



国家骨干高等职业院校

重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材

电气自动化技术专业 技能训练教程(下册)

DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE JINENG XUNLIAN JIAOCHENG

主 编◎温淑玲



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

国家骨干高等职业院校
重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材

电气自动化技术专业 技能训练教程(下)

主 编 温淑玲

副主编 周传杰

参 编 胡孔忠 陶为明 张海云 刘淑红

王 萍 赵 玲 吴丽杰 李碧红

王 斌

主审 杨圣春 许戈平

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气自动化技术专业技能培训教程/温淑玲主编. —合肥:合肥工业大学出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-5650-1453-6

I. ①电… II. ①温… III. ①自动化技术—高等学校—教材 IV. ①TP2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 183240 号

电气自动化技术专业技能培训教程(下)

温淑玲 主编

责任编辑 陆向军

出版 合肥工业大学出版社

地址 合肥市屯溪路 193 号

邮编 230009

电话 综合编辑部:0551-62903028

市场营销部:0551-62903198

网址 www.hfutpress.com.cn

E-mail hfutpress@163.com

版次 2013 年 8 月第 1 版

印次 2013 年 8 月第 1 次印刷

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16

印张 43.75

字数 955 千字

印刷 安徽省瑞隆印务有限公司

发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1453-6

定价: 79.80 元(上下册)

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

目 录

上 册

第一部分 技能训练必备知识	(1)
1.1 技能训练须知	(1)
1.2 常用电工测量工具的使用	(4)
1.3 常用电工拆装工具的使用	(14)
第二部分 基本技能训练	(20)
2.1 电子技能训练	(20)
2.2 电动机控制与维护训练	(76)
2.3 PLC 控制训练(西门子)	(148)
2.4 三菱 FX 系列 PLC 电器控制技术实训	(195)
2.5 电力电子技术项目实践	(238)
2.6 单片机小系统的设计与制作训练	(309)

下 册

第三部分 综合技能训练	(391)
3.1 交直流传动控制实训	(391)
3.2 自动生产线安装与调试实训	(441)
3.3 MCGS 组态控制实训	(550)
3.4 低压配电工程实训	(598)
3.5 取证指导	(654)
3.6 顶岗实训指导	(663)
参考文献	(685)



第三部分 综合技能训练

3.1 交直流传动控制实训

项目一 晶闸管直流调速系统主要单元的调试

项目描述

在闭环控制系统中需要用到比例积分调节器,在双闭环控制系统中有两个比例积分调节器,在完成直流调速系统之前需要先熟悉比例积分调节器及其调试。调节器的功能是对给定和反馈两个输入量进行加法、减法、比例、积分和微分等运算,使其输出按某一规律变化。调节器Ⅰ由运算放大器、输入与反馈环节及二极管限幅环节组成,一般作为速度调节器使用。调节器Ⅱ由运算放大器、限幅电路、互补输出、输入阻抗网络及反馈阻抗网络等环节组成,一般作为电流调节器使用。

任务一 调节器Ⅰ的调试

知识链接

一、加法运算电路

反相加法电路如图 3.1.1 所示。由图有

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_f$$

其中

$$i_1 = \frac{u_{i1}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{u_{i2}}{R_2}, \quad i_3 = \frac{u_{i3}}{R_3}, \quad i_f = -\frac{u_0}{R_f}$$

所以有

$$u_0 = -R_f \left(\frac{u_{i1}}{R_1} + \frac{u_{i2}}{R_2} + \frac{u_{i3}}{R_3} \right)$$

二、减法运算电路

减法运算电路是如图 3.1.2 所示。由图有

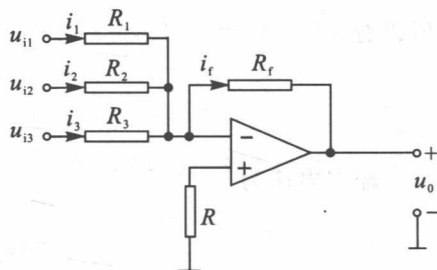


图 3.1.1 反相加法电



$$\frac{u_{i1} - u_-}{R_1} = \frac{u_- - u_0}{R_f}$$

$$\frac{u_{i2} - u_+}{R_2} = \frac{u_+}{R_3}$$

由于 $u_- = u_+$, 所以

$$u_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) u_{i2} - \frac{R_f}{R_1} u_{i1}$$

三、反相积分运算电路

积分运算电路如图 3.1.3 所示。

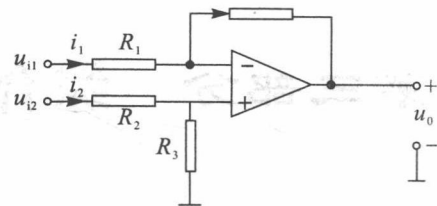


图 3.1.2 减法运算电

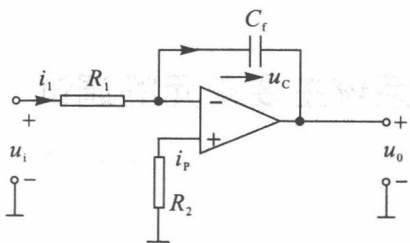


图 3.1.3 积分运算电路

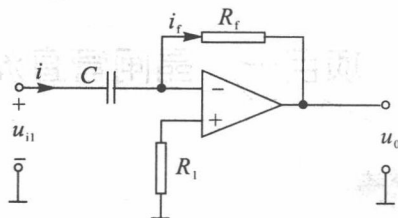


图 3.1.4 微分运算电路

利用“虚地”的概念, 有 $i_1 = i_f = \frac{u_i}{R_1}$, 所以

$$u_0 = -u_c = -\frac{1}{C_f} \int i_f dt = -\frac{1}{C_f R_1} \int u_i dt$$

若输入电压为常数, 则有

$$u_0 = -\frac{u_i}{R_1 C_f} t$$

四、微分运算电路

微分运算电路如图 3.1.4 所示。根据“虚短”、“虚断”的概念, 电容两端的电压 $u_c = u_i$, 所以有

$$i_f = i_c = C \frac{du_i}{dt}$$

输出电压为

$$u_0 = -i_f R_f = -R_f C \frac{du_i}{dt}$$

任务实践

一、训练内容

调节器 1 的调试方法及调试步骤。



二、工具清单

序号	型 号	备 注
1	PMT01 电源控制屏	
2	PMT-04 电机调速控制电路 I	
3	PMT-05 电机调速控制电路 II	
4	慢扫描示波器	
5	万用表	

三、实施步骤

1. 调零

将 PDC-14 中“调节器 I”所有输入端接地,再将 RP1 电位器顺时针旋到底(逆时针旋到底为 0,顺时针旋到底为 100K),用导线将“6”、“7”短接,使“调节器 I”成为 P(比例)调节器。调节面板上的调零电位器 RP2,用万用表的毫伏挡测量调节器 I“7”端的输出,使调节器的输出电压尽可能接近于零。

2. 调整输出正、负限幅值

把“6”、“7”短接线去掉,此时调节器 I 成为 PI(比例积分)调节器,然后将 PDC01 电源控制屏的给定输出端接到调节器 I 的“3”端,当加一定的正给定时,调整负限幅电位器 RP4,观察输出负电压的变化,当调节器输入端加负给定时,调整正限幅电位器 RP3,观察调节器输出正电压的变化。

3. 测定输入输出特性

再将反馈网络中的电容短接(将“6”、“7”端短接),使调节器 I 成为 P(比例)调节器,在调节器的输入端分别逐渐加入正负电压,测出相应的输出电压,直至输出限幅,并画出曲线。

4. 观察 PI 特性

拆除“6”、“7”短接线,突加给定电压,用慢扫描示波器观察输出电压的变化规律。改变调节器的放大倍数(调节 RP1),观察输出电压的变化。

任务评价

任务考核及评分标准见表 3.1.1。



表 3.1.1 任务评价标准表

具体内容		配分	评分标准		扣分	得分
知识吸收 应用能力		30 分	1. 回答问题不正确, 每次	扣 5 分		
			2. 实际应用不正确, 每次	扣 5 分		
安全文明生产		10 分	每违规一次	扣 5 分		
工具的正确使用		10 分	每错一次	扣 2 分		
任务实践	调 零	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分		
			2. 调试结果不正确	扣 5 分		
	调整输出正、 负限幅值	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分		
			2. 调试结果不正确	扣 5 分		
	输入输出 特性	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分		
2. 调试结果不正确			扣 5 分			
PI 特性	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分			
		2. 调试结果不正确	扣 5 分			
职业素养		10 分	出勤、纪律、卫生、处理问题、团队精神等			
合 计		100 分				
备 注		每项扣分不超过该项所配分数				

任务二 调节器Ⅱ的调试

知识链接

一、二极管限幅电路

1. 二极管下限幅电路

在图 3.1.5(a)所示的限幅电路中,因二极管是串在输入、输出之间,故称它为串联限幅电路。图中,若二极管具有理想的开关特性,那么,当 u_i 低于 E 时, D 不导通, $u_o = E$; 当 u_i 高于 E 以后, D 导通, $u_o = u_i$ 。该限幅器的限幅特性如图 3.1.5(b)所示,当输入振幅大于 E 的正弦波时,输出电压波形见。可见,该电路将输出信号的下限电平限定在某一固定值 E 上,所以称这种限幅器为下限幅器。如将图中二极管极性对调,则得到将输出信号上限电平限定在某一数值上的上限幅器。

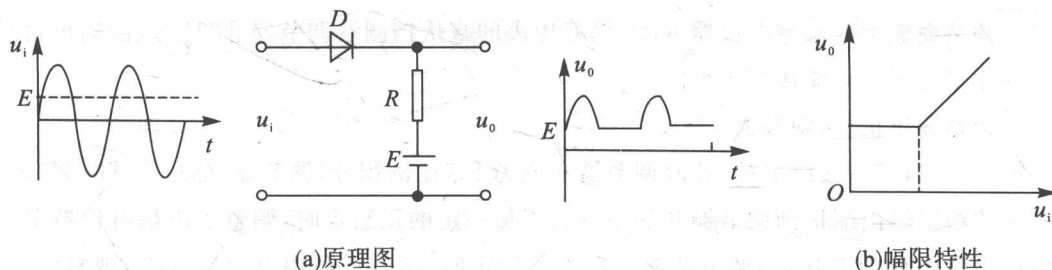


图 3.1.5 二极管下限幅电路

2. 二极管上限幅电路

在图 3.1.6 所示二极管上限限幅电路中,当输入信号电压低于某一事先设计好的上限电压时,输出电压将随输入电压而增减;但当输入电压达到或超过上限电压时,输出电压将保持为一个固定值,不再随输入电压而变,这样,信号幅度即在输出端受到限制。

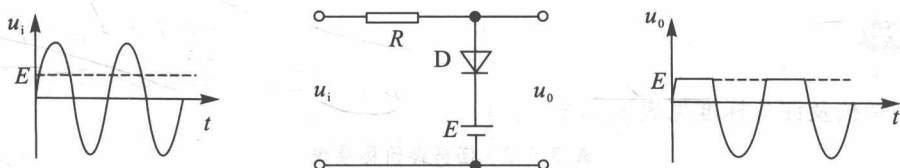


图 3.1.6 二极管上限限幅电路

任务实践

一、训练内容

调节器 II 的调试方法及调试步骤。

二、工具清单

序号	型 号	备 注
1	PMT01 电源控制屏	
2	PMT-04 电机调速控制电路 I	
3	PMT-05 电机调速控制电路 II	
4	慢扫描示波器	
5	万用表	

三、实施步骤

1. 调零

将 PDC-14 中“调节器 II”所有输入端接地,再将 RP1 电位器逆时针旋到底(逆时针旋



到底为 0,顺时针旋到底为 100K),用导线将“10”、“11”短接,使“调节器Ⅱ”成为 P(比例)调节器。调节面板上的调零电位器 RP2,用万用表的毫伏挡测量调节器Ⅱ“13”端的输出,使调节器的输出电压尽可能接近于零。

2. 调整输出正、负限幅值

把“10”、“11”短接线去掉,此时调节器Ⅱ成为 PI(比例积分)调节器,然后将 PDC01 电源控制屏的给定输出端接到调节器Ⅱ的“4”端,当加一定的正给定时,调整负限幅电位器 RP4,观察输出负电压的变化,当调节器输入端加负给定时,调整正限幅电位器 RP3,观察调节器输出正电压的变化。

3. 测定输入输出特性

再将反馈网络中的电容短接(将“10”、“11”端短接),使电流调节器为 P 调节器,在调节器的输入端分别逐渐加入正负电压,测出相应的输出电压,直至输出限幅,并画出曲线。

4. 观察 PI 特性

拆除“10”、“11”短接线,突加给定电压,用慢扫描示波器观察输出电压的变化规律。改变调节器的放大倍数(调节 RP1),观察输出电压的变化。

任务评价

任务考核及评分标准见表 3.1.2。

表 3.1.2 任务评价标准表

具体内容		配分	评分标准		扣分	得分
知识吸收 应用能力	30 分	1. 回答问题不正确,每次	扣 5 分			
		2. 实际应用不正确,每次	扣 5 分			
安全文明生产	10 分	每违规一次	扣 5 分			
工具的正确使用	10 分	每错一次	扣 2 分			
任务实践	调 零	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分		
			2. 调试结果不正确	扣 5 分		
	调整输出正、 负限幅值	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分		
			2. 调试结果不正确	扣 5 分		
	输入输出 特性	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分		
			2. 调试结果不正确	扣 5 分		
PI 特性	10 分	1. 调整方法不正确	扣 5 分			
		2. 调试结果不正确	扣 5 分			
职业素养		10 分	出勤、纪律、卫生、处理问题、团队精神等			
合 计		100 分				
备 注		每项扣分不超过该项所配分数				



项目二 电压单闭环不可逆直流调速系统调试

项目描述

为了提高直流调速系统的动静态性能指标,通常采用闭环系统。对调速指标要求不高的场合,可采用单闭环系统,按反馈的方式不同分为转速反馈、电流反馈、电压反馈。电压单闭环不可逆直流调速系统,是将加在直流电机电枢两端的直流电压(即整流器的输出电压)作为反馈量,通过电压隔离器、反号器引入输入端,形成负反馈,以维持电枢两端的直流电压不变。

任务一 开环调速系统调试

知识链接

一、直流电机调速方法

直流电机转速方程为:

$$n = \frac{U - I_a R}{C_e \Phi}$$

由式可以看出,有3种方法调节电动机的转速:

(1) 调节电枢供电电压 U 。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调速,属恒转矩调速方法,见图 3.1.7。 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。

(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),从电机额定转速向上调速,属恒功率调速方法,见图 3.1.8。励磁电流 I_f 变化遇到的时间常数同 I_d 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。

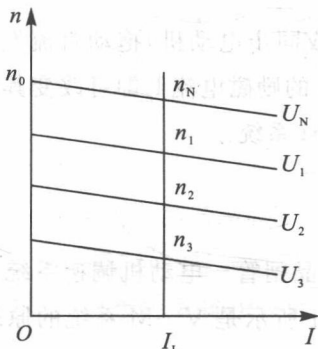


图 3.1.7 调压调速特性曲线

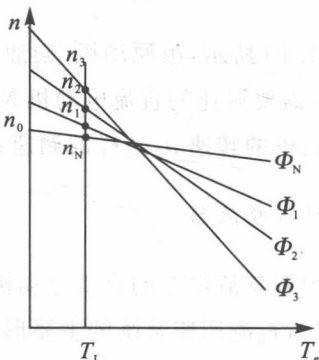


图 3.1.8 调磁调速特性曲线



(3)改变电枢回路电阻 R 。在电动机电枢回路外串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,见图 3.1.9。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。

改变电枢回路电阻进行调速缺点很多,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。

二、直流调速用可控直流电源

常用的可控直流电源有以下 3 种:旋转变流机组、静止可控整流器、直流斩波器或脉宽调制变换器,下面分别对各种可控直流电源以及由它供电的直流调速系统作概括性介绍。

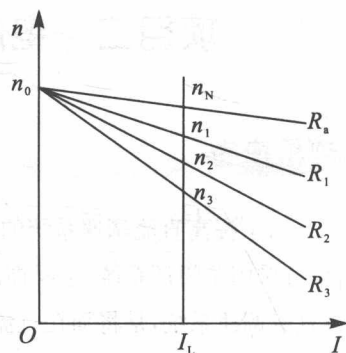


图 3.1.9 调阻调速特性曲线

1. 旋转变流机组

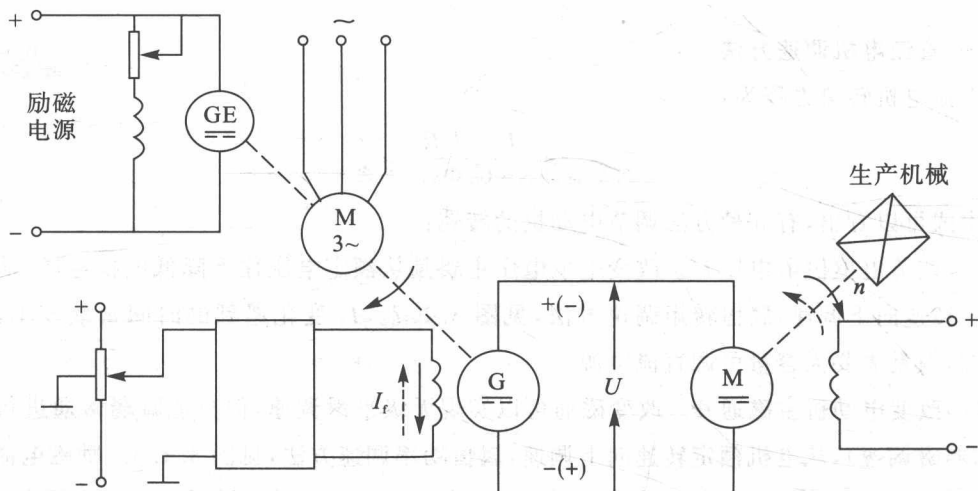


图 3.1.10 旋转变流机组供电的直流调速系统(G—M 系统)

如图 3.1.10 所示,由原动机(柴油机、交流异步或同步电动机)拖动直流发电机 G 实现变流,由 G 给需要调速的直流电动机 M 供电,调节 G 的励磁电流 I_f 即可改变其输出电压 U ,从而调节电动机的转速 n ,这样的调速系统简称 $G-M$ 系统。

2. 静止可控整流器

采用晶闸管整流供电的直流电动机调速系统(即晶闸管—电动机调速系统,简称 $V-M$ 系统)已经成为直流调速系统的主要形式。图 3.1.11 所示是 $V-M$ 系统的原理框图,图中 V 是晶闸管可控整流器,它可以是任意一种整流电路,通过调节触发装置 GT 的控制电压来移动触发脉冲的相位,从而改变整流输出电压平均值 U_d ,实现电动机的平滑调速。

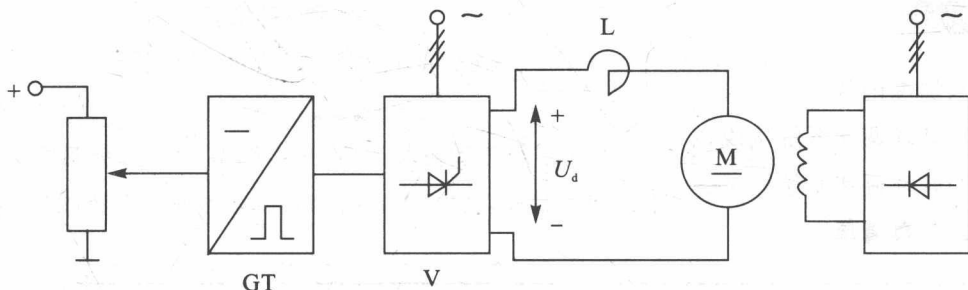


图 3.1.11 晶闸管—电动机调速系统原理框图(V—M 系统)

3. 直流斩波器或脉宽调制变换器

直流斩波器又称直流调压器,是利用开关器件来实现通断控制,将直流电源电压断续加到负载上,通过通、断时间的变化来改变负载上的直流电压平均值,将固定电压的直流电源变成平均值可调的直流电源,亦称直流—直流变换器。它具有效率高、体积小、重量轻、成本低等优点,现广泛应用于电力机车、城市无轨电车以及地铁电机车等电力牵引设备的变速拖动中。在原理图 3.1.12(a)中,VT 表示电力电子开关器件,VD 表示续流二极管。当 VT 导通时,直流电源电压 U_s 加到电动机上;当 VT 关断时,直流电源与电机脱离,电动机电枢经 VD 续流,两端电压接近于零。如此反复,电枢端电压波形如图 3.1.10(b),好像是电源电压 U_s 在 t_{on} 时间内被接上,又在 $T-t_{on}$ 时间内被斩断,故称“斩波”。

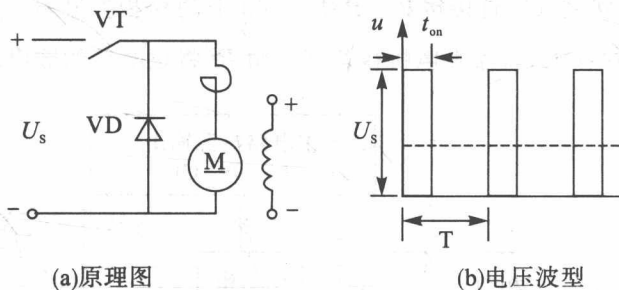


图 3.1.12 直流斩波器原理电路及输出电压波形

这样,电动机电枢端电压的平均值为:

$$U_d = \frac{t_{on}}{T} U_s = \rho U_s$$

式中: T ——开关器件的通断周期;

t_{on} ——开关器件的导通时间。

目前,受到器件容量的限制,PWM 直流调速系统只用于中、小功率的系统。



任务实践

一、训练内容

- (1) 开环调速系统接线;
- (2) 开环调速系统调试。

二、工具清单

序号	型 号	备 注
1	PMT01 电源控制屏	
2	PMT—02 晶闸管主电路	
3	PMT—03 三相晶闸管触发电路	
4	PMT—04 电机调速控制电路 I	
5	PWD—17 可调电阻器	
6	DD03—3 电机导轨、光码盘测速系统及数显转速表	
7	DJ13—1 直流发电机	
8	DJ15 直流并励电动机	
9	慢扫描示波器	自备
10	万用表	自备

三、实施步骤

(1) 按图 3.1.13 接线, U_g 直接接 U_{ct} , PMT-03 上的移相控制电压 U_{ct} 由 PMT-04 上的“给定”输出 U_g 直接接入, 直流发电机接负载电阻 R , 将正给定的输出调到零。

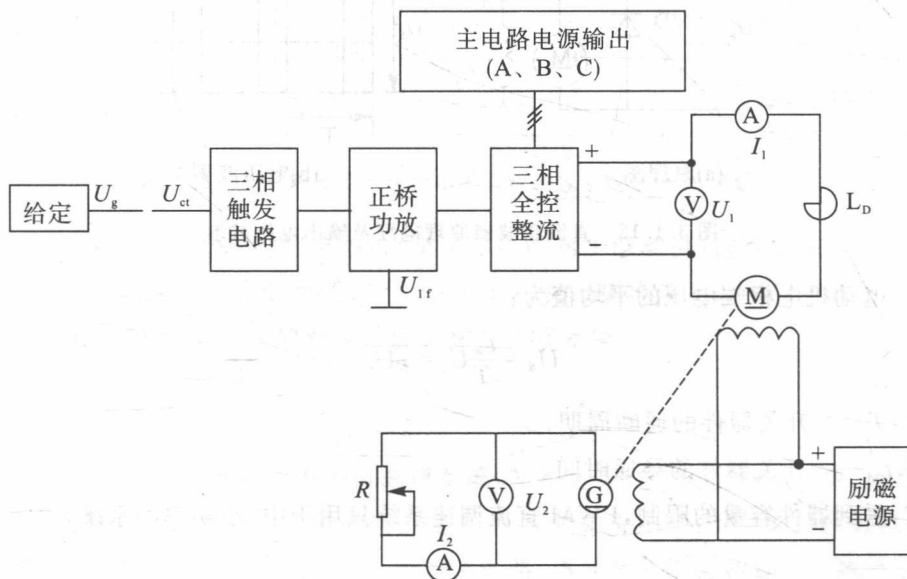


图 3.1.13 开环调速系统接线图



(2)先闭合励磁电源开关,按下 PMT01 上面的启动按钮,使主电路输出三相交流电源(线电压为 220V),然后从零开始逐渐增加“给定”电压 U_g ,使电动机慢慢启动并使转速 n 达到 1 200r/min。

(3)改变负载电阻 R 的阻值,使电动机的电枢电流从空载直至额定电流 I_{ed} .即可测出在 U_{ct} 不变时的直流电动机开环外特性 $n=f(I_d)$,测量并记录数据于下表:

$n(r/min)$							
$I_d(A)$							

(4) U_d 不变时直流电机开环外特性的测定

①控制电压 U_{ct} 由 PMT-04 的“给定” U_g 直接接入,直流发电机接负载电阻 R ,将正给定的输出调到零。

②按下 PMT01 控制屏启动按钮,然后从零开始逐渐增加给定电压 U_g ,使电动机启动并达到 1 200 r/min。

③改变负载电阻 R ,使电动机的电枢电流从空载直至 I_{ed} 。用电压表监视三相全控整流输出的直流电压 U_d ,在实验中始终保持 U_d 不变(通过不断的调节 PMT-04 上的“给定”电压 U_g 来实现),测出在 U_d 不变时直流电动机的开环外特性 $n=f(I_d)$,并记录于下表:

$n(r/min)$							
$I_d(A)$							

任务评价

任务考核及评分标准见表 3.1.3。

表 3.1.3 任务评价标准表

具体内容		配分	评分标准	扣分	得分
知识吸收 应用能力		30 分	1. 回答问题不正确,每次	扣 5 分	
			2. 实际应用不正确,每次	扣 5 分	
安全文明生产		10 分	每违规一次	扣 5 分	
工具的正确使用		5 分	每错一次	扣 2 分	
任务实践	正确接线	15 分	接线不正确	扣 5 分	
	调试成功	15 分	调试不成功	扣 5 分	
	参数测定	15 分	参数测定不准确	扣 5 分	
职业素养		10 分	出勤、纪律、卫生、处理问题、团队精神等		



合 计	100 分	
备 注	每项扣分不超过该项所配分数	

任务二 电压单闭环调速系统调试

知识链接

电压单闭环系统原理图如图 3.1.14 所示,在电压单闭环中,将反映电压变化的电压隔

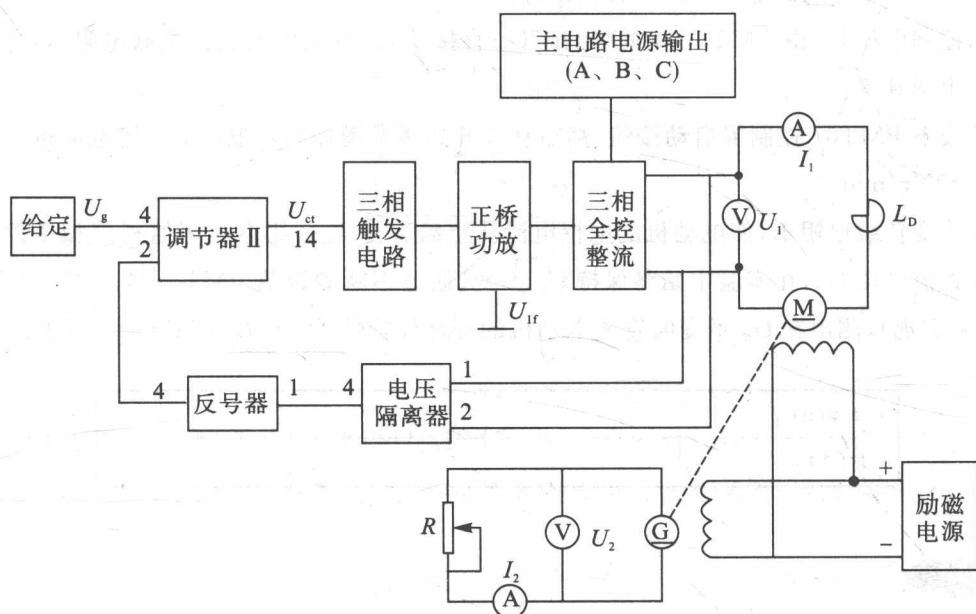


图 3.1.14 电压单闭环系统原理图($L_D=200\text{mH}$, $R=2250\Omega$)

离器输出电压信号作为反馈信号加到“电压调节器”(用调节器 II 作为电压调节器)的输入端,与“给定”的电压相比较,经放大后,得到移相控制电压 U_{ct} ,控制整流桥的“触发电路”,改变“三相全控整流”的电压输出,从而构成了电压负反馈闭环系统。电机的最高转速也由电压调节器的输出限幅所决定。调节器若采用 P(比例)调节,对阶跃输入有稳态误差,要消除该误差将调节器换成 PI(比例积分)调节。当“给定”恒定时,闭环系统对电枢电压变化起到了抑制作用,当电机负载或电源电压波动时,电机的电枢电压能稳定在一定的范围内变化。

任务实践

一、训练内容

(1) 电压单闭环调速系统接线;



(2)电压单闭环调速系统调试。

二、工具清单

序号	型 号	备 注
1	PMT01 电源控制屏	
2	PMT-02 晶闸管主电路	
3	PMT-03 三相晶闸管触发电路	
4	PMT-04 电机调速控制电路 I	
5	PWD-17 可调电阻器	
6	DD03-3 电机导轨、光码盘测速系统及数显转速表	
7	DJ13-1 直流发电机	
8	DJ15 直流并励电动机	
9	慢扫描示波器	自备
10	万用表	自备

三、实施步骤

(1)按图 3.1.14 接线,在本实验中,PMT-04 上的“给定”电压 U_g 为负给定,电压反馈为正电压,将“调节器 II”接成 P(比例)调节器或 PI(比例积分)调节器。直流发电机接负载电阻 R ,给定输出调到零。

(2)直流发电机先轻载,从零开始逐渐增大“给定”电压 U_g ,使电动机转速接近 $n=1\ 200\text{r/min}$ 。

(3)由小到大调节直流发电机负载 R ,测定相应的 I_d 和 n ,直至电动机 $I_d = I_{ed}$,即可测出系统静态特性曲线 $n=f(I_d)$ 。记录于下表中:

$n(\text{r/min})$							
$I_d(\text{A})$							

任务评价

任务考核及评分标准见表 3.1.4。

表 3.1.4 任务评价标准表

具体内容	配分	评分标准	扣分	得分
知识吸收	30 分	1. 回答问题不正确,每次	扣 5 分	
应用能力		2. 实际应用不正确,每次	扣 5 分	
安全文明生产	10 分	每违规一次	扣 5 分	
工具的正确使用	5 分	每错一次	扣 2 分	