionstudio 软件



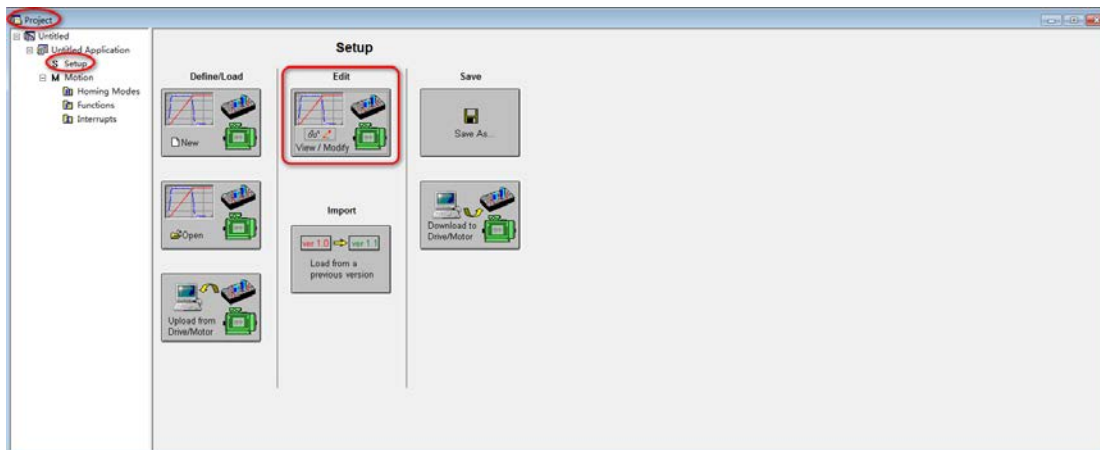
- 2) 点击菜单栏中“Communication”→“Setup...”弹出如下界面，选择设备连接到电脑的 COM 口（一轴电机为 COM1，二轴电机为 COM2），COM 口在电脑设备管理器中可以查看，连接需要修改的电机轴（一轴）所连接的串口，即 COM1，更改波特率，点击“OK”。

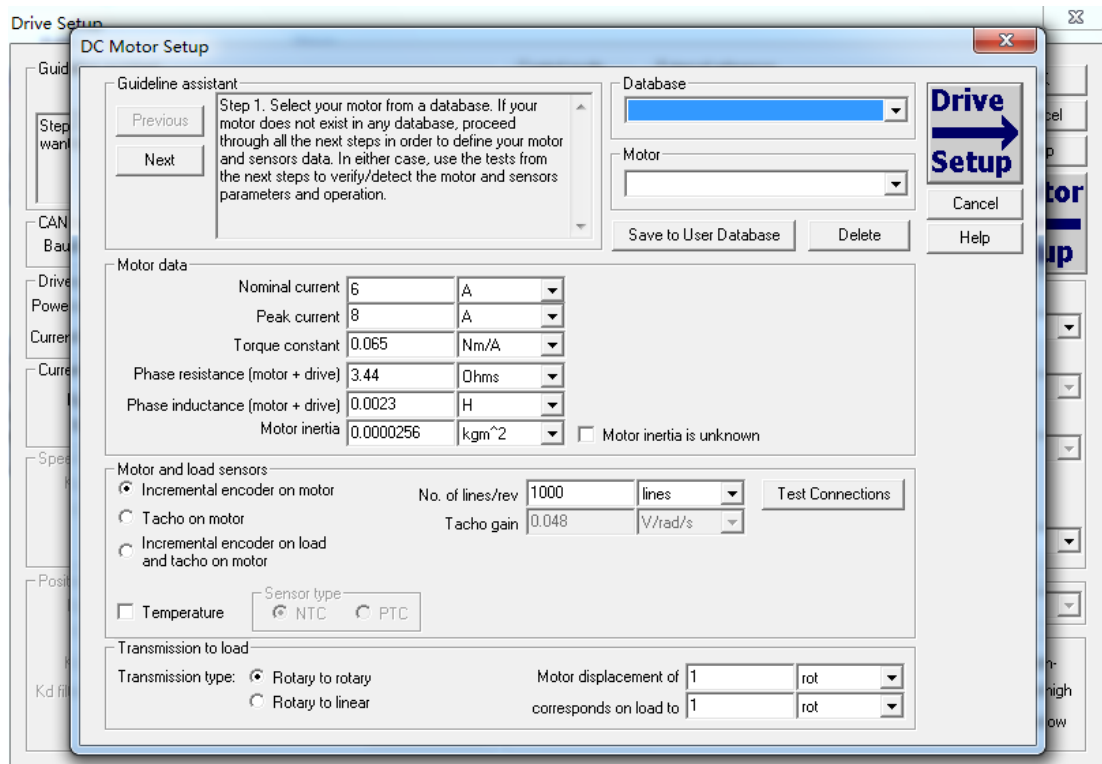


- 3) 此时下侧状态栏显示状态为“Online”，点击“New”→选择“Upload from Drive/Motor”

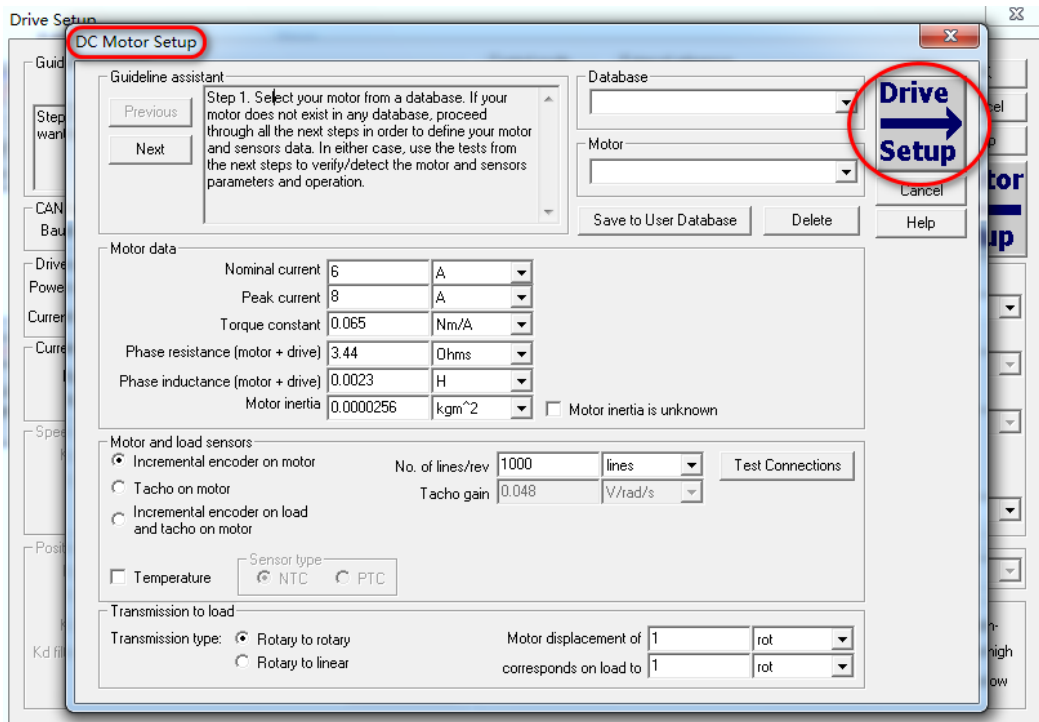


4) 点击“Project”界面下的“Setup” → “View/Modify”进入参数设置界面

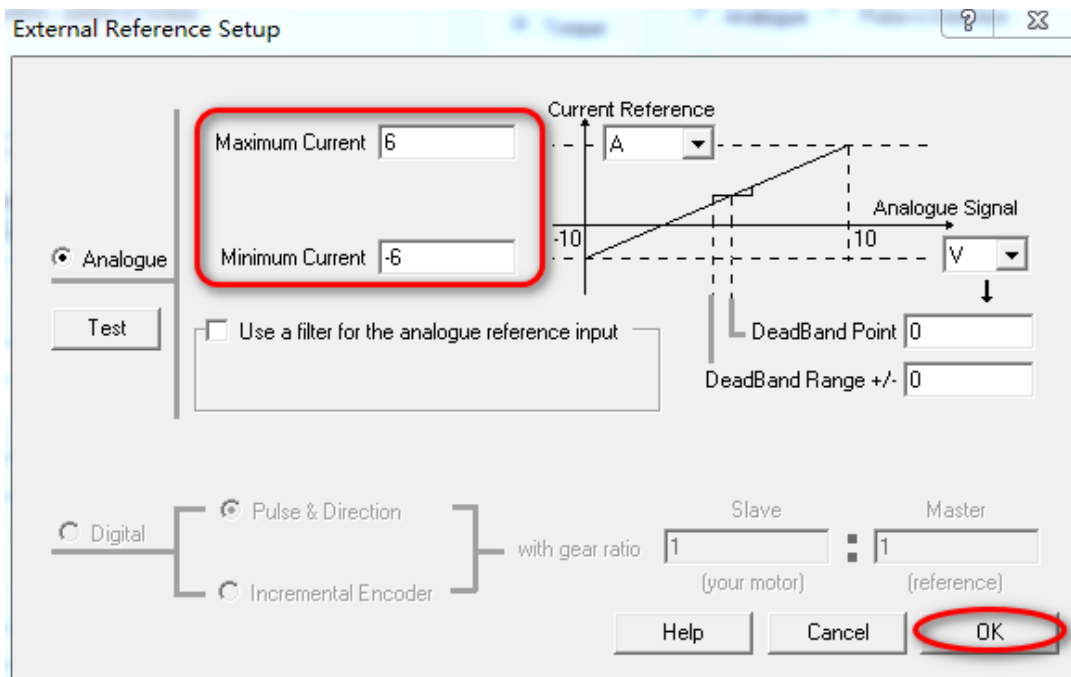
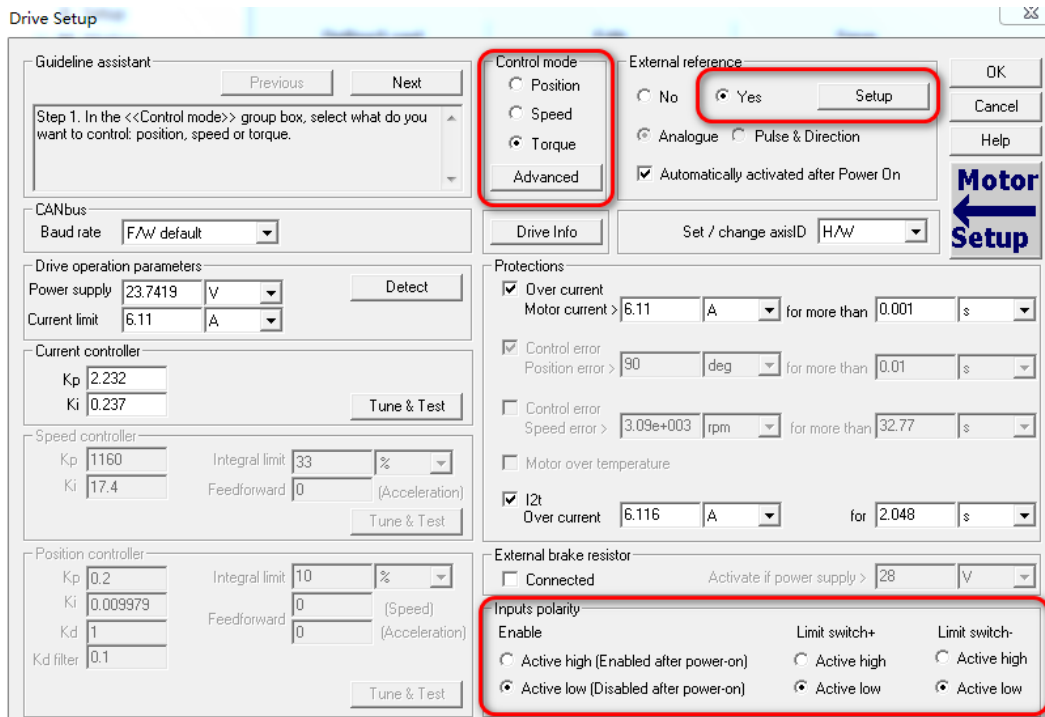




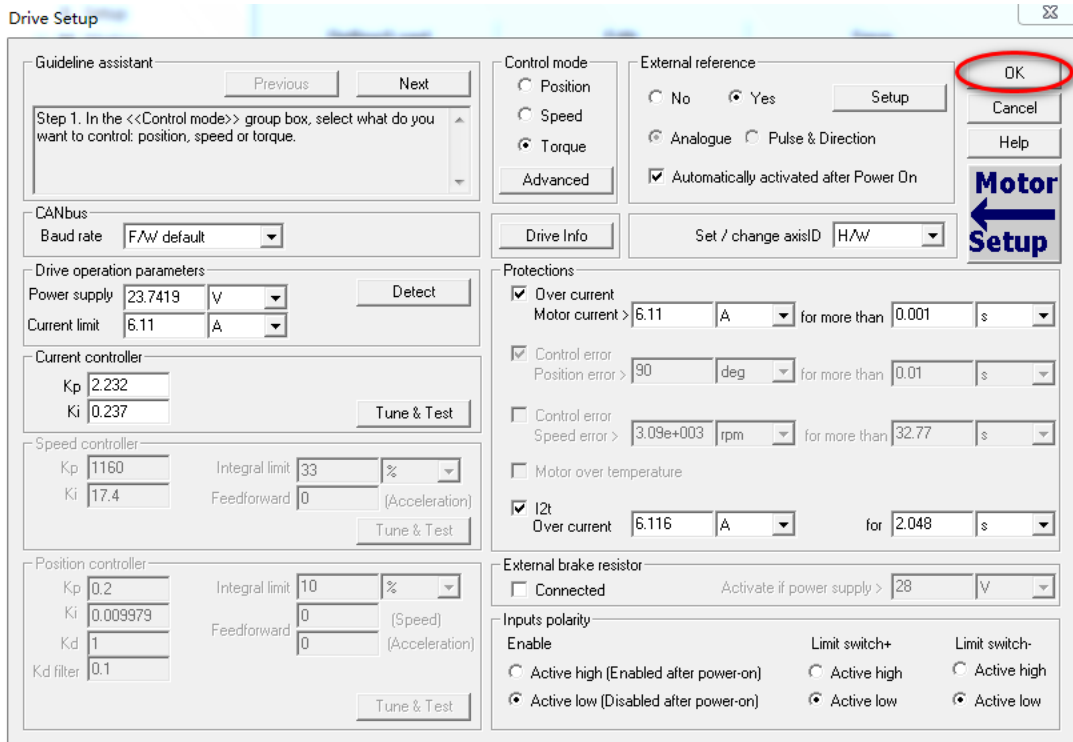
5) 点击“Drive Setup”关闭“DC Motor Setup”界面



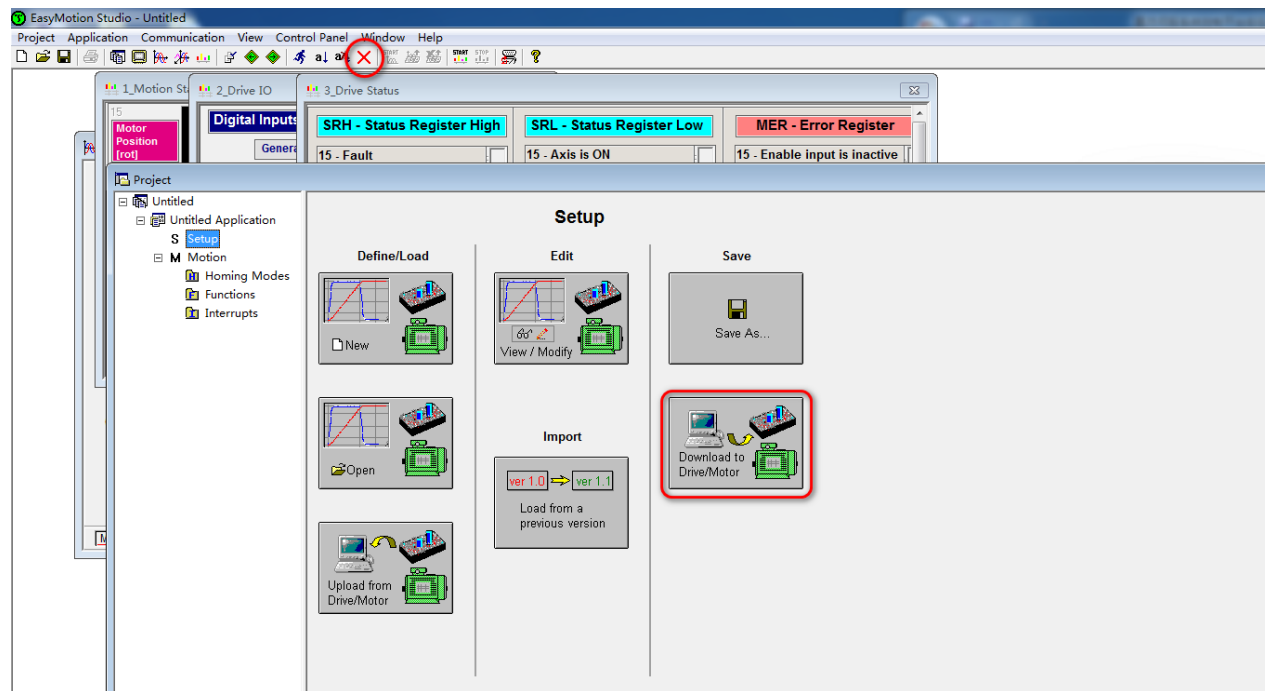
6) 设置参数如下图所示，改成“Torque”模式（力矩模式），点击“Setup”设置电压电流的换比例（控制器给驱动器发送电压，驱动器把电压转换成电流产生力矩）设置为 10V 对应 6A，点击“OK”完成设置。



7) 点击“OK”,完成所有参数设置,退出参数设置界面

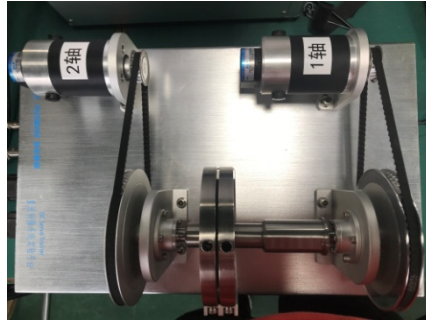


- 8) 点击“Download to Drive/Motor”下载到驱动器，点击“×”重启驱动器（也可以断电重启电箱），设置完成，关闭该软件。



- 9) 重复操作 2~8，直至一轴和二轴驱动器参数均修改完成。

## 2. 大带轮通过同步带同时连接一轴电机和二轴电机

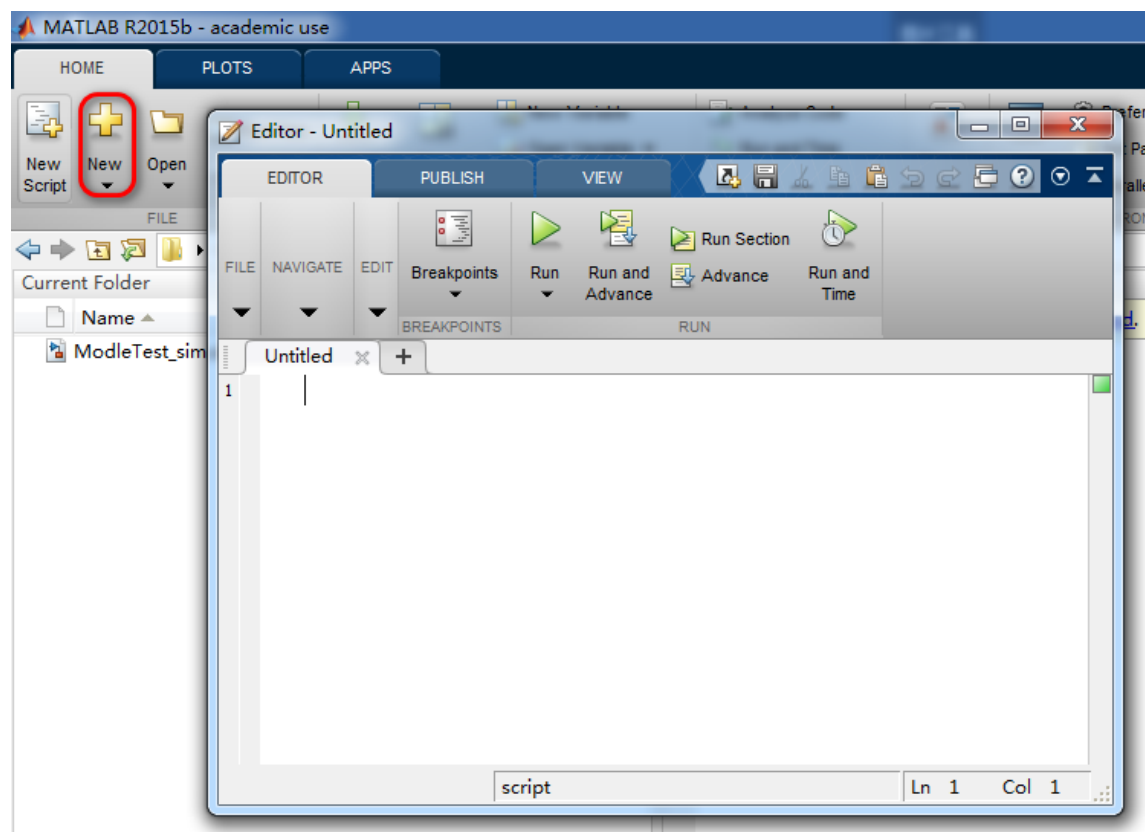


## 五、实验步骤


### 1. Simulink 仿真实验

绘制直流伺服电机系统的开环频率特性曲线，并根据曲线求取闭环系统的性能指标。

1) 打开 MATLAB，点击“New”→“Script”新建编辑器。



2) 在编辑器中编写程序，画出系统的开环幅频特性曲线和相频特性曲线，记录相应的曲线。

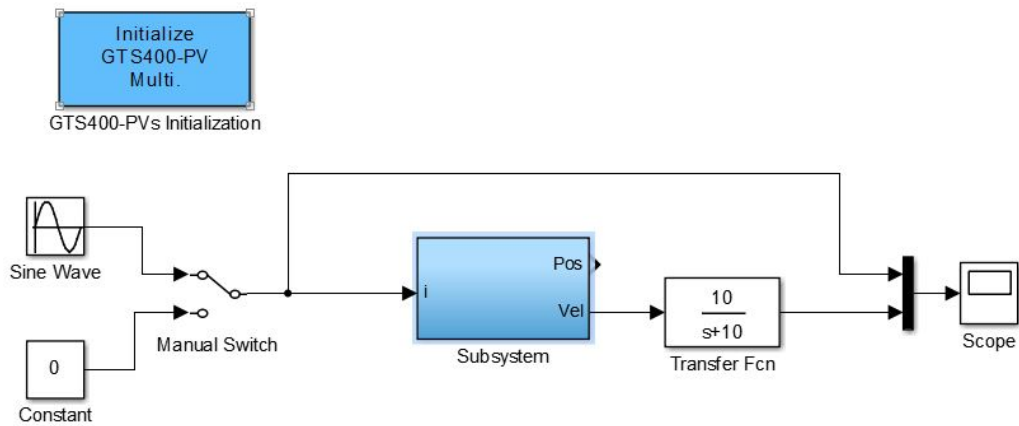
3) 点击  运行程序，可得到系统的开环频率特性曲线。在幅值曲线上选择幅值为 0dB 的


点得到  $\omega_c$ ，记录数值；在相频曲线上选择  $\omega_c$  对应的点得到相角裕度  $\gamma$ ，记录数值。

### 2. 实时控制

在 Simulink 中构建实时控制程序，如下图所示。分别取  $\omega=0.5、1、2、3、5、10$  测得  $R(s)、C(s)$  的频率曲线，读取对应的幅值，计算二者的相位差，填入表格。

- 1) 打开直流伺服系统控制平台电控箱的电源。
- 2) 打开桌面上程序“OneOrder\_Freq\_Ctrl.slx”，会弹出如图所示的实时控制界面。



- 3) 点击“”运行程序，打开“Sine Wave”模块，设置正弦波的幅值为 1，频率为 0.1。双击“Manual Switch”将输入信号切换成正弦波。

Sine Wave

Output a sine wave:

$$O(t) = \text{Amp} * \text{Sin}(\text{Freq} * t + \text{Phase}) + \text{Bias}$$

Sine type determines the computational technique used. The parameters in the two types are related through:

$$\text{Samples per period} = 2 * \pi / (\text{Frequency} * \text{Sample time})$$

$$\text{Number of offset samples} = \text{Phase} * \text{Samples per period} / (2 * \pi)$$

Use the sample-based sine type if numerical problems due to running for large times (e.g. overflow in absolute time) occur.

---

Parameters

Sine type:

Time (t):

Amplitude:

Bias:

Frequency:

Phase (rad):

- 4) 小车在此频率下运行十个周期以上，然后将输入信号切回到 0，回到平衡点。
- 5) 重复步骤 3) ~4)，分别设置频率为 0.5、1、2、3、5、10。
- 6) 得到  $R(s)$ 、 $C(s)$  的响应，记录运行三个周期以上的数据。



7) 测试完成后点击  停止运行程序。

## 六、实验分析及思考

1. 传递函数概念适用于什么系统？
2. 系统输入正弦信号的幅值能太大吗，能太小吗，应该如何选取？
3. 若需要测量系统内部某个环节或闭环系统的频率特性，如何测量？