

# 晶闸管直流调速系统仿真实验

## 实验一 单闭环直流调速系统静特性

### 一. 实验目的

研究直流调速系统中速度调节器 ASR 的工作及其对系统静特性的影响。

### 二. 实验原理

直流电动机：额定电压 $U_N = 220V$ ，额定电流 $I_{dN} = 55A$ ，额定转速 $n_N = 1000r/min$ ，电动机电动势系数 $C_e = 0.192V \cdot \min/r$ ，晶闸管整流装置可逆，装置放大系数 $K_s = 44$ ，滞后时间常数 $T_s = 0.00167s$ ，电枢回路总电阻 $R = 1.0\Omega$ ，电枢回路电磁时间常数 $T_l = 0.00167s$ ，电力拖动系统机电时间常数 $T_m = 0.075s$ ，转速反馈系数 $\alpha = 0.01V \cdot \min/r$ ，对应额定转速时的给定电压 $U_n^* = 10V$ ，系统采用 PI 控制器。直流调速系统框图如下。

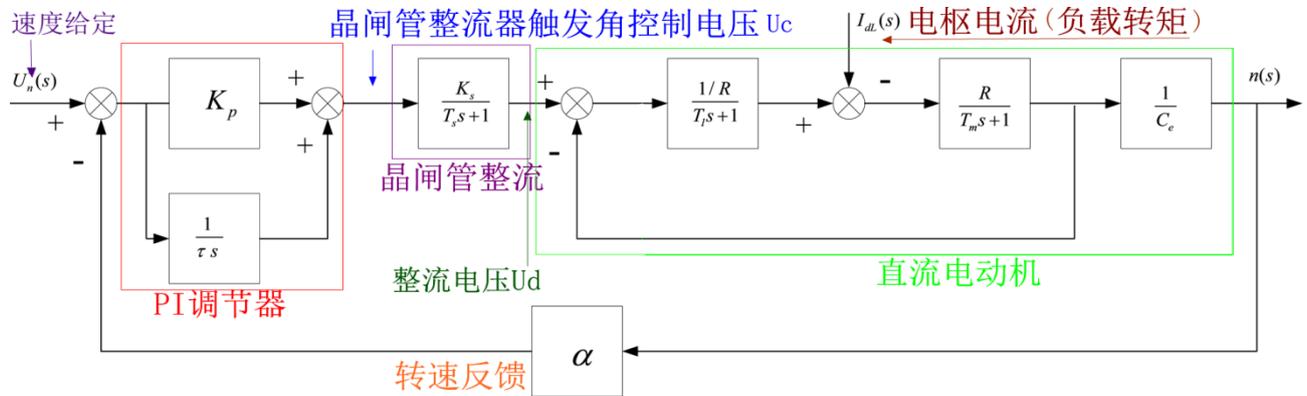


图 1-1 系统控制框图

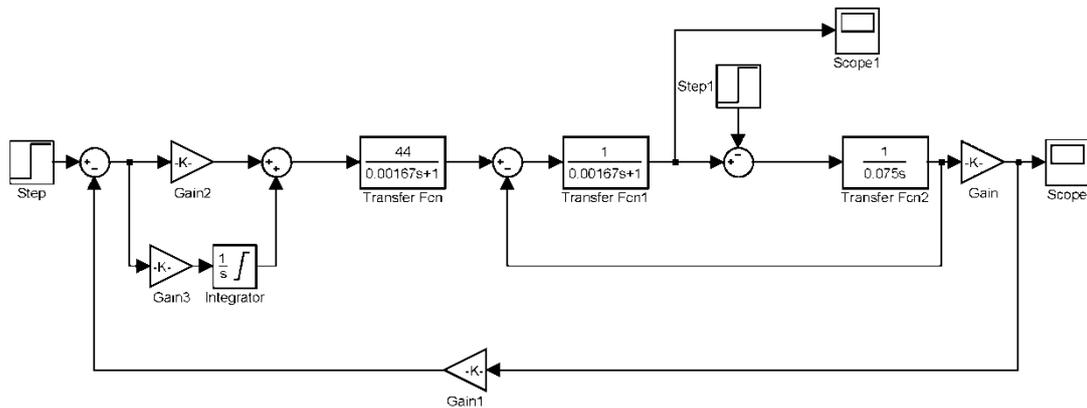


图 1-2 仿真模型（仅供参考）

( $K_p=0.56, K_i=11.43$ )

### 三. 实验内容

1. 测定开环系统机械特性曲线；
2. 测定闭环系统静特性曲线。

### 四. 仿真实验报告

仿真时间：0-0.6s，记录仿真数据，绘制开环系统机械特性曲线、闭环系统静特性曲线。

表 1-1 开环系统机械特性曲线数据表 ( $U_c=6$ ,  $U_d=$ \_\_\_\_\_V)

给定 $I_d(A)$ (负载转矩)	0	15	30	45	60
稳定转速 $n$					

表 1-2 闭环系统静特性曲线数据表(闭环, PI,  $U_n=10$ )

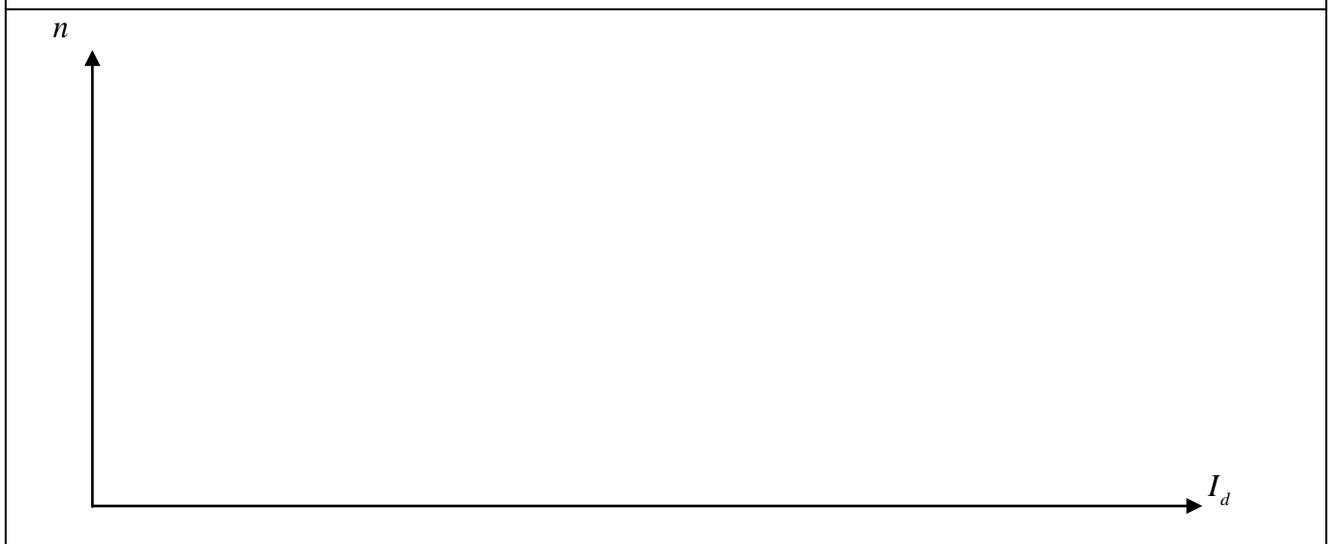
给定 $I_d(A)$ (负载转矩)	0	15	30	45	60
稳定转速 $n$					
$U_d(V)$					

表 1-3 闭环系统静特性曲线数据表(闭环, P,  $U_n=10$ )

给定 $I_d(A)$ (负载转矩)	0	15	30	45	60
稳定转速 $n$					
$U_d(V)$					

开环系统机械特性曲线、闭环系统静特性曲线

(三条曲线绘制在一个图中)



## 实验二 双闭环直流调速系统

### 一. 目的

1. 了解双闭环不可逆直流调速系统的组成及其基本原理;
2. 掌握 ASR 和 ACR 两个调节器的工程设计方法;
3. 掌握用电机参数建立仿真模型进行仿真。

### 二. 原理

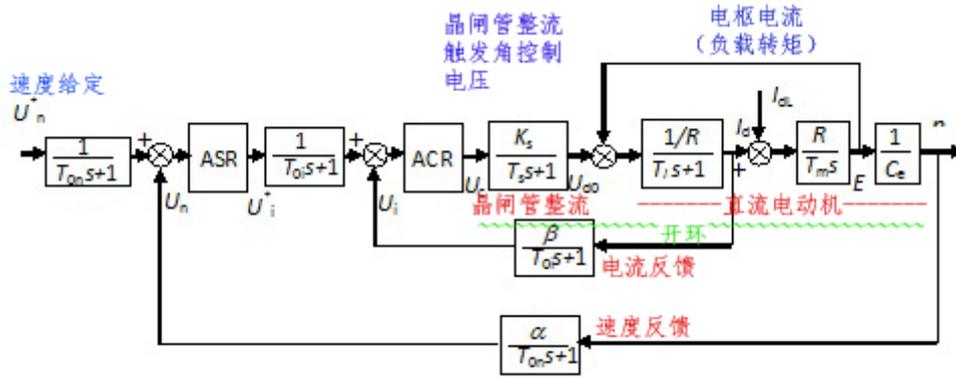


图 2-1 双闭环控制框图

### 三. 参数及设计要求

某晶闸管供电的双闭环直流调速系统，整流装置采用三相桥式电路，基本数据如下：

直流电动机：  $U_N = 220V, I_N = 136A, n = 1460r/min, C_e = 0.132V \cdot \text{min}/r$ ，允许过载倍数  $\lambda = 1.5$ ；

时间常数为：  $T_{on} = 0.01s, T_{oi} = 0.002s, T_l = 0.03s, T_m = 0.18s, T_s = 0.0017s$ ，

晶闸管装置放大系数：  $K_s = 40$ ；电枢回路总电阻：  $R = 0.5\Omega$ ；

电流反馈系数：  $\beta = 0.05V/A$ ；转速反馈系数：  $\alpha = 0.007V \cdot \text{min}/r$ 。

要求电流超调量  $\sigma_i \leq 5\%$ ，转速无静差，空载起动到额定转速时的转速超调量  $\sigma_n \leq 10\%$ ；

设计 ASR 和 ACR 两个调节器，利用 MATLAB 上的 SIMULINK 仿真平台，建立仿真模型，分析仿真结果。

### 四. 参考及说明

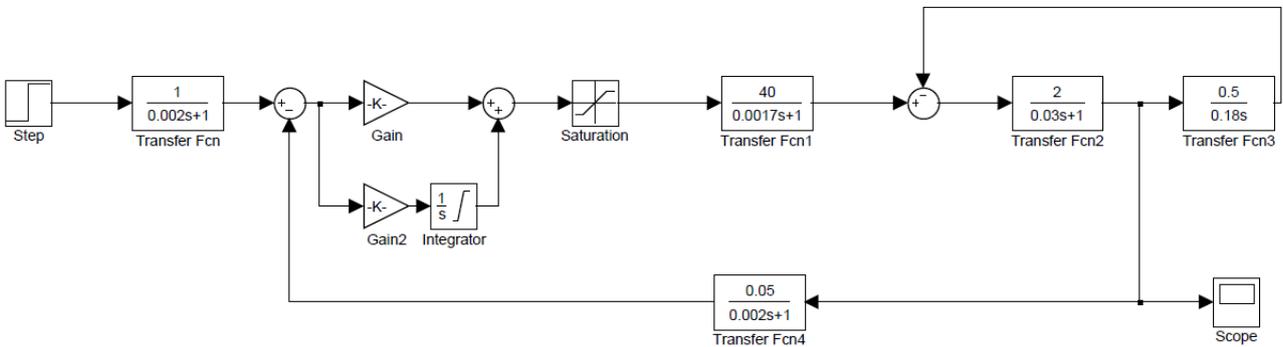


图 2-2 电流环单闭环仿真图（仅供参考）

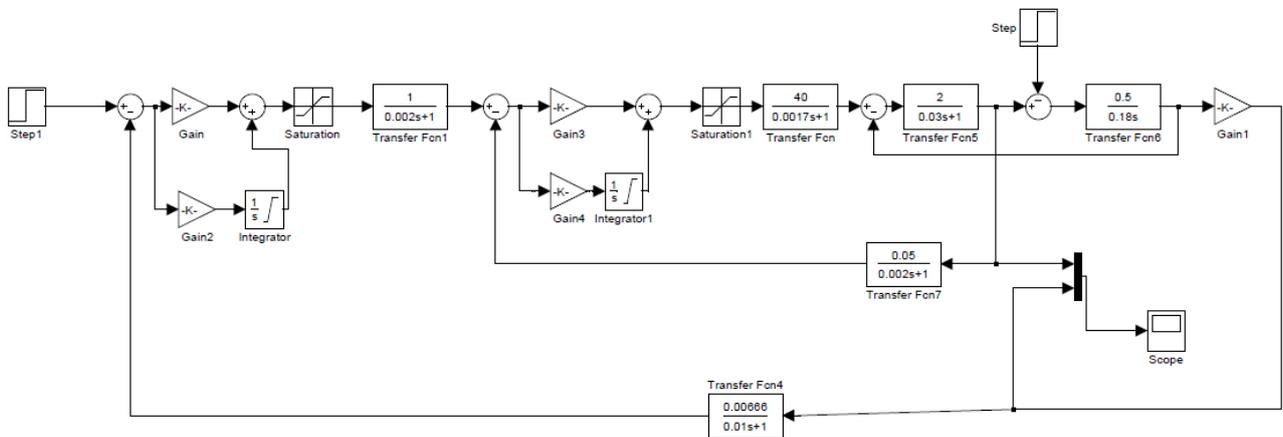


图 2-3 双闭环仿真图（仅供参考）

1. PI 型的 ACR 取  $KT=0.25$ 、 $KT=0.5$ 、 $KT=1$  三种情况，计算得三组  $K_i$ 、 $\tau_i$ ，记录仿真结果，分析其差异；( $U_i$  为阶跃输入——阶跃时间 0 秒、幅值为 10；仿真时间 0.05s)

电流 PI 调节器  $W_{ACR}(s) = K_i \frac{\tau_i s + 1}{\tau_i s}$

$$(1) W_{iPI} = 1.013 + \frac{33.77}{S} \quad (\text{取 } KT=0.5, \text{ 可得 } K_i=1.013, \tau_i=0.03, \frac{K_i}{\tau_i} = \frac{1.013}{0.03} = 33.77)$$

$$(2) W_{iPI} = 0.5067 + \frac{16.89}{S} \quad (\text{取 } KT=0.25, \text{ 可得 } K_i=0.5067, \tau_i=0.03, \frac{K_i}{\tau_i} = \frac{0.5067}{0.03} = 16.89)$$

$$(3) W_{iPI} = 2.027 + \frac{67.567}{S} \quad (\text{取 } KT=1, \text{ 可得 } K_i=2.027, \tau_i=0.03, \frac{K_i}{\tau_i} = \frac{2.027}{0.03} = 67.567)$$

2. 0 秒时空载启动，1 秒时突加额定负载  $I_{dL} = 136A$ ，记录仿真结果，分析电流、转速变化特点。

( $U_n$  为阶跃输入——阶跃时间 0 秒、幅值为 10； $I_{dl}$  为阶跃输入——阶跃时间 1 秒、幅值为 136；仿真时间：1.5s)

电流 PI 调节器  $W_{ACR}(s) = K_i \frac{\tau_i s + 1}{\tau_i s}$ ，转速 PI 调节器  $W_{ASR}(s) = K_n \frac{\tau_n s + 1}{\tau_n s}$

$$W_{iPI} = 1.013 + \frac{33.77}{S} \quad (\text{取 } KT=0.5, \text{ 可得 } K_i=1.013, \tau_i=0.03, \frac{K_i}{\tau_i} = \frac{1.013}{0.03} = 33.77)$$

$$W_{nPI} = 11.7 + \frac{134.48}{S} \quad (\text{取 } h=5, \text{ 可得 } K_n=11.7, \tau_n=0.087, \frac{K_i}{\tau_i} = \frac{11.7}{0.087} = 134.48)$$

(整理实验报告时，要有计算过程及结果分析)

### 实验三 采用电气原理结构图构建单/双闭环直流调速系统

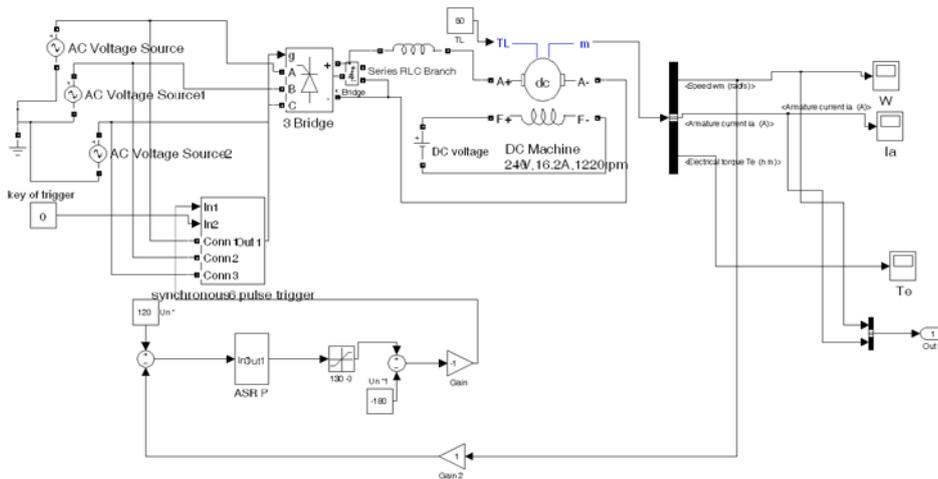


图 3-1 单闭环转速负反馈不可逆直流调速系统的参考仿真模型（仅供参考）

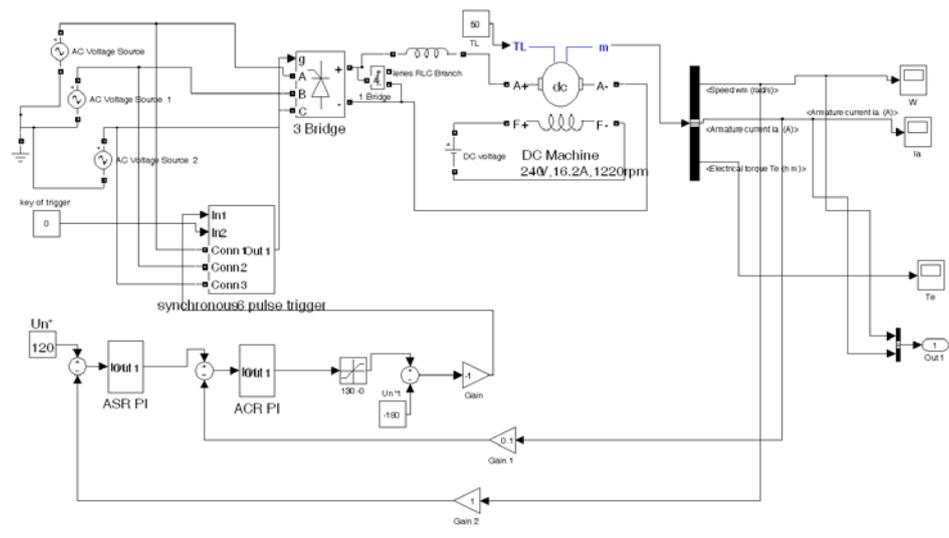


图 3-2 双闭环直流调速系统参考仿真模型（仅供参考）

1. 基于 Matlab ， Simulink 的 PowerSystem 工具箱（参考 demo 例程见下图）
2. 自行选择一个单/双闭环晶闸管不可逆直流调速系统
3. 根据所选定系统的结构和参数进行建模和模型参数设置
4. 当建模和参数设置完成后，进行仿真，并对仿真结果进行分析。

