

中等专业学校交流讲义

自动调整原理与 自动电压调节器

浙江电机专科学校 上海电机制造学校
蕪湖电机专科学校 合編

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书是根据中等专业学校电器专业自动调整原理与自动电压调节器课程要求编写的。

书中主要内容有两大部份：第一部份，自动调整原理，着重在物理概念方面叙述了自动调整系统的一些基本问题。第二部份，自动电压调节器，扼要地介绍了炭阻，磁放大器自动电压调节器的工作原理和特性分析，此外，对电子离子自动电压调节器也作了简要的叙述。

自动调整原理与自动电压调节器

浙江电机专科学校 上海电机制造学校
蕪湖电机专科学校 合編

第一机械工业部教材编审委员会編輯（北京复兴门外三里河第一机械工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $5^{1/2}$ ·字数121,000

1961年10月北京第一版·1962年2月北京第二次印刷

印数1,838—2,907·定价(9-4)0.54元

统一书号：K 15165·852(一机-185)



73.8
4211

目 次

緒論..... 4

第一篇 自动調整原理的基本知識

第一章 一般概念..... 6

第一节 自动調整的基本任务..... 6

第二节 自动調整系統的分类..... 11

1. 按被調整量的物理性質分类..... 11

2. 按系統有无放大器分类..... 11

3. 按給定值变化的規律分类..... 12

4. 按調整动作与時間的关系分类..... 14

5. 按被調整量的穩定值是否受外来干扰的影响分类..... 15

第三节 对自动調整系統所提出的基本要求..... 19

第二章 自動調整系統的对象和元件..... 21

第一节 調整对象..... 21

1. 他激直流发电机..... 21

2. 他激直流电动机..... 23

第二节 調整器元件..... 26

1. 測量元件..... 26

2. 放大元件..... 40

3. 执行元件..... 45

第三章 自動調整系統靜特性的概念..... 52

第一节 自动調整系統靜特性的概念..... 52

1. 調整对象的靜特性..... 52

2. 調節器的靜特性..... 52

第二节 按动态性質来划分自动調整系統第一环节..... 57



1. 无惯性环节	57
2. 惯性环节	58
3. 积分环节	60
4. 振动环节	61
5. 微分环节	67
第三节 编写自动调整系统的方程式	69
1. 概述	69
2. 自动调整系统方程式的编写	70
3. 自动调整系统方程式的编写举例	72
第四章 自动调整系统的稳定性	76
第一节 稳定的概念	76
第二节 系统特征方程式的根与稳定性的关系	77
1. 由一阶微分方程式所描述的系統	79
2. 由二阶微分方程式所描述的系統	79
3. 由三阶微分方程式所描述的系統	81
第三节 劳斯-古尔维茨判据	82
第四节 米哈依洛夫判据	88
第五节 调整系统品质分析的一般概念	94

第二篇 自动电压调节器

第五章 炭阻调节器	98
第一节 概述	98
第二节 炭阻调节器的测量机构	99
1. 测量机构	99
2. 电磁测量机构中吸力特性和反作用特性的配合	101
3. 测量机构的方程式	106
4. 测量机构的误差	113
5. 测量机构中定置值的调整	120
第三节 炭阻调节器的调节机构——炭变阻器	123
1. 炭变阻器的结构和特性	123

2. 炭变阻器的选择	127
3. 由炭变阻器引起的误差	133
第四节 由 PVH-100 系列炭阻调节器组成的调压系统	136
1. PVH-100 系列炭阻调节器	136
2. 炭阻调节器——直流发电机自动电压调节系统	140
第六章 磁放大器调节器	143
第一节 概述	143
第二节 测量机构	144
1. 具有线性电抗器及非线性电抗器的线路	145
2. 具有饱和变压器的线路	150
3. 测量机构的方程式	154
第三节 调节机构	155
1. 带一只激磁线圈的励磁机	156
2. 带二只激磁线圈的励磁机	161
第四节 放大机构	162
第五节 电磁式电压校正器	164
第六节 磁放大器调节器——励磁机——同步发电机的闭路系统	168
第七章 电子离子调节器	169
第一节 测量机构	169
第二节 放大机构	171
第三节 调节机构	173
第四节 反馈线路	173
第五节 ВЭИ 式的电子离子电压调节器	174
参考文献	176

102361

73.8
4211

目 次

緒論..... 4

第一篇 自动調整原理的基本知識

第一章 一般概念..... 6

第一节 自动調整的基本任务..... 6

第二节 自动調整系統的分类.....11

1. 按被調整量的物理性質分类.....11

2. 按系統有无放大器分类.....11

3. 按給定值变化的規律分类.....12

4. 按調整动作与時間的关系分类.....14

5. 按被調整量的穩定值是否受外来干扰的影响分类.....15

第三节 对自动調整系統所提出的基本要求.....19

第二章 自動調整系統的对象和元件.....21

第一节 調整对象.....21

1. 他激直流发电机.....21

2. 他激直流电动机.....23

第二节 調整器元件.....26

1. 測量元件.....26

2. 放大元件.....40

3. 执行元件.....45

第三章 自動調整系統.....52

第一节 自动調整系統靜特性的概念.....52

1. 調整对象的靜特性.....52

2. 調整器的靜特性.....52

第二节 按动态性質来划分自动調整系統的基本环节.....57



1. 无惯性环节	57
2. 惯性环节	58
3. 积分环节	60
4. 振动环节	61
5. 微分环节	67
第三节 编写自动调整系统的方程式	69
1. 概述	69
2. 自动调整系统方程式的编写	70
3. 自动调整系统方程式的编写举例	72
第四章 自动调整系统的稳定性	76
第一节 稳定的概念	76
第二节 系统特征方程式的根与稳定性的关系	77
1. 由一阶微分方程式所描述的系統	79
2. 由二阶微分方程式所描述的系統	79
3. 由三阶微分方程式所描述的系統	81
第三节 劳斯-古尔维茨判据	82
第四节 米哈依洛夫判据	88
第五节 调整系统品质分析的一般概念	94

第二篇 自动电压调节器

第五章 炭阻调节器	98
第一节 概述	98
第二节 炭阻调节器的测量机构	99
1. 测量机构	99
2. 电磁测量机构中吸力特性和反作用特性的配合	101
3. 测量机构的方程式	106
4. 测量机构的误差	113
5. 测量机构中定置值的调整	120
第三节 炭阻调节器的调节机构——炭变阻器	123
1. 炭变阻器的结构和特性	123

2. 炭变阻器的选择	127
3. 由炭变阻器引起的误差	133
第四节 由 PYH-100 系列炭阻调节器组成的调压系统	136
1. PYH-100 系列炭阻调节器	136
2. 炭阻调节器——直流发电机自动电压调节系统	140
第六章 磁放大器调节器	143
第一节 概述	143
第二节 测量机构	144
1. 具有线性电抗器及非线性电抗器的线路	145
2. 具有饱和变压器的线路	150
3. 测量机构的方程式	154
第三节 调节机构	155
1. 带一只激磁线圈的励磁机	156
2. 带两只激磁线圈的励磁机	161
第四节 放大机构	162
第五节 电磁式电压校正器	164
第六节 磁放大器调节器——励磁机——同步发电机的闭路系统	168
第七章 电子离子调节器	169
第一节 测量机构	169
第二节 放大机构	171
第三节 调节机构	173
第四节 反馈线路	173
第五节 BЭИ 式的电子离子电压调节器	174
参考文献	176

緒 論

自动化生产是一种比較高級和完善的生產形式，也是現代生產發展的主要方向之一。

在社会主义制度下，生產自动化能使工人的劳动条件得到根本的改善，譬如可以减少工人在高溫或者有害气体的場合中工作。同时，有了自动化以后，完成对原材料的加工所必需的一切操作，仅仅需要工人監視自动机构的運轉，这样就可以大大減輕工人的体力劳动强度。此外自动化生產普遍应用的結果，使得工人能有更多的時間来学习与掌握現代的科学技术知識，从而为逐步消灭腦力劳动和体力劳动的差別創造了一定的条件。此外，自动化还可以加快生產速度和提高产品质量，随着劳动生產率的提高，就为社会提供了极丰富的物質財富。

由此可見，生產的自动化不但有巨大的經濟意义，而且也有极深远的政治意义。無疑的，它将是我們社会主义和共产主义的主要生產方式之一。因此党对生產的自动化給了极大的重視，并在1960年号召大力开展一个以四化(自动化、半自动化，机械化、半机械化)为中心的技术革新和技术革命运动，从而使我国生產自动化的程度有了大大地提高，并广泛的应用在各种生產部門中。

自动化可以用不同的方法来实现，而自动調整是自动化的一个重要的形式。自动調整就是对生產过程以及設備中的某些物理量(如溫度、电压、速度、压力等)能自动地保持不变或按一定規律变化以滿足生產上的要求。例如作为原动机

的汽輪机、水輪机和电动机等，往往要求恒定的轉速，自动調整就是实现这个要求的方法。又如发电机的端电压必需保持恒定，方能符合用户的需要，就必需采用自动調整装置来保証这一要求的实现。需要进行調整的物理量如轉速、电压等称为被調整量，被調整量所在的設備如原动机、发电机等称为調整对象，执行自动調整动作的設備就称之为自动調整器。調整对象与自动調整器构成了自动調整系統。

在生产过程中，被調整量因受外界的干扰而产生了变化，大于或小于給定值形成了誤差。例如发电机的端电压因外面的負載增减而大于或小于額定值造成誤差，自动調整器就自动地将誤差調整为零或达到某一允許范围。自动調整原理就是研究自动調整系統构成元件的特性，誤差发生后如何进行自动調整以及对調整工作质量分析的一般理論。

电器制造专业的学生学习“自动調整原理与自动調整器”課程的目的有二：（一）如上所述自动調整是生产自动化主要形式之一，作为一个技术人員，自动調整原理就成为一門必需具备的知識。（二）在电器制造厂中也生产一些自动調整器如自动电压調整器等，因此对自动調整器的原理結構也应该了解。本书第一部分就介紹自动調整的基本理論，而在第二部分着重介紹自动电压調整器。至于其他机械量的、热的和电的調整器由于資料不全暫未論及，有待重版时解决。为此本书也就定名为：“自动調整原理及自动电压調整器”。各校在开设此門課程时請对所缺部分自印补充讲义。

第一篇 自动調整原理的基础知识

第一章 一般概念

第一节 自动調整的基本任务

在各种生产过程以及技术设备中，常要求其中的某些物理量(例如溫度、电压、轉速等等)保持常数或按照一定的規律变化。要滿足这种需要，应该对生产机械或技术设备进行即时的調整，以抵消外界的干扰和影响。这种調整，除了可以由人工来进行以外，还可以由机械来进行，即自动地进行。用来执行这种調整动作的设备，称为調整器；被調整器控制的设备称为調整对象。調整对象和調整器一起，統称为自动調整系統。

既然談到調整，那末，总有一个为我们希望达到的目标，也就是总有一个理想情况，通常把他叫做給定值。例如，就图(1-1)所示的一个溫度調整系統來說，我們需要炉子1，在某一个規定的溫度情况下工作。調整人員的任务是：在測量

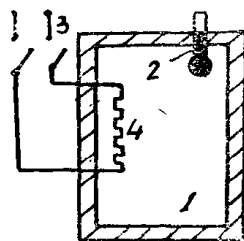


图 1-1 溫度調整系統

了实际溫度以后，把所得数据与給定的溫度比較。倘若炉子的溫度比給定值高，我們就要将图中的开关3断开。于是电阻4便停止发热，炉子逐渐冷下来。倘若炉子的溫度比給定值低，則我們就要把开关3合上，于是电阻4发热、炉子的溫度逐渐上升到給定值。

由此可見，在人工調整过程中包含着这样几个步骤：

1. 測量被調整量——这里是炉子的温度；
2. 將測量所得的被調整量的值和給定值进行比较，得出誤差——这里是由人來完成的；
3. 根据誤差的性质，轉化为調整动作——这里就是人們根据温度的高低情况，采取打开或閉合开关3的动作，使电阻4冷却或加热，然后使炉温降低或升高，恢复到原有的給定值。

因此，如果要用自动調整來代替人工調整，那末，在自动調整系統中，必須包含三种机构，即：1.測量机构；2.比較机构；3.执行机构。此外，在自动調整系統中还應該有引入給定值的設備，我們称它为命令机构。我們把图1-2作为最簡單的温度自动調整系統的例子。在这图中，3所代表的不是一个普通的开关，而是一个繼电器或接触器。它的常閉触头接在交流电源的电路中，当繼电器的繞組中沒有电流时，繼电器的触头是閉合的。此外，在溫度計2中，还引出了两根导綫5、6作为接头。繼电器繞組和直流激磁电源的连接法如图所示。

当炉温高于給定的温度，水銀柱液面因热膨脹而上升到位置6，从而將繼电器繞組的电流接通，繼电器动作，其触头將电阻4的交流电源切断，于是电阻停止发热，炉

子的温度逐漸降低下来。当炉子的温度低于給定值时，溫度表中的水銀柱下降得低于接头6，这时，繼电器繞組沒有和电源接通，其触头在常閉位置，电阻4与交流电源接通，使

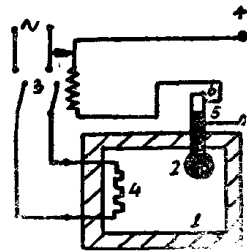


图1-2 自动調温系統

炉温上升。自动调整就是这样进行着，在这一系统中，显然炉子是被调整对象；温度是被调整量；温度计 2 是测量元件；接头 6 的位置表征着给定值；由接头 5、6 所连成的继电器激磁绕组的供电线路，是比较元件；继电器本身是执行元件。

我们再举一个简单的自动调整系统的例子。图 1-3 所示的是一个维持他激发电机电压不随负载大小而改变的自动调整系统。发电机的端电压保持恒定值是利用改变激磁电流的方法来实现的。这里我们采用了具有反作用弹簧的电磁设备。

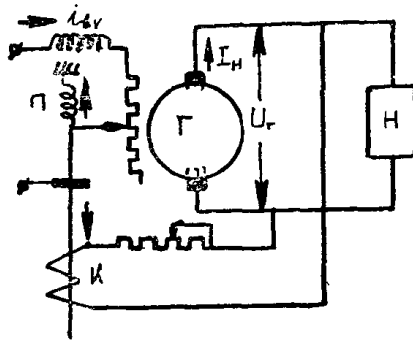


图 1-3 自动调压系统

电磁设备的衔铁与激磁电路内电阻的滑杆相联系，用它可以改变激磁电流。作用在衔铁上的电磁力与发电机的端电压成正比。在稳定情况下，对应于一定的端电压值，作用在衔铁上的电磁力为弹簧的反作用力所平衡，这时衔铁固定在一定的位置，与此相联系的激磁电路内的电阻也在一定的位置。当负载改变时，发电机的端电压改变，引起衔铁向上或向下移动，这就使得激磁电流作相应的改变，从而补偿了由于负载电流的变化所引起的发电机端电压的改变。在这个系统

中，发电机是被调整对象；发电机的电压 U_T 是被调整量；负载电流 I_L 是破坏系统稳定情况的因素称做干扰。电磁铁的线圈 K 是感受电压变化的测量元件；线圈 K 的电磁吸力和弹簧 D 的反力进行比较，给定电压的数值，是用相应滑杆位置所对应的弹簧 D 的张力来反映的；滑杆是执行元件。到这里，自动调整系统的基本原理便很清楚了。它和人工调整一样，也是由测量元件测量了被调整量，把它和给定值比较，得出误差，然后由误差来控制执行元件，执行元件的动作，最后又反过来改变被调整量的值，从而达到减少误差的目的。自动调整系统的各种机构就是这样按照一定的顺序一个影响一个，周而复始循环不已。在自动调整原理中，我们称之为闭环系统，用下列方框图(图 1-4)可以清楚地把这个特点表现出来。

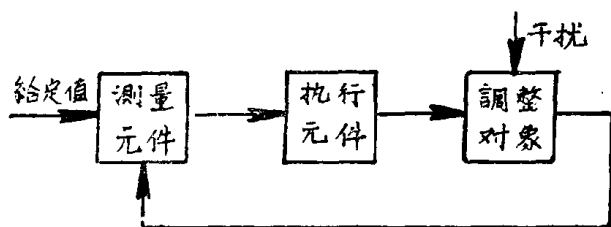


图 1-4 闭环系统方框图

显然，命令机构不包含在闭环系统之内。

在人工调整系统中，假如把工作人员也看作是调整系统的一个组成部分，那末，人工调整系统也是一个闭环系统。在这种闭环系统中，比较机构和执行机构是由人来担任的。

也应该指出，在自动调整系统中，也有按开环系统来工作的。这种系统是利用某些元件的内部物理性质来完成调整作用的。例如，利用辉光放电管的稳压装置便是一个具体的

例子。輝光放电管是一种二极管(板极和冷阴极), 管内装有惰性气体, 这种二极含气管的伏安特性曲线如图(1-5b)所示。这特性曲线虚线的一部分表示二极含气管尚没有辉光放电时, 管中只有电子流的情形; 特性曲线水平部分代表二极含气管已经辉光放电后, 这时尽管含气管中的电流在相当大的范围内变化, 含气管两端的电压实际上没有什么变动。就利用含气管这一段特性, 可以达到自动稳定电压(直流电压)的目的。自动稳定电压的线路如图(1-5a)所示, 需要稳压的对象和含气管并联后, 经过限流电阻 R 接到电源。当电源电压 U_{BX} 升高时, 含气管中的电流增加, 而电压不变, 这便使得电阻 R 上的电压相应的增高。相反当电源电压 U_{BX} 降低时, 含气管中的电流减少, 但两端电压不变, 这使得电阻 R 上的电压相应的减小。

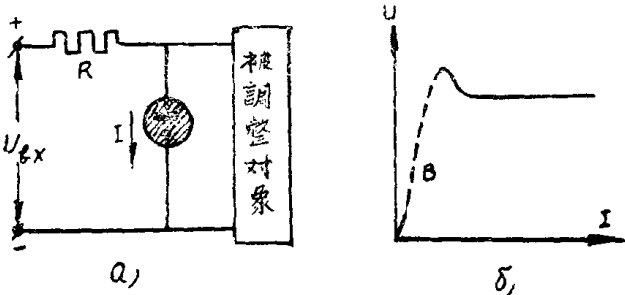


图 1-5 开环自动稳压系统

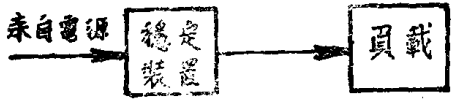


图 1-6 开环系统方框图

这种系统的方框图(图 1-6)所示。它也可以在一定范围内完

成自动調整电压任务。不过，自动調整原理不以这种調整系統为研究对象。

第二节 自动調整系統的分类

上一节我們介紹了自动調整系統的任务和特征。現在来講自动調整系統的分类。

由于自动調整系統应用的面极广，因此可以从不同角度进行分类，即：1.按被調整量的物理性質分类；2.按系統有无放大器分类；3.按給定值变化的規律分类；4.按調整动作与時間的关系分类；5.按被調整量的稳定值是否受外来干扰的影响分类等等。

1. 按被調整量的物理性質分类：

可以分为电調整系統，机械調整系統，热調整系統等等，我們主要是研究电的調整系統。

2. 按系統有无放大器分类：

不含放大器的系統称为直接調整系統；含有放大器的系統称为間接調整系統。

直接調整系統的优点是設備简单，可是在这种系統中，执行机构所消耗的功率是由誤差訊号来供給，但誤差訊号的功率一般很小，常常不足以使执行机构动作，或者說，要使执行机构动作，則必須要較大的誤差，因此这种系統不够灵敏或者說准确度小。图 1-3 所示的系統就属此种，变阻器的滑杆的动作是由綫圈 K 的吸力和彈簧 Π 的反作用力之差产生的。

在間接調整系統中，誤差只作为控制訊号，执行机构所消耗的功率是由供放大器的外界能源来供給，因此这种系統的准确度比較高。在現代的自动調整系統中，很少用直接調

整系統，譬如，就图 1-2 來說，不难看出，并不是繼电器繞組中的电流（它代表誤差）直接使电阻 R_4 发热，而它是作为控制訊号来控制触头的开閉。調整温度所需要的 R_4 上的功率是由外界的交流电源供給的。因此，这个系統中的繼电器，除了是执行元件以外，还同时担任了放大器的作用。这个系統仍是一个間接調整系統。

图 1-7 仍是將图 1-3 修改成間接調整系統的例子，前者与后者不同点是：由誤差产生的訊号即滑杆的动作，給另一个电动机 A 以电压（由电位計 R_2 上获得）而不是直接調整发电机 G 的激磁回路的电阻，然后再由此电动机带动变阻器 R_3 来調整发电机 G 的电压，这里的电动机 A 起着放大和执行元件的作用。

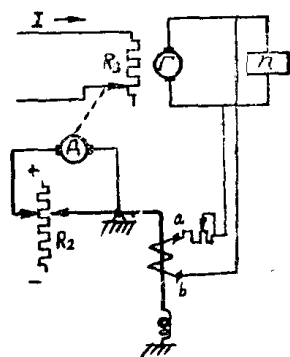


图 1-7 間接自动調压系統

3. 按給定值变化的規律分类：

1) 恒值調整系統；

使被調整量保持恒定或者基本上保持恒定的自动調整系統，称为恒值調整系統。图 1-2 和图 1-5 都可以作为这种系統的例子。

2) 循序調整系統；

在这种系統中，被調整量按一定的事先确定了了的規律变化。例如在熔煉金属时，熔煉炉的温度往往要按一定的規律变化，才能滿足冶金的要求。这时便要用循序調整系統。这种系統与恒值調整系統的区别在于：前者的給定值是時間的已知函数，而后者的給定值是常数。显然，循序調整系統具