

高等职业技术一体化系列教材

GAODENG ZHIYE JISHU

YITI HUA

XILIE JIAOCAI

应用电子技术

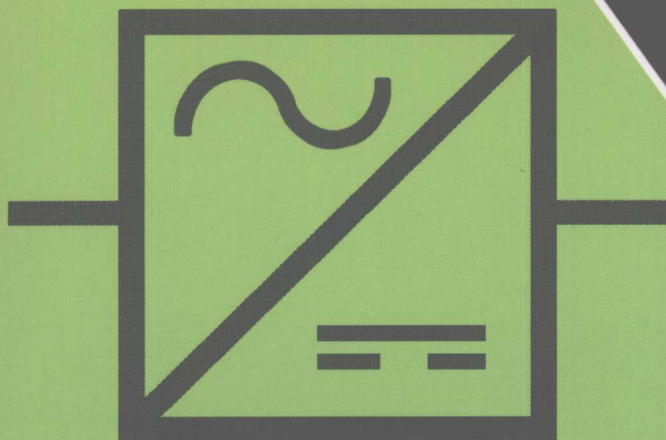
自动化技术

交、直流 调速应用

主编 刘建华

JIAOZHILIU
TIAOSU
YINGYONG

上海科学技术出版社



高等职业技术一体化系列教材

交、直流调速应用

主 编 刘建华

参 编 张静之

审 稿 王照清

上海科学技术出版社

17

图书在版编目(CIP)数据

交、直流调速应用/刘建华主编. —上海:上海科学技术出版社,2007.2

(高等职业技术一体化系列教材)

ISBN 978-7-5323-8771-7

I. 交... II. 刘... III. ①交流电机—调速—高等学校:技术学校—教材②直流电机—调速—高等学校:技术学校—教材 IV. TM330.12 TM340.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 150408 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 7.25

字数:106 千字

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

印数:1—2 200

定价:20.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书系“高等职业技术一体化系列教材”之一。内容涉及欧陆 514C 双闭环不可逆以及可逆直流调速,变频器的接线、面板操作与基本参数设置运行,MM420 变频器开关量、模拟量及固定频率运行操作等课题,覆盖了电工要求掌握的基本操作技能和相关理论知识。

本书在内容上力求做到理论与实际相结合,符合循序渐进的教学要求,从打好基础入手,突出机械类高职院校生产实习教学的特点。

本书以职业能力为核心,以项目为学习单元,整合了该专业学生所需掌握的基本知识和技能实践,实用性强。适合高职高专机电类相关专业作为教材使用,同时,也适用于技术工人的继续教育和培训。

《高等职业技术一体化系列教材》编委会

主 任：陈力华

副主任：张方良

委 员(以姓氏笔画为序)：

叶聚丰 许 涛 李春明 张孝三

陈廷雨 顾卫东 徐维权

前 言

近年来,我国高等职业教育得到了蓬勃的发展,“以就业为导向”的教学改革不断深化,以职业能力为依据组织课程内容逐渐取代了以往的实验和认知课程。一套能适应以职业能力为导向的技能培训教材,已成为高等职业技术学院教学改革实践中的渴求。

作者在总结了多年培养生产第一线应用型技术人才经验的基础上,调研了不同经济形式和不同技术应用程度的企业对生产第一线技术人才的要求,咨询了行业高技能人才对岗位规范的要求,聆听了他们对工作任务的描述,研究了国家相关职业资格鉴定标准,借鉴了工作任务分析法和 CBE、MES 及双元制的职业教学模式,在整合上述各方面信息的基础上,编著了这套供高等职业院校使用的模块式一体化教材。教材中各课题(即模块)均遵循人的认知规律和技能养成规律来设计,并将理论知识与动手实践相融合(即一体化),各课题相对独立,一个课题即为一项职业能力。课题顺序由简到繁,由易到难安排,形成岗位或岗位群的以职业能力为核心的技能培训系统。

本套教材适用范围广,可作为高等职业院校机电类相关专业的系列教材,也可作为相应的国家职业培训教材;其中的各课题还可作为中等职业学校或企业职工单项职业能力培训或强化训练之教材。

愿本套教材能解工科类高等职业院校教学和技能培训的燃眉之急,更希望广大高等职业院校的师生为教材质量的进一步提高提出宝贵的意见。

陈力华

2007 年 1 月 20 日



目 录

课题 1	欧陆 514C 双闭环不可逆直流调速.....	1
课题 2	欧陆 514C 双闭环可逆直流调速.....	19
课题 3	变频器的接线、面板操作与基本参数设置运行.....	36
课题 4	MM420 变频器开关量操作.....	58
课题 5	MM420 变频器模拟量操作.....	65
课题 6	MM420 变频器固定频率运行操作.....	73
附录 1	MM420 变频器参数表.....	82
附录 2	MM420 故障代码表与报警信息表.....	102

课题1 欧陆514C双闭环不可逆直流调速

【教学目的】

- (1) 能分析双闭环调速系统的原理。
- (2) 能完成欧陆514C不可逆调速装置的接线。
- (3) 能完成欧陆514C不可逆调速装置的调试运行，达到控制要求。

【任务分析】

在实际应用中,通常直接使用厂家生产的直流调速器,通过接线、调试直接应用到生产中,以达到预期的效果。本课题讨论使用欧陆514C调速装置控制一台直流电动机,通过接线及参数调试来实现双闭环的控制调速。欧陆514C的外观如图1-1所示。

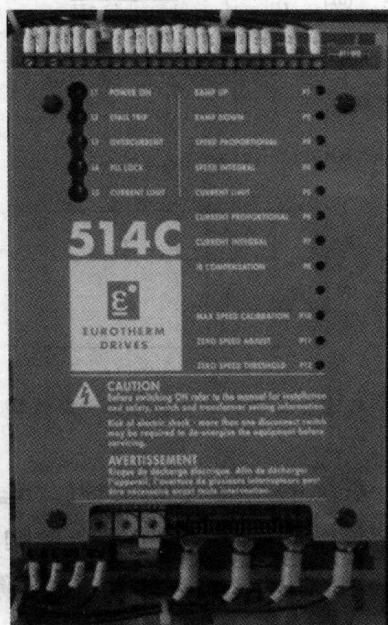


图1-1 欧陆514C外观图

§1.1 基本知识

一、单闭环转速负反馈系统

1. 转速负反馈单闭环系统的缺点

单闭环直流调速系统是通过测速发电机,将转速反馈电压 U_{fn} 引至系统的输入端与给定电压相比较。PI调节器对偏差 $\Delta U_n = U_{gn} - U_{fn}$ 进行比例积分运算后,得到控制电压 U_{ct} ,从而通过控制晶闸管可控整流器的输出电压,实现对电动机转速的控制。这种调速系统只能做到稳态无静差,动态上还是有差的。如果负载突然增大,PI调节器的输入电压 $\Delta U_n = U_{gn} - U_{fn} > 0$,经过调节器的积分作用,系统达到新的稳态时, $\Delta U_n = 0$,但 $U_{d2} > U_{d1}$,由此产生的整流电压的增量 ΔU_d ,正好补偿了由于负载增加引起的那部分主电路电阻压降 $\Delta I_d R$,才能保证 $n_1 = n_2$,如图1-2所示。

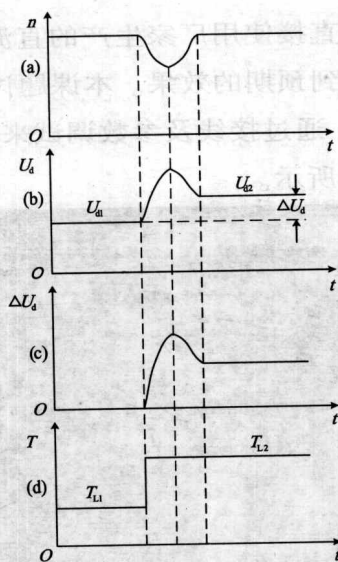
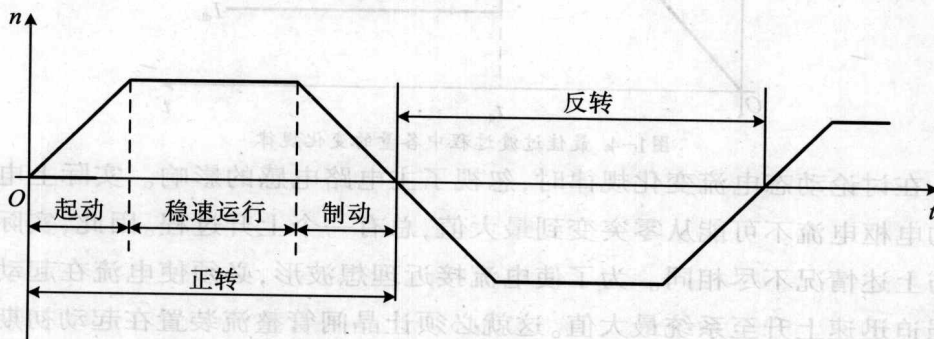


图1-2 转速负反馈突加负载时的动态过程

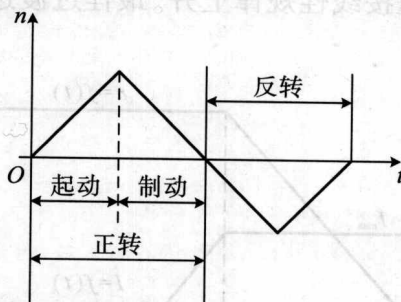
在负载扰动情况下,系统的动态性能指标($\Delta n_{max}, t_v$)能够直接反映系统的抗扰性能。如果 t_v 过大,在负载突然变化时,会影响产品质量,造成生产中断。因此,调速系统在动态精度要求较高的情况下,降低动态速降和缩短动态恢复时间是单闭环系统必须解决的一个问题。

2. 生产工艺对调速系统的要求

在工业控制领域,由于生产的需要和加工工艺的特点,许多生产机械经常处于起动、制动、反转的过渡过程中,其速度的变化能达到稳定运转的为梯形速度图,如图1-3(a)所示,不能达到稳定运转的为三角形速度图,如图1-3(b)所示。



(a) 梯形速度图



(b) 三角形速度图

图1-3 过渡过程速度图

从速度图可以看出,电动机起动和制动过程的大部分时间是工作在过渡过程中,如何缩短这一时间,充分发挥生产机械效率是生产工艺对调速系统首先的要求,为此提出了“最佳过渡过程”的概念。

要使生产机械过渡过程最短,提高生产率,电动机在起动或制动时必须发出最大起动(或制动)转矩。电动机可能产生的最大转矩受它的过载能力限制,通常把充分利用电动机过载能力以获得最高生产率的过渡过程,称之为限制极值转矩的最佳过渡过程。这样,既要限制起动时最大允许电流,又要保证电动机能发出最大转矩。最佳过渡过程中各量的变化规律如图1-4所示。

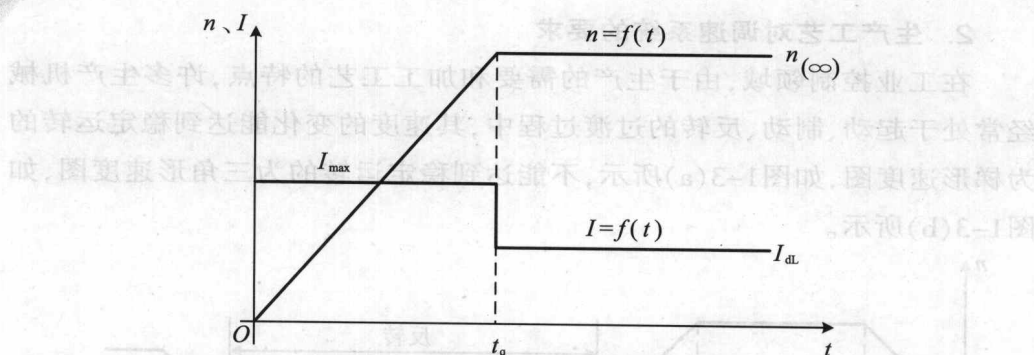


图1-4 最佳过渡过程中各量的变化规律

在讨论动态电流变化规律时,忽视了主电路电感的影响。实际上电动机的电枢电流不可能从零突变到最大值,总有一个上升过程。因此,实际波形与上述情况不尽相同。为了使电流接近理想波形,必须使电流在起动初瞬强迫迅速上升至系统最大值。这就必须让晶闸管整流装置在起动初期提供较大整流输出电压,一旦电流达到 $I_{\max}$,将电压突降至维持最大电流所需的数值,然后电压、转速按线性规律上升。最佳过渡过程各量的实际变化规律如图1-5所示。

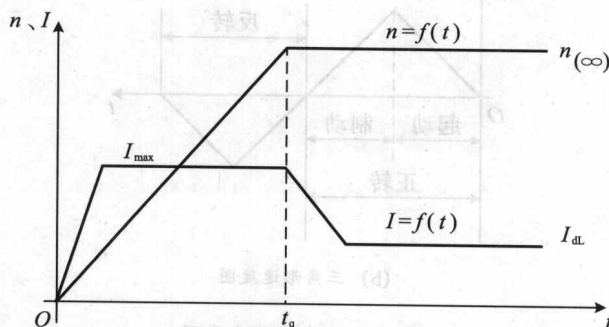


图1-5 最佳过渡过程各量的实际变化规律

满足最佳过渡过程的条件:

(1) 电动机在起动、制动时,应保持主电路的电流为最大值不变。当过渡过程结束时,尽快使电流下降至系统稳态值。

(2) 应保证晶闸管整流电压在起动、制动过程的初瞬有一突变,然后按某一线性规律递增。这样可以实现电动机转速以最大的加速度上升,缩短过渡过程。

(3) 要想实现主电路电流的这一变化规律,必须增设一个PI调节器,对电流波形进行控制,即引入电流负反馈环节,形成转速、电流双闭环直流调速系统。



注意

3. 电流负反馈的引入

单闭环直流调速系统只能靠电流截止环节来控制起动电流,但这并不能满足生产工艺的要求。因为电流截止负反馈只能限制最大电流,而在过渡过程中电流是一直变化的,达到最大值后,由于负反馈作用的加强和电动机反电势的增长,电流又被降了下来,电动机转矩亦随之减小,使起动和加速过程延长。因此需要引入电流负反馈来解决调速系统的冲击电流问题。

按照反馈控制规律,采用某个物理量的负反馈就可以保持该量基本不变。在起动过程中实现在允许条件下最快起动,关键是要获得一段使电流保持为最大值的恒流过程,那么采用电流负反馈就应该能得到近似的恒流过程。但应注意:在起动过程中应只有电流负反馈作用,而不能让它和转速负反馈同时加到一个调节器的输入端;到达稳态转速后,又希望转速负反馈起主要作用,不再靠电流负反馈发挥主要的作用。这只有采用双闭环调速系统才能做到既存在转速和电流两种负反馈作用,又使它们只能分别在不同的阶段起作用。

为了实现在允许条件下的最快起动,设想引入一个电流调节器,使电动机在起动时保持电流为最大值 $I_{\max}$ 的恒流过程,起动过程结束后转入无静差的速度调节过程。由于电流的变化率和速度的变化率相差较大,往往把电流调节和转速调节分开进行。这种两个调节器互相配合,同时调节,称之为转速、电流双闭环直流调速系统,其系统原理图如图1-6所示。

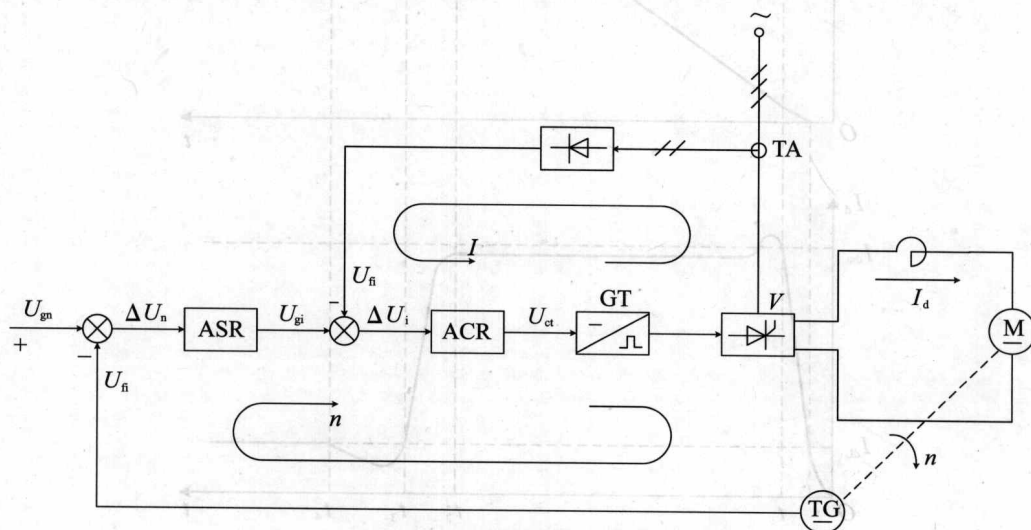


图1-6 转速、电流双闭环系统原理图

二、转速、电流双闭环调速系统

1. 转速、电流双闭环调速系统的组成

为了实现转速和电流两种负反馈分别起作用,在系统中设置了两个调节器,一个调节电流,称电流调节器,用ACR表示;另一个调节转速,称转速调节器,用ASR表示。两者之间实行串级联接,从闭环结构上看,电流调节环在里面,叫做内环;转速调节环在外边,叫做外环,如图1-6所示。这就是说,把转速调节器的输出当作电流调节器的输入,再用电流调节器的输出去控制晶闸管整流器的触发装置。这样就形成了转速、电流双闭环调速系统。

为了获得良好的静、动态性能,双闭环调速系统的两个调节器一般都采用PI调节器,通常两个PI调节器的输出都是带限幅的,转速调节器ASR的输出限幅(饱和)电压决定了电流调节器给定电压的最大值;电流调节器ACR的输出限幅电压限制了晶闸管整流器输出电压的最大值。

2. 双闭环系统的起动工作过程分析

设置双闭环的一个重要目的就是要获得接近于理想的起动过程。当双闭环系统突加给定电压 U_{gn} 起动时,转速和电流的过渡过程如图1-7所示。整个过渡过程可分为电流上升、恒流升速和转速调节三个阶段。

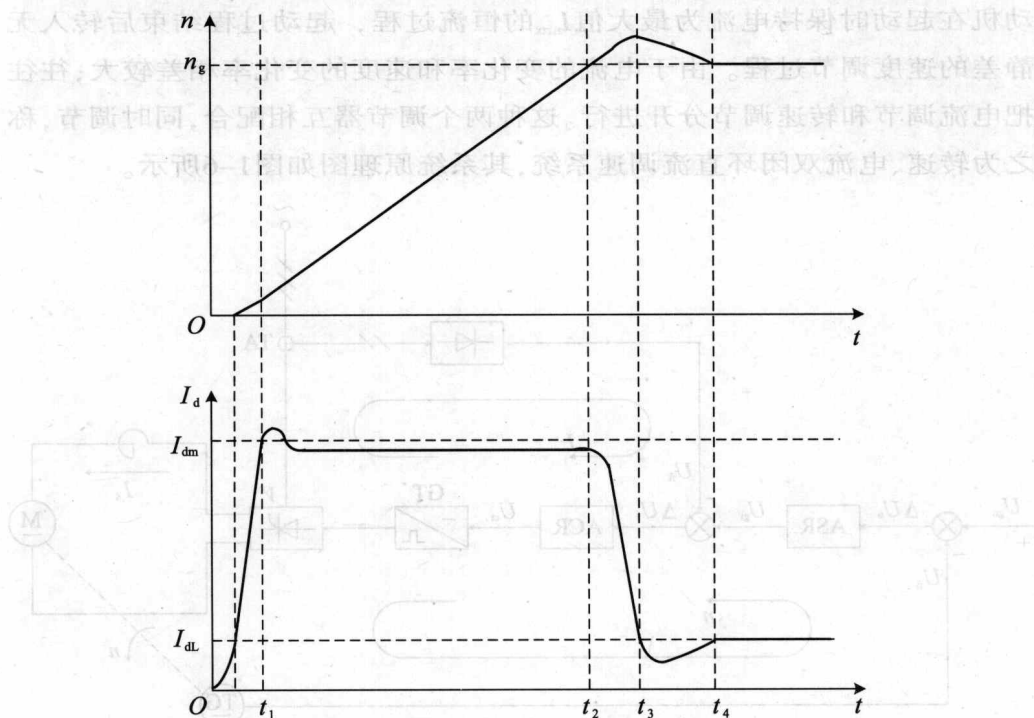


图1-7 转速和电流的过渡过程

(1) $0-t_1$ 为电流上升阶段。突加给定电压 U_{gn} 后,由于电动机惯性作用,其转速增长较慢,所以转速负反馈电压很小,造成偏差电压 $\Delta U_n=U_{gn}-U_{fn}$ 数值较大,使得转速调节器ASR输出值(即电流环的给定电压值)很快变为输出饱和限幅电压 U_{gm} (即电流环给定电压达到 U_{gm}),强迫电流 I_d 迅速上升。当 I_d 上升至 I_{dm} ,电流反馈电压 U_{fm} 趋于或等于电流环给定电压的最大值 U_{gm} ,电流调节器的作用使 I_d 不再上升,标志着这一阶段的结束。在这一阶段中,ASR由不饱和很快达到饱和,ACR一般不饱和,以达到保证电流环的调节作用。

(2) t_1-t_2 为恒流升速阶段。从电流升到最大值 I_{dm} 开始,电动机转速 n 线性上升。在这一阶段中,转速调节器ASR一直饱和,系统在恒流给定 U_{gm} 作用下进行电流调节,与此同时电动机的反电动势 E_a 正比于转速线性上升,欲使电枢电流下降。电枢电流一旦减小, u_{fn} 就会减小,反馈到ACR输入端,产生了偏差电压 $\Delta U_i=U_{gm}-U_{fi}>0$ 。 ΔU_i 使ACR继续积分,其输出 U_{α} 线性增大,从而保证了 U_d 随 E 的增长而等速增长,维持 $U_d-E_a=I_{dm}R$ 不变,即获得恒流升速,电动机转速上升到给定值 n_g 。

(3) t_2-t_3 为转速调节阶段。电动机转速上升至略大于给定转速 n_g 时,速度调节器输入信号 ΔU_n 变负,并在一段时间内受负偏差电压控制,ASR退出饱和,其输出电压(即 U_{gi})使主电流 I_d 下降。此时ASR与ACR都不饱和,两个调节器同时起调节作用,由于转速环为外环,所以ASR处于主导作用,使得转速逐渐下降至给定转速 n_g 。

3. 负载扰动过程分析

电动机在一定负载转矩 T_{L1} 下以给定转速 n_g 稳定运转时,若负载突然增加为 T_{L2} ,因为电磁转矩 T_e 尚未改变,故造成 $T_e<T_{L2}$,使转速下降。然而,双闭环系统具有克服这种转速降落、使电动机恢复到给定转速 n_g 运行的能力。系统会自动进行调整,调整过程如下:

$$I_{L2} \uparrow \rightarrow n \downarrow \rightarrow U_{fn} \downarrow \rightarrow \Delta U_n \uparrow \rightarrow u_{gi} \uparrow \rightarrow U_{\alpha} \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow$$

一旦电动机转速下降,反馈电压 U_{fn} 亦随之下降,转速调节器ASR的输入偏差电压增大,其输出 U_{gi} 加大。电流调节器ACR输入偏差电压随 U_{gi} 的加大而变大,其输出电压 U_{α} 使晶闸管变流器的触发角减小,变流器整流电压 U_d 增大,使电枢电流 I_d 跟着增大,电动机产生的电磁转矩增加,转速得以回升,全部变化过程的波形图如图1-8所示。

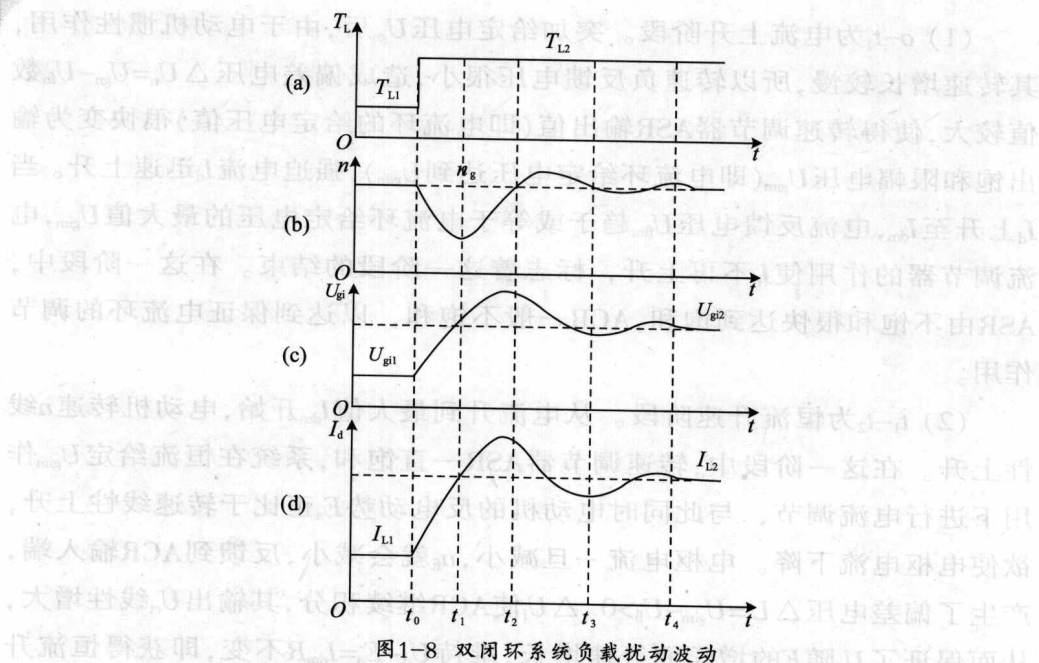


图1-8 双闭环系统负载扰动波动

图1-8中,在 t_0 时刻负载转矩由 T_{L1} 阶段跳跃变为 T_{L2} ,转速 n 下降而偏离给定值 n_g ,转速调节器ASR输入出现偏差,其输出 U_g 增大,于是电枢电流 I_d 要随之增大,这就是电流环的调节作用, I_d 就从原来与负载转矩 T_{L1} 相对应的电流 I_{L1} 值上升。当 U_g 上升到超过新负载下稳定值 U_{g2} 值时,电枢电流上升至 $I_d=I_{L2}$,达到转矩平衡条件 $T_e=T_{L2}$,亦即 $I_a=I_{L2}$,转速 n 就不再下降了,就是 t_1 时刻所对应的情况。

但是,由图1-8(b)可见,在 t_1 时刻及以后期间电动机转速 n 仍小于给定值 n_g ,即转速反馈电压 U_n 仍低于给定电压 U_{g1} ,所以转速调节器ASR输入仍有正偏差电压,输出 U_g 继续积分增长,以致超过 U_{g2} 。由于电流调节环的作用, I_d 总是跟随 U_g 变化,于是 I_d 继续上升超过 I_{L2} 。电磁转矩 T_e 超过负载转矩 T_{L2} 使转速 n 回升,在 t_2 时刻 n 达到给定值 n_g ,即 $n=n_g$, t_2 时刻ASR输入偏差为零,其输出停止积分增长, U_g 达到顶峰值。 U_g 停止增加。在电流调节环的作用下,晶闸管变流器的整流电压停止增大,电动机电枢电压 U_d 亦停止增大。

t_2 时刻以后,仍然存在 $T_e>T_{L2}$ 的情况,所以出现了转速 n 的超调,ASR输入反向偏差电压,其输出 U_g 积分下降,直到 t_3 时刻 $n=n_g$ 时停止下降。而这时因为 $U_g<U_{g2}$, $I_d<I_{L2}$ 会使转速再次降低至小于给定转速 n_g 。它可能经过一次或几次振荡才能获得稳定,如图1-8所示, t_4 时刻转速进入系统规定误差范围,结束过渡过程。

系统动态过程结束,在新的负载下稳定运行,系统转速给定电压 U_{gn} 并未变,电动机运行转速 n_g 也未改变,但是,电流环的给定电压 U_{gi} 加大了,同时晶闸管变流器的控制电压加大了,电动机电枢电压亦加大了,这正是负载转矩加大后,需要电枢电流加大,满足转矩平衡的条件,以维持转速不变。

依据以上分析可以看出,克服负载扰动的主要环节是转速环,而电流环在调节过程中只起电流跟随作用。从表面上看,在不设电流环的单独转速反馈系统中,可以避免ACR的积分输出延缓作用,加快调节过程。但实际情况是,电流环具有加快调节电枢电流到达 I_{L2} 的能力,它可以等效为一个时间常数很小的惯性环节,从而加快了系统响应速度,使转速降落能迅速恢复。另外,如果系统原来处于轻载工作状态,负载突然加大使转速降得很多时,ASR输出进入饱和状态,它还能辅之以类似恒流升速,既避免了电枢电流的过大,又加快了恢复过程。

三、欧陆514C调速装置

欧陆514C控制系统是一种以运算放大器作为调节元件的模拟式直流可逆调速系统,由英国欧陆驱动器器件公司生产。欧陆514C用于对他励式直流电动机或永磁式直流电动机的速度进行控制,能控制电动机的转速在四象限中运行。它由两组反并联连接的晶闸管模块、驱动电源印刷电路板、控制电路印刷电路板和面板四部分组成。

欧陆514C使用单相交流电源,主电源可由一个开关选择交流电源电压与频率值,一般我们选择采用交流220V、50Hz的档位。直流电动机的速度通过一个带反馈的线性闭环系统来控制。反馈信号来源可通过一个开关进行选择:可以使用转速负反馈,也可使用控制器内部的电枢电压负反馈、电流正反馈补偿方式。



注意

反馈的形式由功能选择开关SW1/3进行选择。如采用电压负反馈,则可使用电位器RP8加上电流正反馈作为速度补偿;而如果采用转速负反馈,则电流正反馈电位器RP8应逆时针转到底,关闭电流正反馈补偿功能。速度负反馈系数通过功能选择开关SW1/1、SW1/2来设定反馈电压的范围。

欧陆514C控制回路是一个外环为速度环、内环为电流环的双闭环调速系统,同时采用了无环流控制器对电流调节器的输出进行控制,分别触

发正、反组单相全控桥式整流电路中的晶闸管,以控制电动机正、反转的四象限运行。

欧陆514C控制器电源接线端子的功能如表1-1所示。

表 1-1 电源接线端子功能

端子号	功能说明
L1	接交流主电源输入相线 1
L2/N	接交流主电源输入相线 2/中线
A1	接交流电源接触器线圈
A2	接交流电源接触器线圈
A3	接辅助交流电源中线
A4	接辅助交流电源相线
FL1	接励磁整流电源
FL2	接励磁整流电源
A +	接电动机电枢正极
A -	接电动机电枢负极
F +	接电动机励磁正级
F -	接电动机励磁负级

欧陆514C控制器控制接线端子分布如图1-9所示,各控制端子功能如表1-2所示。

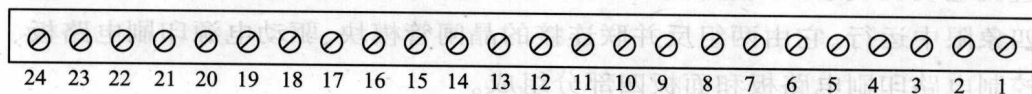


图1-9 欧陆514C控制器控制接线端子分布

表 1-2 控制端子功能

端子号	功 能	说 明
1	测速反馈信号输入端	接测速发电机输入信号,根据电机转速要求,设置测速发电机反馈信号大小,最大电压为 350V
2	未使用	
3	转速表信号输出端	模拟量输出: 0 ~ ±10V,对应 0% ~ 100% 转速
4	未使用	
5	运行控制端	24V 运行,0V 停止
6	电流信号输出	SW1/5 = OFF 电流值双极性输出 SW1/5 = ON 电流值输出
7	转矩/电流极限输入端	模拟量输入: 0 ~ +7.5V 对应 0% ~ 150% 标定电流