

基于 Matlab/ Simulink 的双闭环直流调速系统的设计

姚建红¹, 戴 琳², 厉立国³

(1. 大庆石油学院,黑龙江 大庆 163318;2. 大庆油田第一采油厂,黑龙江 大庆 163000;3. 大庆石油管理局供电公司,黑龙江 大庆 163453)

摘 要: 采用工程设计方法对双闭环直流调速系统进行辅助设计,选择调节器结构,进行参数计算和近似校验,并建立起制动、抗电网电压扰动和抗负载扰动的 Matlab/ Simulink 仿真模型,分析转速和电流的仿真波形,并进行调试,使双闭环直流调速系统趋于完善、合理。

关键词: 调节器;双闭环直流调速系统;Matlab/ Simulink 仿真

中图分类号: TM33

文献标识码: A

双闭环直流调速系统是一个复杂的自动控制系统,在设计和调试过程中有大量的参数需要计算和调整,运用传统的设计方法工作量大,系统调试困难。本文对双闭环直流调速系统进行辅助设计,选择调节器结构,进行参数计算和近似校验,根据给出和计算出的相应参数,建立 Matlab/ Simulink 仿真模型,并对转速和电流的波形进行分析。仿真结果证明了该方法的可行性和合理性。

1 双闭环直流调速系统的设计

根据设计多环控制系统一般原则:从内环开始,一环一环的逐步向外扩展。先从电流环入手,首先设计好电流调节器,然后把整个电流环看作是转速调节系统的一个环节,再设计转速调节器^[1]。双闭环调速系统的动态结构如图 1 所示。

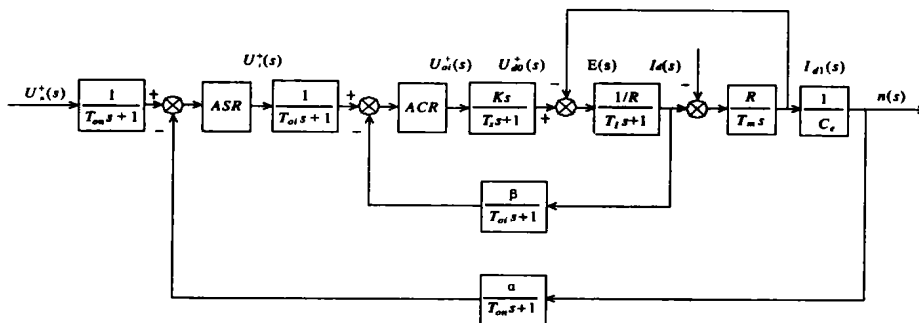


图 1 双闭环调速系统的动态结构图

设计的基本数据如下: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,直流电动机额定电压 220V,额定电流 136A,转速 1460r/min, $C_e = 0.132\text{Vmin/r}$,允许过载倍数 $\lambda = 1.5$,晶闸管装置的放大系数 $K_s = 40$,电枢回路总电阻 $R = 0.5$,时间常数 $T_l = 0.03\text{s}$, $T_m = 0.18\text{s}$,电流反馈系数 $\beta = 0.05\text{V/A}$,转速反馈系数 $\alpha = 0.007\text{Vmin/r}$ 。设计要求为:

(1) 稳态指标:无静差。

(2) 动态指标:电流超调量 $\sigma_i = 5\%$;空载启动到额定转速时电流超调量 $\sigma_n = 10\%$ 。

1.1 电流调节器设计

根据设计要求,可按典型 II 型系统设计,电流调节器选用 PI 型,其传递函数为

$$W_{ACR}(s) = K_i \frac{-s + 1}{s} \quad (1)$$

式中,ACR 超前时间常数 $\tau_i = 0.03\text{s}$,比例系数

$K_i = 1.013$. 在设计的过程中,对闸管装置传递函数近似条件、忽略反电动势对电流环影响的条件、小时间常数近似处理条件进行了校验,校验结果满足近似条件^[2].

1.2 转速调节器设计

由于设计要求无静差,转速调节器必须有积分环节,又根据动态要求,应按照典型 型系统设计转速环.故 ASR 选用 PI 调节器,其传递函数为:

$$W_{ASR}(s) = K_n \frac{n^s + 1}{n^s} \tag{2}$$

式中,ASR 的超前时间常数 $n = 0.087s$,比例系数 $K_n = 11.7$.在设计的过程中,对电流环传递函数简化条件、小时间常数近似处理条件进行了校验,校验结果满足近似条件.最后,校核转速超调量满足设计要求.

2 仿真及实验结果分析

根据图 1 和计算出的相关参数,建立双闭环直流调速系统的 Matlab/ Simulink 动态仿真模型^[3],如图 2 所示.

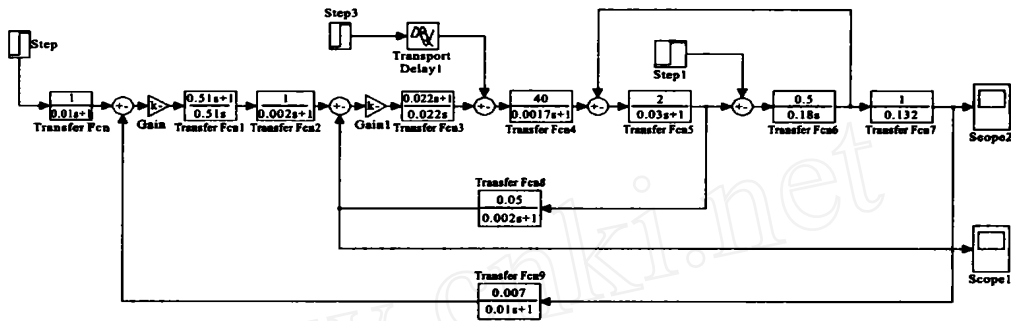


图 2 双闭环调速系统的模块图

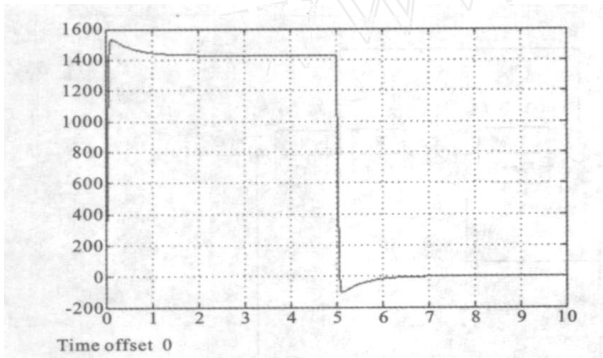


图 3 起、制动时转速 $n(t)$ 波形图

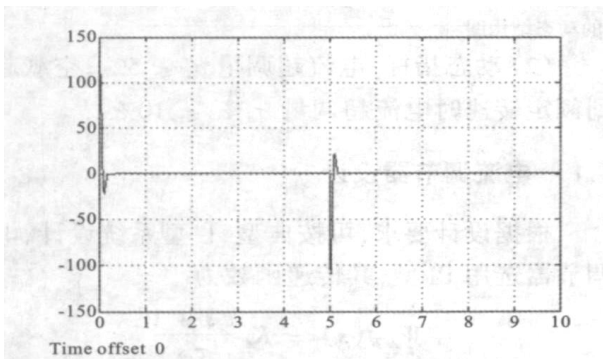


图 4 起、制动时反馈电流 $i(t)$ 波形图

运行仿真模型,得出在额定转速和空载下,起动、制动时输出转速 $n(t)$ 和内环反馈电流 $i(t)$ 的波形图,如图 3 和图 4 所示.当突加给定电压时,系

统进入起动过程,转速由零迅速增加到最大转速,在系统的调节作用下转速下降至额定转速并继续下降,到达一定值后回升,最终达到额定转速.制动过程与起动过程正好相反.

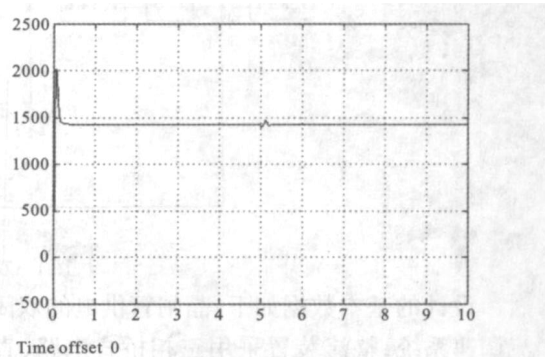


图 5 电网电压扰动时转速 $n(t)$ 波形图

当发生电网电压扰动时其过程为:电网电压波动 速度变化 负反馈 速度恢复.在双闭环调速系统中,电网电压扰动施加点在电流闭环之内.由于电流调节器的作用,电网电压扰动不必等到转速变化才调节,而是等电流变化后通过电流环进行调节,因此造成的转速通常不是很明显.这表明,对电网电压,电流环有较强的抗扰能力.其波形如图 5 和图 6 所示.

负载扰动在电流环之外速度环之内,因此负载

扰动需要速度环来调节. 在突加(减) 负载时, 必然会引起动态速降(升). 为了减少动态速降(升), 必须在设计速度环时, 要求系统具有较好的抗扰性能指标. 对于电流环的设计来说, 只需电流环具有良好的跟随性能. 其波形如图 7 和图 8 所示.

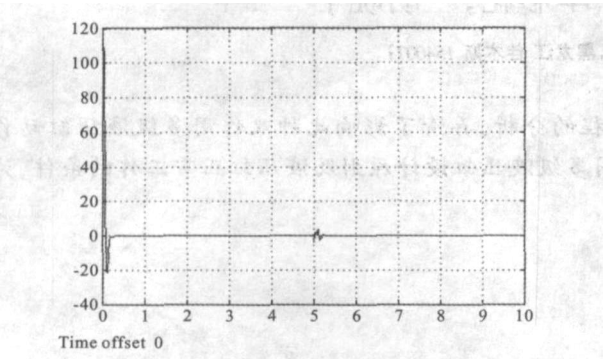


图 6 电网电压扰动时反馈电流 $i(t)$ 波形图

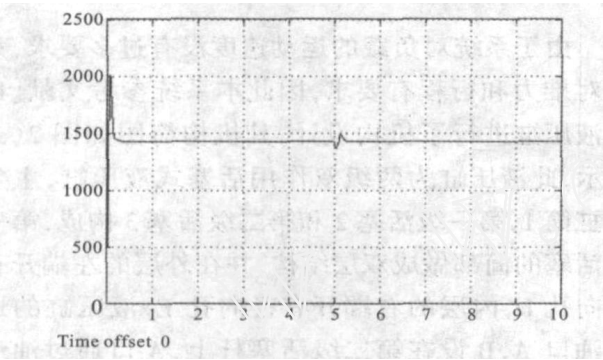


图 7 负载扰动时转速 $n(t)$ 波形图

程中, 由于非线性环节线性化处理、近似处理、降阶处理、调节器的饱和非线性等因素导致了工程设计与性能要求有差距. 从而, 仿真出来的波形超调量过大, 抗扰性能不是很理想. 所以在系统的仿真过程中, 必须经过大量的调试, 适当的调整参数, 才能得出超调量较低, 抗扰性能较好的双闭环调速系统.

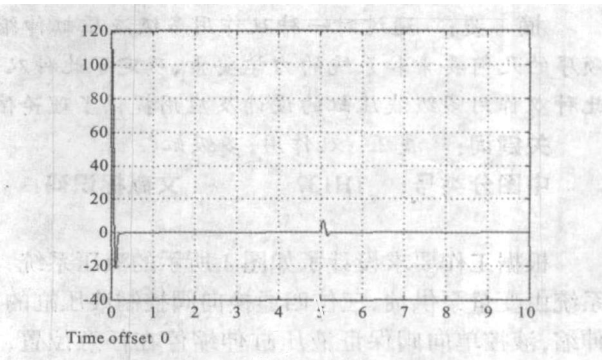


图 8 负载扰动时反馈电流 $i(t)$ 波形图

参考文献:

[1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统[M]. 北京:机械工业出版社, 2000, 6, 56 - 59, 76 - 90.
[2] 范正翘. 电力传动与自动控制系统[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003, 8, 158 - 167.
[3] 周渊深, 宋永英, 朱希荣. 交直流调速系统与 MATLAB 仿真[M]. 北京:中国电力出版社, 2004, 1 - 5.

3 结 论

按照工程设计方法设计双闭环调速系统的过

The Design of Double Close - loop DC Motor Control System
Based on Matlab/ Simulink

YAO Jian - hong¹, DAI Lin², LI Li - guo³

(1. Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, China; 2. Daqing Oil Recovery Plant No. 1, Daqing 163000, China; 3. Power Supply Company of Petroleum Administrative Bureau, Daqing 163453, China)

Abstract: According to engineering design method a double closed - loop DC motor control system was designed, a modulator structure was selected and computed, and its parameter was corrected. Then the Matlab model of double closed - loop DC motor control system was built. The speed and current waveform were analyzed carefully. By trying a great deal of simulation, the DC motor control system was made better and more reasonable.

Key words: Regulator; double closed - loop DC motor control system; Matlab/ Simulink