

直流电机设备文档

一、直流电机的结构及特点

直流电机一般由顶板、底板、电机主动齿轮、负载齿轮、负载轴、齿轮箱等组成，如图 1 所示。

直流电动机有以下优点：转矩大、调速范围宽、易于控制且可靠性高、调速时能量损耗较小。直流电动机的主要缺点是有换向器。由于有换向器，使直流电机造价贵，运行时换向器需要经常维修，寿命也较短，而换向条件又使直流电机的容量受到限制。

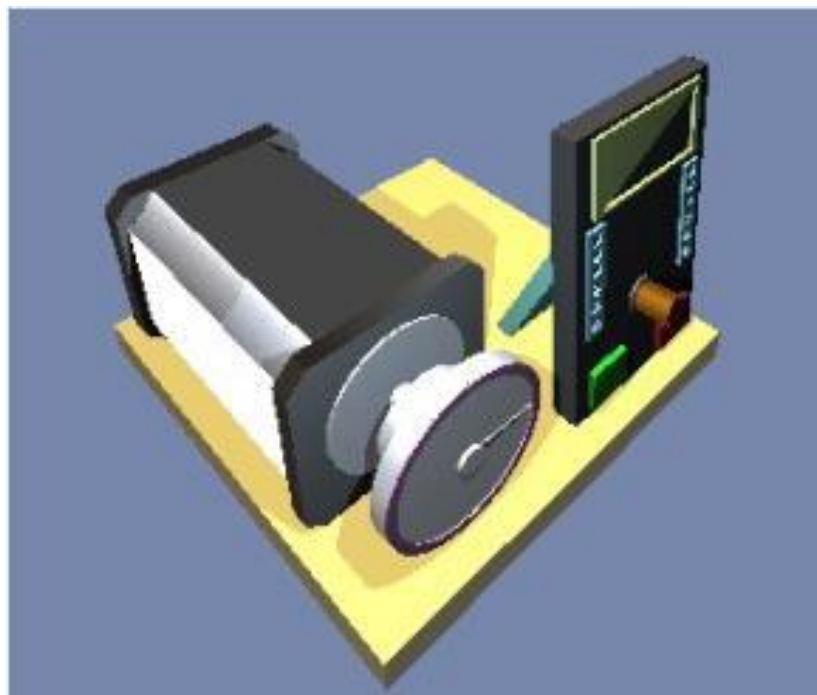


图 1 直流电机示意图

二、直流电机的工作原理和数学模型

直流电机电枢电路原理和齿轮传动机构如图 2 所示

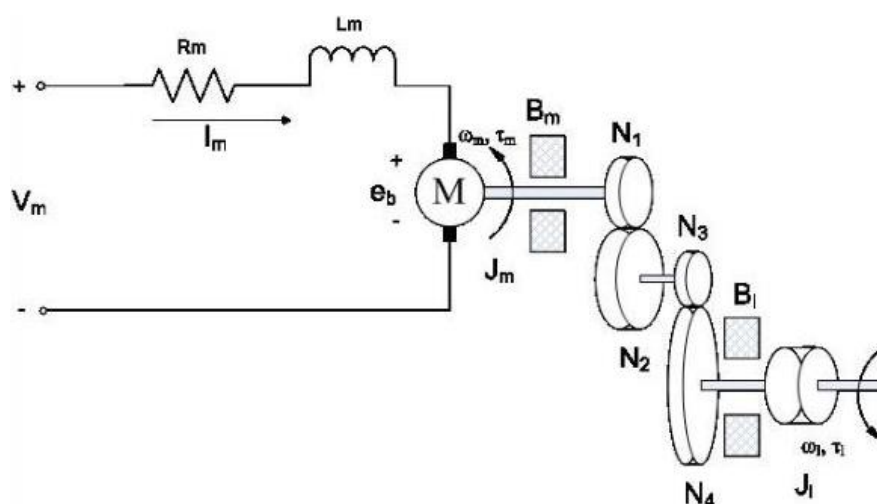


图 2 直流电机的电枢电路和齿轮传动机构

图中符号意义如下

V_m —— 对电机的输入电压

R_m —— 电机电枢电阻

L_m —— 电机电枢电感

I_m —— 通过电枢的电流

e_b —— 感应电势（电机产生的反电势）

k_m —— 电机反电势常数

ω_m —— 电机轴的转速

τ_m —— 电机转矩

J_m —— 电机轴的转动惯量

B_m —— 电机轴的粘滞摩擦系数

N_1 —— 行星齿轮箱中齿轮 1 的齿数

N_2 —— 行星齿轮箱中齿轮 2 的齿数

N_3 —— 电机齿轮齿数

N_4 —— 负载齿轮齿数

B_l —— 负载轴的粘滞摩擦系数

J_l —— 负载的转动惯量

ω_l —— 负载轴的转速

τ_l —— 加在负载上的全部转矩

由基尔霍夫电压定律和电机的动力学方程可得直流电机输入电压到电机转速的传递函数，若设定如下状态：

$$x_1 = \omega_m, x_2 = \dot{\omega}_m$$

其中

x_1 —— 电机转轴角速度

x_2 —— 电机转轴角加速度

用 u 替代电机所受的电压 V_m ，由直流电机传递函数可得到如下的状态空间方程：

$$\dot{X} = AX + Bu$$

$$Y = CX$$

其中

$$X = [x_1 \ x_2]^T$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

当电机采用低速配置时，参数矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.2629 & -14.4598 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.3801 \end{bmatrix}$$

当电机采用高速配置时，参数矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1.3026 & -14.4517 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.1158 \end{bmatrix}$$

三、演示算法：PID 控制方法

这里只介绍电机在低速配置时的 PID 控制，读者可以自己设计电机高速配置时的控制方法。

低速配置时电机的 Simulink 框图如图 3 所示，其中 dcmotor_sfun 模块为用 S 函数编写的直流电机模型，其输出为电机的转速和加速度；PID Controller 模块为 PID 控制模块，可以根据电机的参数来调整 PID 控制参数；Expectation 模块为期望转速设置模块。

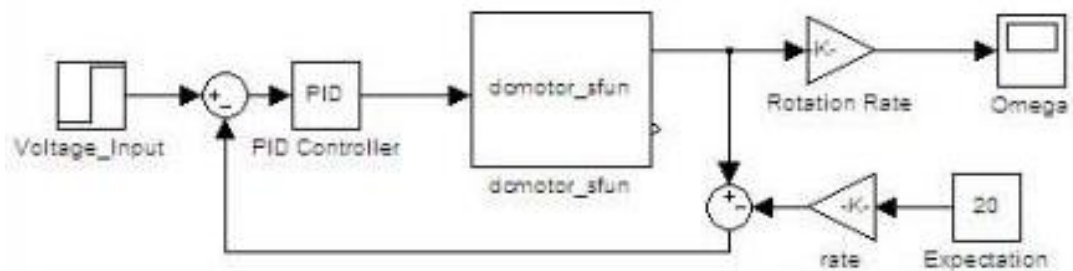


图 3 直流电机开环 Simulink 框图

调整 PID 模块参数如图 4 所示。设定期望转速为 20 (r/min)，所得转速变化图如图 5 所示。

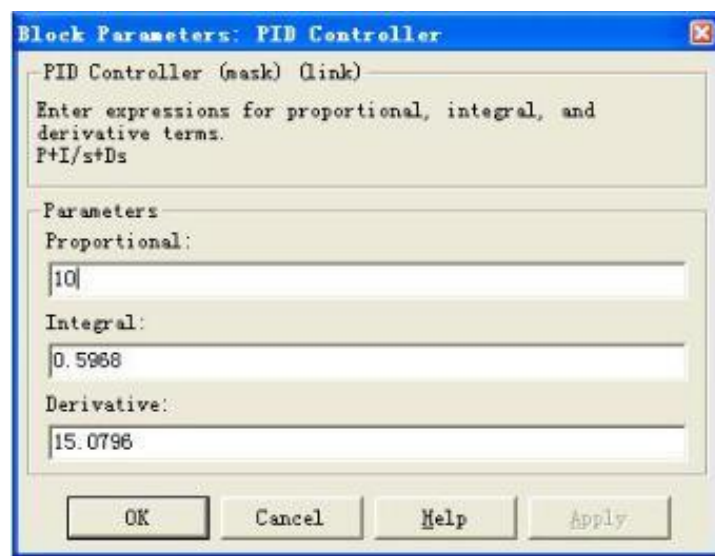


图 4 电机 PID 控制模块参数选择图

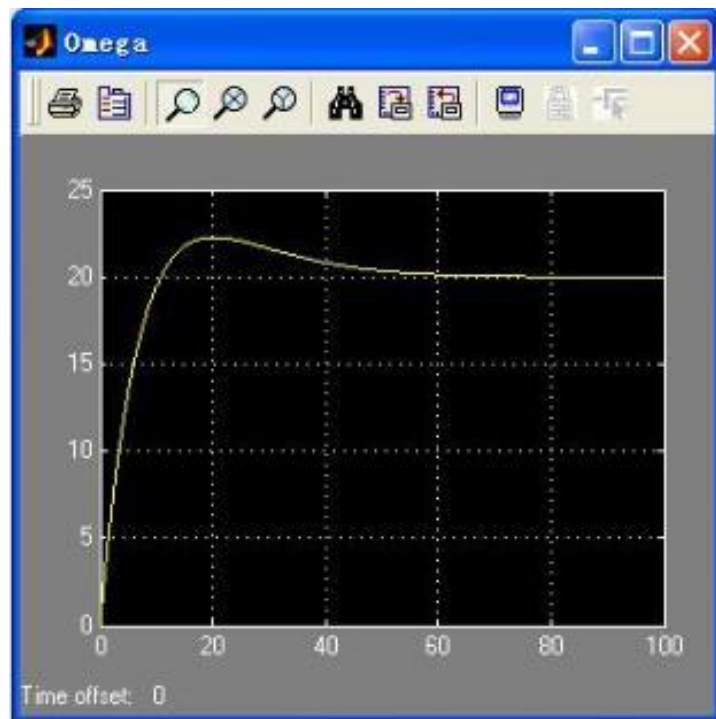


图 5 低速配置电机转速图