

第三章 重点、难点内容解析

1、开环直流调速系统存在的问题

从直流电动机机械特性入手分析得出开环直流调速系统的问题：电机对负载扰动没有抵抗能力，负载变化导致转速变化。

2、有静差的转速闭环直流调速系统的系统结构、静特性及分析

- 结合图 3-1 说明转速闭环直流调速系统的组成，重点理解各部分信号连接关系。
- 熟练掌握利用各环节静特性得出闭环系统的静特性结构框图 3-2 以及得出闭环调速系统的静特性方程（式 3-1）。（静特性是系统稳定运行时电机转速与转速给定、负载扰动间的关系，表征了系统在负载扰动下对给定转速的稳态跟踪能力。系统稳定运行时，忽略摩擦转矩和扭矩，电机输出电磁转矩等于负载转矩，这是理解、分析静特性的基础）
- 将静特性方程与开环系统机械特性进行比较，包括额定负载转速降落、调速范围和静差率（3.1.2 节）

3、理解负载变化时闭环系统减小转速降落的本质

可以利用动态过程加以分析。结合图 3-3，电机在稳态时，根据运动方程，电机处于机械平衡状态，即电磁转矩等于负载转矩（忽略摩擦转矩和扭矩），此时电机电枢电压为 U_{d01} ；负载变化时，机械平衡状态被打破。

以加载为例，开环系统电机转速下降，电机感应电动势会下降，而控制电压不变，电枢平均电压仍为 U_{d01} ，由电压方程可知，电机电流增加，电磁转矩增加，最终会进入新的平衡状态。电机稳态工作点由 A 点变为 A' 点，可以看出在开环系统中加载时，电机通过降低转速提升电流达到新的平衡状态。

在闭环系统中，转速下降，反馈通道检测到转速下降，转速偏差增加，转速调节器输出控制电压增加，电机两端电枢电压增加为 U_{d02} ，电机电流增加，到 B 点达到平衡，和开环系统相比，虽然此时电机输出电磁转矩不变，但是电机电枢电压增加了，补充了绕组压降变化对转速的影响，减小转速降落。

4、转速反馈控制直流调速系统的动态数学模型

- (1) 首先建立直流电动机的动态模型及表征电机动态模型的传递函数图（基于电压方程和转矩方程， C_m 、 T_i 、 T_m 等系数的定义无需记忆，重点是整体推导过程的思路）
- (2) 整个闭环直流调速系统的动态结构图（包括上述的电机模型、功率放大装置的传递函数以及控制器的传递函数）

5、比例控制闭环直流调速系统的稳定性判据（要求会推导）

5、PI 调节器能够实现无静差控制的原因分析及无静差系统稳态参数计算

PI 调节器输出由比例和积分两部分构成，比例部分正比于当前输入，积分部分输出正比于当前时间之前所有偏差累计，只要当前偏差不为 0，积分部分输出就会改变，控制电压就会调节，电机电枢电压会调节，直到电机转速等于设定转速，转速偏差为 0，积分部分输出不变，维持系统稳定运行；

利用稳态结构框图进行稳态参数计算时，应当由后往前分析计算，即系统稳态时需要多少电枢电压，系统就能够通过积分调节产生相应的控制电压。

6、利用反馈控制规律分析转速闭环控制系统，可以得出哪些结论？

比例控制直流调速系统为静差系统，只有系统存在静差时，比例调节器才有输出；否则输出为 0，电机控制电压为 0，电枢电压也为 0，系统无法稳态工作；

含有积分环节时，只有系统转速稳定为给定转速，转速偏差为 0，调节器输出才会稳定。

反馈控制系统对闭环包围的前向通道上的扰动有抑制作用，对给定和反馈扰动没有抑制作用。因此系统的精度依赖于给定和反馈检测的精度。