

技能型人才培养特色名校建设规划教材

交直流调速 控制系统调试与维护

JIAOZHILIUTIAOSU
KONGZHIXITONGTIAOSHIYUWEIHU

主 编 梁 强 邱 阳 许洪龙
副主编 明习凤 张翠玲 栾玉静 李克培
主 审 杨森林



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

技能型人才培养特色名校建设规划教材

交直流调速控制系统调试与维护

主 编 梁 强 邱 阳 许洪龙

副主编 明习凤 张翠玲 栾玉静 李克培

主 审 杨森林

内 容 提 要

本书在征求专业教师和专家意见的基础上,结合最新的课程教改成果,以突出应用能力和培养综合素质为原则进行编写,内容包括直流调速和交流调速两部分,通过15个学习项目来强化学生的操作技能。本书基于DSC-5型晶闸管直流调速柜和西门子MM440变频器组织教材内容,着重于学生知识应用综合技能和创新能力的培养。

本书重视学生在校学习与毕业后工作的一致性,有针对性地采取项目导入、任务分析等行动导向的教学模式,以项目任务为载体,每个项目或任务都包括实践知识、理论知识等内容,是一个相对完整的系统,具有较强的操作性和可行性,方便教学安排。

本书可作为高职高专院校机电类专业、自动化类专业及机械类专业的教学用书,也可作为应用型本科、成人教育、自主考试、开放大学、中职学校等的教材,还可作为企业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

交直流调速控制系统调试与维护 / 梁强, 邱阳, 许洪龙主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 12
技能型人才培养特色名校建设规划教材
ISBN 978-7-5170-3925-9

I. ①交… II. ①梁… ②邱… ③许… III. ①交流调速—控制系统—高等职业教育—教材②直流调速—控制系统—高等职业教育—教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第314784号

策划编辑: 石永峰

责任编辑: 张玉玲

封面设计: 李 佳

书 名	技能型人才培养特色名校建设规划教材 交直流调速控制系统调试与维护
作 者	主 编 梁 强 邱 阳 许洪龙 副主编 明习凤 张翠玲 栾玉静 李克培 主 审 杨森林
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10.25印张 232千字
版 次	2015年12月第1版 2015年12月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	22.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

为落实“课岗证融通，实境化历练”人才培养模式改革，满足高等职业教育技能型人才培养的要求，使学生更好地适应企业的需要，在山东省技能型人才培养特色名校建设期间，我校组织课程组有关人员和企业的能工巧匠与技术人员编写了本教材。

本教材的编写贯彻了“以学生为主体，以就业为导向，以能力为核心”的理念和“实用、够用、好用”的原则，基于 DSC-5 型晶闸管直流调速柜和西门子 MM440 变频器组织内容，具有以下特色：

（1）以行动为导向，以工学结合的人才培养模式改革与实践为基础，按照典型性、对知识和能力的覆盖性、可行性原则，遵循认知规律与能力的形成规律设计教学载体，梳理理论知识，明确学习内容，使学生在职业情境中“学中做、做中学”。

（2）打破传统教材按章节划分理论知识的方法，将理论知识按照相应教学载体进行重构，并对知识内容以不同方式进行层面划分，如项目（任务）导入、项目（任务）分析、相关知识、项目（任务）实施、知识拓展等。通过任务的完成使学生学有所用、学以致用，与传统的理论灌输有着本质的区别。

（3）根据本课程的内容和实际教学情况，我们为本教材编写了配套的工作任务书，根据学生对任务书的完成情况补充、更新教材内容，满足教学需要，提高教学质量，体现教材的灵活性。

随着科学技术的迅速发展，对技能型人才的要求也越来越高。作为培养技能型“双高”人才的高等职业技术学院，原来传统的教学模式及教材已不能完全适应现今的教学要求。本教材根据培养目标的需求对内容进行了适当调整，补充了一些新知识，使教材更规范、更实用。

本书由梁强、邱阳、许洪龙任主编，明习凤、张翠玲、栾玉静、李克培任副主编。博宁福田智能通道（青岛）有限公司的肖银川参与了部分编写工作，浙江亚龙教育装备股份有限公司副总工程师杨森林任主审。

由于时间仓促及编者水平有限，书中难免有疏漏和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 12 月

目 录

前言

模块一 直流调速控制系统

项目一 直流调速技术	1	项目六 调节板电路调试与维护	42
项目二 DSC-5 型晶闸管直流调速系统	12	项目七 触发板电路调试与维护	60
项目三 主电路调试与维护	20	项目八 隔离电路调试与维护	69
项目四 继电控制电路调试与维护	30	项目九 保护电路调试与维护	76
项目五 电源电路调试与维护	35	项目十 项目综合实训	81

模块二 交流调速控制系统

项目十一 交流调速技术	90	任务 3 MM440 变频器模拟信号 操作控制	131
项目十二 MM440 变频器概述	99	任务 4 MM440 变频器多段速频率控制	135
任务 1 接线端子的标准设置	99	项目十四 PLC 和变频器联机变频调速	140
任务 2 MicroMaster 440 调试方法	108	任务 1 输入端子控制操作	140
任务 3 用基本操作板/高级操作板 (BOP/AOP) 进行调试	114	任务 2 延时控制操作	145
项目十三 MM440 变频器的应用	123	任务 3 多段速频率控制操作	150
任务 1 MM440 变频器的基本操作	123	项目十五 西门子 S7-200 PLC 控制 MM440 变频器实现电动机正反转自动 循环实训	155
任务 2 MM440 变频器输入端子 操作控制	127		

模块一 直流调速控制系统

在自动控制系统中，电力拖动系统是最重要的应用系统之一，而电动机又是电力拖动系统的核心部件，是将电能转化为机械能的一种有力工具。根据供电方式的不同，电动机可分为直流电动机和交流电动机。由于直流电动机具有良好的起制动性能，而且可以在较大范围内平滑地调速，因此在轧钢设备、矿井升降设备、挖掘钻探设备、金属切削设备、造纸设备、电梯等需要高性能可控制电力拖动的场合得到了广泛应用。

从生产设备的控制对象来看，电力拖动控制系统有调速系统、位置随动系统、张力控制系统等多种类型，而各种系统基本上都是通过控制转速（实质上是控制电动机的转矩）来实现的。

由于直流电动机具有极好的运动性能和控制特性，尽管它不如交流电动机那样结构简单、价格便宜、制造方便、维护容易，但是长期以来，直流调速系统一直占据着垄断地位。当然，近年来，随着计算机技术、电力电子技术和控制技术的发展，交流调速系统发展很快，在许多场合正逐渐取代直流调速系统。但是就目前来看，直流调速系统仍然是自动调速系统的主要形式。而且，直流调速系统在理论上和实践上都比较成熟，从控制技术的角度来看，它又是交流调速系统的基础。因此，我们先来讨论直流调速系统。

项目一 直流调速技术

一、项目导入

到目前为止，在工矿企业中应用的直流调速系统有交磁放大机调速系统、磁放大器调速系统和晶闸管供电的直流调速系统等。由于晶闸管供电的直流调速系统优于前两者，所以该类系统获得了日益广泛的应用。

本项目主要讨论直流电动机调速的基本方案、直流调速系统的组成和分类、调速系统的性能指标。

二、项目分析

1. 调速及调速系统

将调节电动机转速以适应生产要求的过程称为调速，用于完成这一功能的自动控制系统就被称为是调速系统。

电动机是用来拖动某种生产机械的动力设备，所以需要根据工艺要求调节其转速。比

如在加工毛坯工件时,为了防止工件表面对生产刀具的磨损,因此加工时要求电动机低速运行;而在对工件进行精加工时,为了缩短加工时间、提高产品的成本效益,因此加工时要求电动机高速运行。

2. 调速系统的作用

机床在加工过程中,需要按不同的加工要求调整主轴的转速和进给速度。为保证工件表面的质量和精度,要求电动机运行速度平稳。各种生产机械对调速系统提出了不同的转速控制要求,归纳起来有以下3个方面:

(1) 调速。在一定的最高转速和最低转速范围内,分挡(有级)地或者平滑(无级)地调节转速。

(2) 稳速。以一定的精度在所需转速上稳定地运行,不因各种可能的外来干扰(如负载变化、电网电压波动等)而产生过大的转速波动,以确保产品质量。

(3) 加、减速控制。对频繁起、制动的设备要求尽快地加、减速,缩短起、制动时间,以提高生产率;对不宜经受剧烈速度变化的生产机械,则要求起、制动尽量平稳。

以上3个方面有时都必须具备,有时只要求其中一项或两项,其中有些方面之间可能还是相互矛盾的。为了定量地分析问题,一般规定几种性能指标,以便衡量一个调速系统的性能。

3. 调速系统的性能指标

根据生产机械对调速系统提出的要求,调速应按一定的技术指标来执行,技术指标又分静态指标和动态指标。

静态指标:静差率、调速范围。

动态指标:跟随性能指标、抗扰性能指标。

4. 调速系统的分类

目前调速系统分为交流调速系统和直流调速系统,由于直流调速系统的调速范围广、静差率小、稳定性好且具有良好的动态性能,因此在相当长的时期内,高性能的调速系统几乎都采用了直流调速系统。

交流电动机结构简单、制造方便、维护容易、价格便宜,而直流电动机换向有火花,因此交流调速系统将取代直流调速。近年来,随着电子工业与技术的发展,高性能的交流调速系统的应用范围逐渐扩大并大有取代直流调速系统的发展趋势。而直流调速系统在理论和实践上都比较成熟,并且从反馈闭环控制的角度来看,它又是交流调速系统的基础,所以掌握好直流调速系统也是很重要的。

三、相关知识

1. 直流电动机的调速方法

由电机学可知,直流电动机的转速可由下式表述:

$$n = \frac{U_d - I_d R_d}{K_e \phi}$$

式中, n 为转速, 单位为 r/min ; U_d 为电枢电压 (V); I_d 为电枢电流 (A); R_d 为电枢回路电阻 (Ω); ϕ 为励磁磁通 (Wb); K_e 为由电动机结构决定的电动势系数。

由此可知, 直流电动机的调速方法有 3 种: 调节电枢供电电压 U_d 、改变电动机主磁通 ϕ 、改变电枢回路电阻。

(1) 调节电枢供电电压 U_d 。

改变电枢电压主要是从额定电压往下降低电枢电压, 从电动机额定转速向下变速, 属于恒转矩调速方法。对于要求在一定范围内无级平滑调速的系统来说, 这种方法最好。 I_d 变化遇到的时间常数较小, 能快速响应, 但是需要大容量可调直流电源。

工作条件: 保持励磁 $\phi = \phi_N$, 保持电阻 $R = R_a$ 。

调节过程: 改变电压 $U_N \rightarrow U \downarrow \rightarrow n \downarrow, n_0 \downarrow$

调速特性: 机械特性曲线平行下移。调压调速特性曲线如图 1-1 所示。

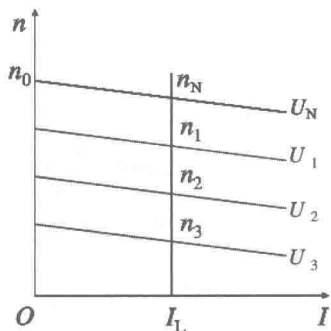


图 1-1 调压调速特性曲线

(2) 改变电动机主磁通 ϕ 。

改变磁通可以实现无级平滑调速, 但只能减弱磁通进行调速 (简称弱磁调速), 从电动机额定转速向上调速, 属于恒功率调速方法。 I_f 变化时间遇到的时间常数与 I_a 变化遇到的相比要大得多, 响应速度较慢, 但所需电源容量小。

工作条件: 保持电压 $U = U_N$, 保持电阻 $R = R_a$ 。

调节过程: 减小励磁 $\phi_N \rightarrow \phi \downarrow \rightarrow n \uparrow, n_0 \uparrow$ 。

调速特性: 转速上升, 机械特性曲线变软。调磁调速特性曲线如图 1-2 所示。

(3) 改变电枢回路电阻。在电动机电枢回路外串接电阻进行调速的方法, 设备简单、操作方便, 但是只能进行有级调速、调速平滑性差、机械特性较软, 空载时几乎没什么调速作用, 还会在调速电阻上消耗大量电能。

工作条件: 保持励磁 $\phi = \phi_N$, 保持电压 $U = U_N$ 。

调节过程: 增加电阻 $R_a \rightarrow R \uparrow \rightarrow n \downarrow, n_0$ 不变。

调速特性: 转速下降, 机械特性曲线变软。调阻调速特性曲线如图 1-3 所示。

改变电阻调速缺点很多, 目前很少采用, 仅在有些起重机、卷扬机及电车等调速性能要求不高或低速运转时间不长的传动系统中采用。弱磁调速范围不大, 往往是和调压调速

配合使用,在额定转速以上作小范围的升速。因此,自动控制的直流调速系统往往以调压调速为主,必要时把调压调速和弱磁调速两种方法配合起来使用。

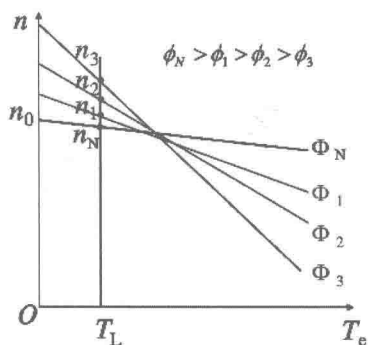


图 1-2 调磁调速特性曲线

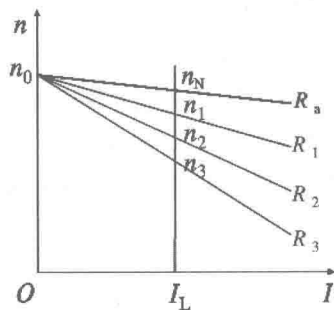


图 1-3 调阻调速特性曲线

直流电动机电枢绕组中的电流与定子主磁通相互作用,产生电磁力和电磁转矩,电枢因而转动。直流电动机电磁转矩中的两个可控参量是互相独立的,可以非常方便地分别调节,这种机理使直流电动机具有良好的转矩控制特性,从而有优良的转速调节性能。调节主磁通一般还是通过调节励磁电压来实现,所以不管是调压调速还是调磁调速,都需要可调的直流电源。

2. 直流调速用可控直流电源

改变电枢电压调速是直流调速系统采用的主要方法,调节电枢供电电压或者改变励磁磁通都需要有专门的可控直流电源,常用的可控直流电源有以下 3 种:

- (1) 旋转变流机组。用交流电动机和直流发电机组成机组,以获得可调的直流电压。
- (2) 静止可控整流器。用静止的可控整流器,如汞弧整流器和晶闸管整流装置,产生可调的直流电压。
- (3) 直流斩波器或脉宽调制变换器。用恒定直流电源或不可控整流电源供电,利用直流斩波或脉宽调制的方法产生可调的直流平均电压。

3. 直流调速系统的组成

在手动控制的基础上发展起来的自动控制系统,按照系统有无反馈环节,可分为开环控制系统和闭环控制系统;按照系统是否存在稳态偏差可分为有静差调速系统 and 无静差调速系统。

(1) 开环控制系统。

若系统的输出量不反馈到输入端参与控制,即输出量与输入量之间在电路没有任何直接的联系,这样的系统称为开环控制系统。

开环控制系统框图如图 1-4 所示,其调节过程如下:当给定电压 U_{gd} 增大时,通过触发器使晶闸管的控制角 α 减小,晶闸管整流电压 U_d 增加,由于电动机励磁磁通是恒定的,所以电动机的转速 n 将增加,即: $U_{gd} \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow$ 。

开环控制系统结构简单、成本低、输入量和输出量之间的关系是固定的。在内部参数和

外部负载等扰动因素不大的情况下,可以采用开环控制系统,如一般的组合机床的控制等。

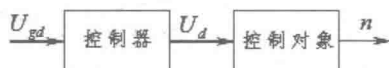


图 1-4 开环控制系统框图

(2) 闭环控制系统。

若系统的输出量被反送到输入端参与控制,即输出量与输入量之间通过反馈环节联系在一起形成闭合回路的系统,称为闭环控制系统,又称为反馈控制系统。

闭环控制系统框图如图 1-5 所示。当电动机的转速由于某种原因而降低时, U_{fn} 将降低,偏差电压 ΔU 升高,控制电压 U_k 增加,则整流输出电压 U_d 将增加,从而使电动机转速回升。该调节过程可用顺序图表示为: 负载 $\uparrow \rightarrow I_d \uparrow \rightarrow n \downarrow \rightarrow \Delta U \uparrow \rightarrow U_k \uparrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow$ 。

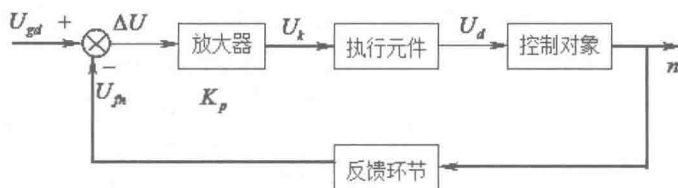


图 1-5 闭环控制系统框图

可见,当 U_{gd} 不变而电动机的转速 n 由于某种原因而产生波动时,通过转速负反馈可以自动调节电动机的转速而维持稳定。这样就抑制了扰动量对输出量的影响,而且大大提高了系统机械特性的硬度。但是闭环控制容易产生振荡。因此,对闭环控制系统来说,稳定性是一个需要充分重视的问题。

由于晶闸管供电的直流调速系统的开环机械特性不硬,特别是电流断续时机械特性更软,所以一般多采用闭环控制方案。

(3) 有静差调速系统。

在图 1-6 所示的系统中,若放大器采用比例放大器,则该系统对于给定量 U_g 来说便是有静差调速系统。因为这种调速系统在稳态时反馈量与给定量不等,即存在着偏差 ΔU_i ,因此 $\Delta U_i = U_g - U_{fn} \neq 0$ 。

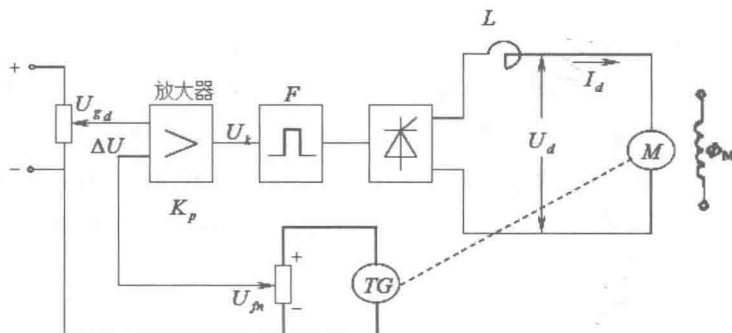


图 1-6 有静差调速系统原理图

有静差调速系统是通过偏差 ΔU_i 的变化来进行调节的。系统的反馈量只能减小偏差 ΔU_i 的变化, 而不能消除偏差, 即 ΔU_i 始终不能为 0。若偏差 $\Delta U_i = 0$, 比例放大器输出 $U_c = 0$, 晶闸管整流器输出电压 $U_d = 0$, 电动机将停止转动, 系统无法正常工作。可见, 有静差调速系统是依靠 $\Delta U_i \neq 0$ 为前提工作的。若想消除偏差, 使 $\Delta U_i = 0$, 以提高稳态精度, 单纯按比例放大器来进行控制是办不到的。要想提高稳态精度, 必须从控制规律上寻求新的出路。

(4) 无静差调速系统。

图 1-7 所示的系统是无静差调速系统。由图可见, 给定电压 U_{gd} 与测速发电机 TG 的输出电压 U_{fn} 之差 ΔU 经放大后所得的电压 U_s 加在伺服电动机 SM 的两端, 使伺服电动机 SM 转动, 带动电位器 RP_2 的滑动端去调节晶闸管变流器的触发控制电压 U_k , 进而改变晶闸管变流器的输出电压 U_d , 以调节电动机的转速 n (即系统的输出量)。当转速 n 因某种原因 (如负载增加) 而下降时, 其调节过程为: $n \downarrow \rightarrow U_{fn} \downarrow \rightarrow \Delta U \uparrow \rightarrow U_s \uparrow \rightarrow SM$ 正转带动电位器 RP_2 滑杆上移 $\rightarrow U_k \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow$ 。这种调节过程一直要继续到电动机的转速 n 恢复原值, 即 $U_{fn} = U_{gd}$, $\Delta U = U_{gd} - U_{fn} = 0$, $U_s = 0$ (忽略伺服电动机的空载转矩), SM 才停止运转, 使电位器 RP_2 停在所调的新的位置上。可见, SM 停止时, $\Delta U = U_{gd} - U_{fn} = 0$, 所以称这种系统为无静态误差调速系统, 简称无静差调速系统。

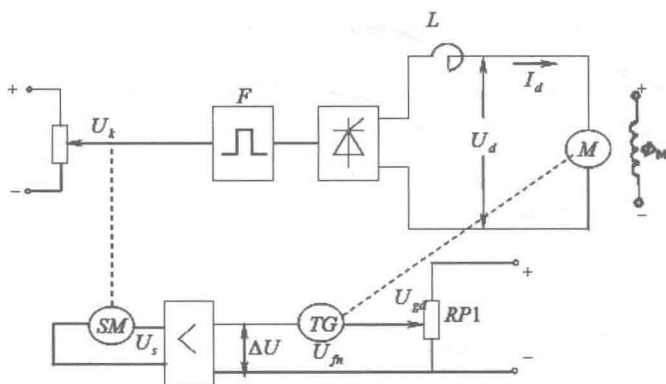


图 1-7 无静差调速系统原理图

4. 调速系统的性能指标

任何一台需要转速控制的设备, 其生产工艺对控制性能都有一定的要求。例如, 精密机床要求加工精度达到几十微米至几微米; 重型机床的进给机构需要在很宽的范围内调速, 最高和最低相差近 300 倍; 容量几千 kW 的初轧机轧辊电动机在不到 1 秒的时间内就得完成从正转到反转的过程; 高速造纸机的抄纸速度达到 1000m/min, 要求稳速误差小于 0.01%。所有这些要求, 都可以转化成运动控制系统的稳态和动态指标, 作为设计系统时的依据。

(1) 静态技术指标。

运动控制系统稳定运行时的性能指标称为稳态指标, 又称静态指标。例如, 调速系统

稳态运行时的调速范围和静差率、位置随动系统的定位精度和速度跟踪精度、张力控制系统的稳态张力误差等。下面来具体分析调速系统的静态技术指标。

1) 调速范围 D 。

在额定负载下,允许的最高转速和在保证生产机械对转速变化率要求的前提下所能达到的最低转速之比称为调速范围,即:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$$

2) 静差率 S 。

当系统在某一转速下运行时,负载由理想空载变到额定负载时所对应的转速降 Δn_e 与其理想空载转速 n_0 之比,采用百分数表示,即:

$$S = \frac{n_0 - n_e}{n_0} \times 100\% = \frac{\Delta n_e}{n_0} \times 100\%$$

显然,静差率表示调速系统在负载变化下转速的稳定程度,它和机械特性的硬度有关,特性越硬,静差率越小,转速的稳定程度就越高。

在一个调速系统中,如果在最低转速运行时能满足静差度的要求,则在其他转速时必能满足要求。

3) 调速的平滑性。

调速的平滑性通常是用两个相邻调速级的转速差来衡量的。调速分为无级调速和有级调速。

以改变直流电动机电枢外加电压调速为例,说明调速范围 D 与静差率 S 之间的关系:

$$D = \frac{n_{e\max}}{n_{e\min}} = \frac{n_{o2\max}}{n_{o2\max} - \Delta n_e} = \frac{n_{e\max}}{n_{o2} \left(1 - \frac{\Delta n_e}{n_{o2}} \right)} = \frac{n_{e\max} S}{\Delta n_e (1 - S)}$$

不同转速下的转差率如图 1-8 所示。

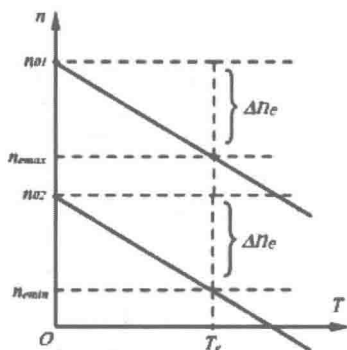


图 1-8 不同转速下的转差率

从上式可以看出,对于同一个调速系统, Δn_e 值一定,对静差率要求越严,即要求 S 值越小时,系统能够允许的调速范围也越小。也就是说一个调速系统的调节范围是指在最低速时还能满足所需静差率的转速可调范围。

(2) 动态技术指标。

从一种稳定速度变化到另一种稳定速度运转（起动、制动过程仅是特例而已），由于有电磁惯性和机械惯性，过程不能瞬间完成，而需要一段时间，即要经过一段过渡过程，或称为动态过程。

1) 最大超调量。

$$M_p = \frac{n_{\max} - n_2}{n_2} \times 100\%$$

最大超调量如图 1-9 所示。

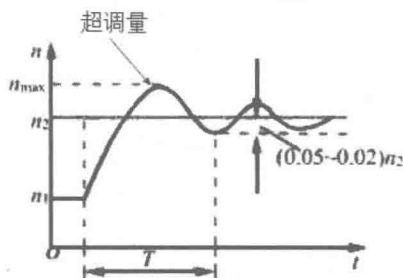


图 1-9 最大超调量

注意：超调量太大，达不到生产工艺上的要求；超调量太小，会使过渡过程过于缓慢，不利于生产率的提高。

一般最大超调量的范围： $M_p = 10\% \sim 35\%$ 。

2) 过渡过程时间 T 。

从输入控制（或扰动）作用于系统开始直到被调量 n 进入 $(0.05 \sim 0.02)n_2$ 稳定值区间时为止（并且以后不再越出这个范围）的一段时间叫做过渡过程时间。过渡过程时间如图 1-10 所示。

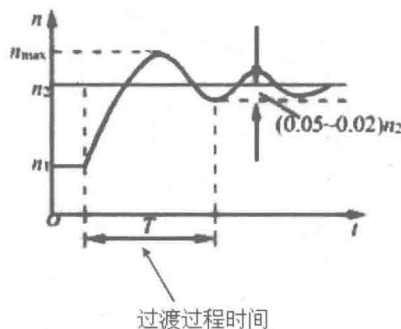


图 1-10 过渡过程时间

3) 振荡次数 N 。

在过渡过程时间内，被调量 n 在其稳定值上下摆动的次数，如图 1-11 所示是 3 种不同调速系统被调量从 x_1 改变为 x_2 时的变化情况，表 1-1 所示为 3 种调速系统动态技术指标的比较。

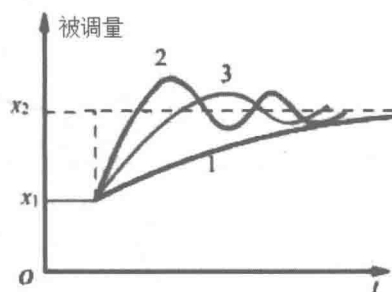


图 1-11 振荡次数

表 1-1 3 种调速系统动态技术指标的比较

系统	超调量	过渡过程时间 T	振荡次数	性能
1	0	长	无	不好
2	大	长	多	不好
3	小	短	中	好

四、项目实施

1. 项目实施目的

培养学生综合运用基本理论、专业知识进行基本技能训练,提高分析与解决实际问题的能力,完成工程师的基本训练和初步培养从事科学研究工作的能力。

2. 项目实施要求

- (1) 严格按学校时间作息,不得缺勤,如遇特殊情况,请与实习负责老师联系。
- (2) 要求着工装,带安全帽。
- (3) 安全第一,服从带队老师及实习单位指挥。
- (4) 不得乱扔垃圾,注意环境卫生。

3. 项目实施内容

- (1) 变电站微机仿真软件(理论讲座和参观实践)。

- ① 监视记录及调整变电站运行工况模拟。
- ② 正常倒闸操作模拟。
- ③ 事故过程的处理及恢复供电模拟。
- ④ 正常及事故巡视模拟。

- (2) 交直流调速系统。

① 交直流变频调速。包括线性 V/F 调速系统、外部模拟信号控制的线性 V/F 调速系统和带磁通电流 V/F 调速系统等。

② 直流数字调速。包括自适应直流调速系统、外部模拟信号控制的单双闭环直流调速系统、双闭环调磁直流调速等。

五、项目小结

(1) 开环控制。

若系统输入量变化规律已知，系统扰动量可补偿或影响不大时，才采用开环调速系统。

(2) 闭环控制。

若系统输入量和扰动量无法预计或稳态精度要求很高时，采用闭环（反馈）调速系统。

(3) 有静差控制。

它是依靠偏差来调节输出量的，只能使偏差变化小，而不能消除偏差。一般采用比例控制环节组成系统。

(4) 无静差控制。

它是依靠动态偏差对时间的积累和记忆来调节输出量的，直至偏差消除为止，即在动态时有偏差，静态时无偏差。一般采用积分控制环节组成系统。

(5) 调速系统的主要静态指标。

静差率是表示负载变化时转速在静态时的波动程度，系统的静差率是指最低转速时的静差率。调速范围是在一定的静差率条件下的调速比，它反映了系统的适应性。

六、知识拓展

1. 自动控制的基本概念

自动控制，就是在没有人直接参与的情况下，利用外加的设备或装置（控制装置）使机器、设备或生产过程（控制对象）的某个工作状态或参数（被控量）自动地按照预定的规律运行。

自动控制系统，是指能够对被控对象的工作状态进行自动控制的系统。它是控制对象以及参与实现其被控制量自动控制的装置或元部件的组合，由控制装置和被控对象组成，一般包括 3 种机构：测量机构、比较机构、执行机构。

2. 控制系统的组成

反馈控制系统的组成如图 1-12 所示。

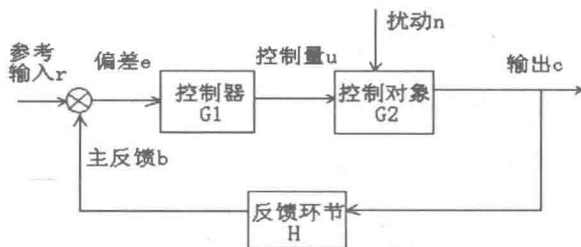


图 1-12 反馈控制系统方框图

3. 系统中各基本环节的作用

(1) 被控对象：指要进行控制的设备或过程。

(2) 检测装置：用来检测被控量并将其转换成与给定量同一物理量。

(3) 给定环节：是设定被控量给定值的装置。

(4) 比较环节：将检测的被控量和给定值进行比较，确定两者之间的偏差。

(5) 控制装置：根据得到的误差信号发出相应的控制信号。

(6) 执行器：直接作用于被控对象，使被控量达到所要求的数值。

4. 控制系统的分类

从系统实现目标上分：随动系统、恒值系统、程序控制系统。

从信号性质上分：连续系统和离散系统。

从数学描述上分：线性系统和非线性系统。

从控制方式上分：按偏差控制系统、复合控制系统、先进控制策略系统。

七、思考与练习

1. 直流电动机的调速方案有哪几种？各有何优缺点？
2. 开环与闭环调速系统在本质上有什么不同？
3. 有静差和无静差系统在结构上有什么不同？各自是如何调节输出量的？
4. 调速系统的主要静态指标有哪些？什么是静差率？什么是调速范围？
5. 调速系统的动态指标有哪些？

项目二 DSC-5 型晶闸管直流调速系统

一、项目导入

DSC-5 型晶闸管直流调速装置专供拖动直流电动机调速用，也可作为可调直流电源使用。图 2-1 所示是设备外形图，它是用晶闸管整流器将交流电整流成为可调直流电，对直流电动机电枢供电，并引入电压负反馈、电流截止负反馈等组成自动稳速的无级调速系统。由于本设备各项性能良好，因此能满足一般生产机械对调速的要求。

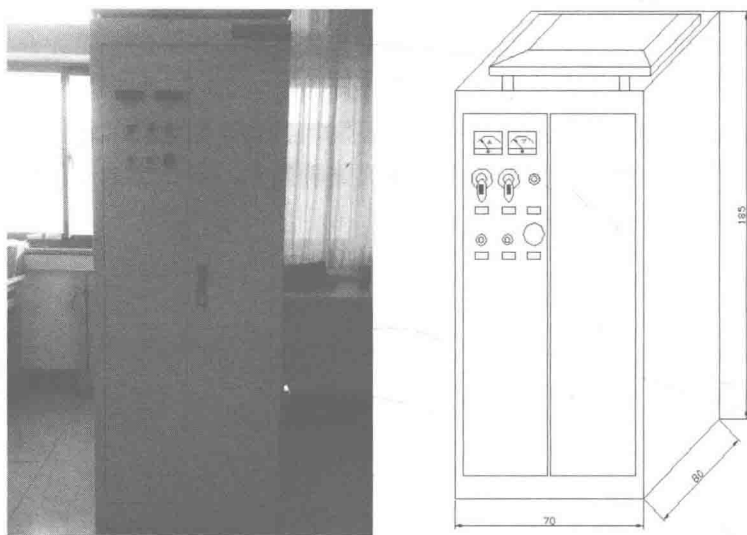


图 2-1 设备外形图及外形尺寸图

二、项目分析

系统结构图如图 2-2 所示。晶闸管直流调压/调速装置采用功能模块化设计、立柜式结构，柜内最下层安装整流变压器；柜内前面上半部分装有电源板、调节板、触发板和隔离板；下半部分装有继电线路和保护电路配电盘；柜内后面装有晶闸管门极电路、保护电路、电流截止信号取样电路和电压反馈信号取样电路；晶闸管安装在前后板之间；指示器件和操作器件安装在左前门的上部。

设备内装有保护报警电路，当快速熔断器熔断时，直流输出过流或短路，保护电路发出指令，可自动切除主电路电源，同时故障指示灯发亮，直至操作人员切断控制装置电源，故障指示灯才可熄灭。保护电路的设置提高了设备运行的安全性。

每台设备都设有独立的励磁电源。可以向直流电动机提供励磁电流。