

122267

TK32
0069

高等学校教材

热工自动控制仪表

华北电力学院 唐明辉 李玉华
武汉水利电力学院 陶承志 合编

水利电力出版社

前 言

这本《热工自动控制仪表》教材,是根据1983年制订的高等工业学校电厂热工测量及自动化专业的教学大纲并结合1988年的新教学大纲编写的。它也可作为其它生产过程自动化专业的参考教材以及供从事电厂热工自动控制工作的工程技术人员学习之用。

本书内容共分九章。第一至第四章着重介绍DDZ-II型电动单元组合仪表的变送、调节、执行等单元,以及组成控制系统的一些实际问题,其中第一章还介绍了1151电容式、扩散硅式和振弦式等新型机械力变送器以及DDZ-III型二线制温度变送器。第五至第八章阐述了TF-900组件组装式仪表的主要功能组件的原理、构成、工作特性,也扼要介绍了MZ-III系列模件组装式仪表的断续调节组件和SPEC-200型仪表的典型调节组件,其中,第七、第八章着重介绍监控组件和操作器在控制系统中的具体应用。第九章介绍目前应用较广泛的单回路数字控制仪表的原理、构成及应用方法和实例。编写时,力求联系实际,突出重点,并注意深入浅出,文字通俗易懂。

本书由华北电力学院唐明辉、李玉华,武汉水利电力学院陶承志合编。分工如下:唐明辉编写第四至第八章;陶承志编写第一及第九章;李玉华编写绪论、第二及第三章。全书由唐明辉统稿。

本书由上海工业自动化仪表研究所总工程师甘和贵同志主审,他仔细地审阅了书稿并提出了许多宝贵的意见和建议,在此谨表示衷心的感谢。在编写过程中得到华北电力学院张贻琛教授的关心和细致的指导,华北电力学院孙万云讲师、武汉水利电力学院罗静萍讲师为本书的编写付出了大量艰苦的劳动,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,难免有不妥及错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

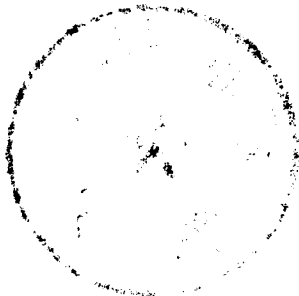
1989年7月

27
4-10

内 容 提 要

本书从使用角度阐述和分析了火力发电厂用热工自动控制仪表、第一至第四章内容以 DDZ-II 型电动单元组合仪表为主,还包括电容式、扩散硅式、振弦式等新型机械力变送器以及 DDZ-III 型二线制温度变送器等内容。第五至第八章内容以 TF-900 型组件组装式仪表为主,还编入了 MZ-III 型和 SPEC200 型典型调节组件等内容。第九章较详细地阐述了单回路数字调节器的结构、原理、功能以及组态编程方法。

本书是高等工业学校电厂热工测量及自动化专业的教材,也适用于其它工业自动化专业学生以及从事生产过程自动化工作的工程技术人员学习和参考。



目 录

前言	
绪论	1
第一节 自动控制仪表的概况和发展	1
一、概况 二、发展方向	
第二节 自动控制仪表的信号制和供电方式	5
一、信号制 二、电动仪表的供电方式	
第三节 自动控制仪表的组成原理	8
一、开环式仪表和闭环式仪表 二、负反馈原理及其应用	
第四节 仪表的抗干扰	12
第五节 模拟自控仪表的分类、命名规则及主要技术性能	14
一、DDZ-II型仪表 二、TF型组装式仪表	
第一章 变送器	19
第一节 力平衡式变送器	21
一、矢量机构变送器的基本结构和工作原理 二、变送器的机械系统和电磁反馈装置 三、低频位移检测放大器 四、工作特性和误差分析 五、整机综述 六、双杠杆机构变送器	
第二节 电容式变送器	38
一、概述 二、感测部分 三、测量电路 四、整机综述	
第三节 扩散硅式和振弦式变送器	48
一、扩散硅式变送器 二、振弦式变送器	
第四节 DDZ-II型温度变送器	53
一、概述 二、输入回路 三、自激励调制式直流放大器 四、负反馈回路 五、工作特性和误差分析 六、整机综述	
第五节 DDZ-III型二线制温度变送器	68
一、概述 二、输入和反馈部分 三、放大部分 四、稳压稳流部分 五、整机综述	
第二章 DTL调节器	78
第一节 DTL-331A型调节器的结构及工作原理	79
一、输入回路 二、调零电路与自激励调制式直流放大器 三、限幅电路 四、PID反馈回路	
第二节 DTL-331A调节器的动态特性	92
一、整机传递函数 二、调节器的典型工况 三、自动跟踪线路 四、整机综述	
第三章 执行机构	107
第一节 DKJ角行程电动执行机构	107
一、DKJ角行程电动执行机构工作原理 二、DKJ电动执行机构的结构与线路分析 三、DKJ电动执行机构整机工作特性	
第二节 气动执行机构	124
一、结构及工作原理 二、主要技术指标	
第三节 给粉机转速控制装置	128

一、滑差电机 二、ZLK-5型转差离合器控制装置 三、ZLT型同步操作器	
第四章 DDZ-II型仪表组成的调节系统	142
第一节 DDZ-II型仪表组成的简单调节系统	142
一、简单调节系统的构成 二、简单调节系统的手动与自动状态的切换 三、两种操作方式	
第二节 DDZ-II型仪表应用中的一些问题	146
一、信息阻塞问题 二、具有双执行器的调节系统运行状态的切换问题	
第三节 DDZ-II型仪表监控功能的实现	147
一、DXB-101型报警器 二、用DXB-101型报警器实现系统监控功能的举例	
第五章 功能组件的基本电路	151
第一节 单端输入比例运算电路	151
一、反相输入比例运算电路 二、可变比例的反相比例运算电路 三、反相比例加法运算电路 四、同相输入比例运算电路 五、可变比例同相输入电路 六、TFZ-III型输入转换组件	
第二节 差动输入比例运算电路	159
一、差动输入电路的运算关系 二、可变比例的差动输入电路 三、差动输入电路的输入电阻 四、TFS-010/B加减组件 五、TFT-010A比例加偏置组件	
第三节 比较电路	164
一、简单的比较器 二、具有滞环特性的比较器	
第四节 单向电路	169
一、开环单向电路 二、闭环单向电路 三、TFK-030/B低值选择组件 四、TFS-050/B函数发生组件	
第五节 积分运算电路	173
一、基本积分运算电路 二、比例积分运算电路 三、差动积分运算电路	
第六节 保持电路	178
第七节 微分运算电路	180
一、积分反馈型微分运算电路 二、TFT-020微分加法组件 三、比例微分电路	
第八节 三角波发生电路	185
一、工作原理 二、模拟电压-脉冲宽度转换电路 三、TFS-20乘除组件	
第九节 转换电路	191
一、工作原理 二、TFZ-211转换组件线路说明	
第六章 调节组件	194
第一节 TF型组装式仪表中的调节组件	194
一、TFT-060/B比例积分微分调节组件 二、TFT-041/B参数外整定比例积分调节组件	
第二节 MZ-III型组装式仪表中的调节组件	206
一、组件的工作原理 二、组件各部分电路 三、整机输出特性 四、断续调节组件系统的遥控	
第三节 SPEC200组装式仪表中的调节组件	215
一、2AC+A5调节组件的组成及工作原理 二、2AC+A5调节组件的基本运算电路 三、2AC+A5调节组件的附加功能电路	
第七章 监控系统	225
第一节 TFK-092监控输入组件	225
一、电路组成及工作原理 二、线路分析	
第二节 TFK-091声光控制组件	231

一、电路组成及工作原理 二、线路分析 三、输入输出关系	
第三节 监控输入组件的使用	237
一、输入信号的引入 二、监控输入组件与显示操作器的连接 三、监控输入组件与声光控制组件的连接 四、故障判断	
第八章 操作器及其应用	241
第一节 软手动操作器CR及旁路操作单元CP	241
一、系统的工作概况 二、控制系统手动、自动工况的实现 三、控制系统手动工况下的操作 四、合用软手动操作器CR和旁路操作单元CP的控制系统	
第二节 电动执行器用操作器DX及辅助单元DF	248
一、控制系统由自动切到手动的过程及手动工况 二、控制系统由手动切到自动的过程及自动工况	
第三节 显示操作器CX与直接操作器CZ ₁ 简介	250
一、TFC-011型显示操作器CX 二、TFC-042型直接操作器CZ ₁ 三、采用CX和CZ ₁ 的控制系统简介	
第四节 操作器在多执行器控制系统中的应用	254
一、自动工况下调节器的输出跟踪问题 二、Z/S组件输入输出端的信号差问题 三、调节器整定参数的修正问题 四、控制系统的运行工况及工况切换 五、采用平衡组件的多执行器控制系统	
第九章 可编程序调节器	262
第一节 单回路数字调节器概述	262
一、发展背景 二、功能和特点 三、分类	
第二节 可编程序调节器的基本原理	265
一、总体构成 二、各主要组成部分的结构和工作原理	
第三节 KMM可编程序调节器的结构原理	284
一、总体构成 二、工作原理 三、外形结构 四、型号规格	
第四节 KMM可编程序调节器的软件功能	291
一、输入处理功能 二、运算处理功能 三、输出处理功能 四、调节类型与自动平衡功能 五、自诊断功能和异常工作方式 六、通讯功能	
第五节 KMM可编程序调节器的编程	313
一、KMM调节器的组态 二、控制数据表 三、用户程序的制作	
第六节 KMM可编程序调节器在过程控制中的应用	330
一、串级三冲量给水控制系统 二、燃油炉炉温控制系统 三、温度程序控制系统 四、锅炉燃烧控制系统	

绪 论

第一节 自动控制仪表的概况和发展

一、概况

目前, 自动控制技术已成为工业生产过程中不可缺少的技术手段。随着科技进步和生产规模的扩大, 它将更广泛地介入工业生产并起着越来越重要的作用。

所谓生产过程自动化, 是在无人直接参与的情况下, 通过控制设备(即通常所称的自动化仪表)使生产过程自动地按照预定的规律运行。自动化仪表是实现生产过程自动化的工具, 其中, 检测仪表和变送器对过程参数进行测量和信号转换, 显示仪表用来指示和记录过程参数, 调节器、运算器和监控器等对被调参数实现各种数学运算和监控, 最后由执行器和调节机构完成系统中的执行指令, 使生产过程按规定的要求运行。本书所要介绍的自动控制仪表, 是指除检测、显示仪表之外的其它自动控制设备, 包括变送器、调节器、运算器、监控器及执行器等。

(一) 按能源形式分类

自动控制仪表按所用能源形式的不同, 可分为电动、气动、液动和混合四大类。

1. 气动控制仪表

气动控制仪表已有几十年的历史。在60年代以前, 它是工业自动化的重要工具。气动控制仪表的特点是结构简单、直观、易于掌握, 性能稳定, 可靠性高, 具有安全防爆性能, 特别适用于石油、化工等有爆炸危险的场合。目前, 气动控制仪表仍广泛应用于石油、化工、轻工等部门。气动控制仪表中的气动执行器, 由于其安全、可靠、工作平稳等优点而受到欢迎。电力部门虽然很少采用成套的气动控制仪表, 但在由电动控制仪表组成的系统中, 有的却采用气动执行器。近年来, 气动控制仪表在发展速度和生产应用方面仅次于电动控制仪表。

2. 液动控制仪表

液动控制仪表也发展较早。它结构简单, 工作可靠, 但动作速度较低、设备笨重, 多用于功率较大的场合, 例如目前火电厂的汽轮机调速和水电站中的水轮机调速几乎都采用液动调节。

3. 电动控制仪表

电动控制仪表虽迟至50年代才发展起来, 但发展之迅速和应用之广泛远远超过气动、液动控制仪表。这是由于它具有以下优点:

(1) 电信号可以无滞后地远距离传输, 因此能实现快速和远距离控制;

(2) 易于实现复杂的控制规律, 易于集中显示和操作, 还易于与其它现代化技术工具(如巡回检测装置、数据处理装置、电子计算机等)联用, 能方便地组成各种复杂的综合控制系统;

(3) 能源供给方便, 不象气动仪表那样需要庞大的压缩空气附属设备。

现在, 电动控制仪表已成为工业自动化的主要技术工具, 广泛地应用于电力、化工、石油、冶金、轻工等各个部门。

4. 混合式控制仪表

如某些汽轮机、水轮机采用的电液复合调速器, 既具有电动仪表能远传信号的特点, 又具有液动调节仪表输出功率大的特点。

(二) 按结构形式分类

自动控制仪表按结构形式的不同, 又可分为基地式控制仪表、单元组合式控制仪表、组件组装式综合控制装置和集中分散型综合控制装置等几类。

1. 基地式控制仪表

其结构特点是, 将检测、转换放大、显示、调节等部件设计成一个整体装置。它基本上是以指示或记录仪表为中心, 附加一些部件来完成调节任务的。利用一台基地式仪表就能解决一个简单自动控制系统的测量、指示、记录、调节等全部任务, 使用方便, 价格低廉, 因此它适用于单参数、单回路的简单控制系统。

2. 单元组合式控制仪表

其结构特点是, 按照自动检测和控制系统中各组成环节的不同功能和使用要求, 将整套仪表分为若干个能独立实现一定功能的单元, 各单元之间以统一标准信号互相联系, 应用时只要几种单元进行不同的组合, 便可构成形式多样、复杂程度不等的自动控制系统。这种仪表应用方便灵活, 通用性强, 便于生产、维护, 库存备品少, 适合于大、中规模生产自动化的要求, 已经成为现代工业生产中相当重要的自动控制仪表。

在我国, 单元组合式控制仪表有气动单元组合仪表(QDZ)和电动单元组合仪表(DDZ型)两大系列。在DDZ系列中, 相继研制开发了I型(电子管和磁放大器型, 50年代研制)、II型(晶体管型, 60年代研制)和III型(集成运算放大器型, 70年代研制)电动单元组合仪表。它们不仅在基本电子器件方面更新换代, 同时仪表的技术、结构和性能等方面都有明显的改进。

目前, 国内工业自动化仪表行业有关单位正着手开发基于微机技术的DDZ-S型第四代电动单元组合仪表, 估计在1990年即有新一代产品问世。

3. 组件组装式控制仪表

这是为了适应大型企业综合自动化的要求, 在单元组合式仪表的基础上发展起来的成套控制仪表装置。

它的结构特点是, 将整套仪表的调节、运算和控制功能部分与显示操作功能部分分开来, 为此, 组装式仪表分为控制柜和操作盘两大部分。控制柜中以插接方式密集安装了一块一块具有独立功能的“功能组件”, 它们是组装式仪表的基本组成件, 设置功能组件是这种装置的特征所在; 显示操作盘是人-机联系部分, 集中布置了与监视、操作有关的盘装仪表。这样的结构有利于现代大型企业中组成各种复杂的控制系统及实现集中显示和操作的要求, 也利于在仪表制造厂预先根据用户需要组装好整套自控系统, 减少现场的安装调试工作量, 并且使维护和系统改组工作大大简化。

在功能方面, 组装式仪表除具有 DDZ 型仪表的所有功能外, 由于它功能分离, 结构组件化, 很便于引入新技术。因此组装式仪表一般都引进了非线性控制、逻辑控制、数字技术及断续调节技术等。此外, 对组装式仪表还特别考虑了监控和自动保护功能, 以及与控制计算机, 程序控制、图象显示等装置的配合使用问题, 以提高整套控制仪表的性能。因此组装式仪表适用于大型、高效率的新型设备的自动化系统。

在我国, 组装式仪表系列主要有自行研制的 TF-900 型和 MZ-III 型, 还有引进生产的 SPEC-200 型等。

4. 集中分散型综合控制装置

它是一种以微处理器和微型计算机为核心, 对生产过程进行分散控制和集中监视、操作的直接数字控制装置 (也称基本控制器)。

集中分散型综合控制系统的特点是, 以微处理器和微型计算机作为过程控制工具, 完成目前模拟仪表和小型程控装置的功能; 以小型计算机作为上位机, 实现数据处理、监督控制; 以图象显示为中心的人-机联系装置, 实现集中显示、操作; 用通用电缆将各设备有机地联系起来。

集中分散型综合控制装置具有以下优点:

(1) 可靠性高: 首先是硬件质量高, 并且采用冗余配置。有的还采用八倍一的设置 (如 TDC-3000), 即每八台基本控制器设置一台后备装置。其间的相互切换是自动的、无扰动的。

由于采用分级分布式控制, 所以控制功能分散, 下级基本控制器只负担局部任务, 一旦出现故障, 影响面也比较小, 并且可以切向冗余备用或后备装置, 或转入手动操作。总之, 不会引起整个过程控制系统全面停止工作。

(2) 使用方便: 它能够通过键盘操作, 进行控制算法和系统的组态。因此, 若需要修改控制方案或变更系统, 不需要更换硬件设备, 也无需改变系统的硬接线。

操作人员可利用操作键盘以问答方式调用储存在仪表装置内的各种控制算法模块。模块的功能和术语尽量与用户熟悉的常规模拟调节装置相仿。因此, 即使不懂计算机的操作人员, 也能方便地使用。

(3) 功能分散和利于提高系统性能: 由于采用分散控制集中管理的方式, 大量的现场信息量由下级装置就地处理, 这样, 一方面减少了上位机的工作负担, 另一方面可使系统的响应速度得以提高, 结构得以简化。

(4) 具有自诊断功能和利于维修: 系统一旦有异常, 自动诊断装置立即实现自动切换, 保证系统的安全运行, 并显示出故障地点和内容, 维修十分方便。

集中分散型综合控制装置兼蓄并用了控制 (Control)、计算 (Computer)、通信 (Communication)、图象显示 (CRT) 等 “4C” 技术, 预计将广泛地应用于各类现代化工业生产的综合控制上。

二、发展方向

生产的发展对自控仪表不断提出新的要求。同时, 新技术、新工艺以及新材料和新器件的不断出现, 又为自控仪表的发展创造了条件。自控仪表就是这样随着生产发展和科学

技术进步而向前发展的。

至今, 自控仪表的发展已经经历了自力式(它不需要外界补充能源, 直接利用被控介质本身的能量去推动调节机构)、基地式、单元组合式及组件组装式等几个大的发展阶段, 单元组合式也经历了I型、II型和III型的发展过程。

随着工业部门各种大型、高效率、高参数的新型生产设备的相继出现, 控制回路增多, 系统趋于复杂, 从而对自控仪表提出了许多新的要求, 其中主要有以下几个方面:

(1) 要求控制功能多样化: 按照生产过程的要求, 自控仪表不但要具有常规的反馈控制功能和新的调节规律, 如前馈控制、非线性控制等, 而且还要有程序控制和各种联锁保护。

(2) 要求提高仪表及系统的可靠性: 由于现代大型工业设备很多是工作在高参数和临界状态下, 过程之间的关联也增强了, 因此不但要求提高仪表的质量, 提高它本身的可靠性, 还要在系统方面采取严密的监控、保护措施, 一旦系统发生故障或异常, 就能迅速判断它的性质, 立即采取措施防止事故扩大, 同时能指出故障的具体部位, 以便及早排除。

(3) 要求改善人-机联系条件和简化操作: 对于一些大规模、复杂的生产过程, 所用的控制仪表的数量和操作项目很多。例如, 某火电厂一台300MW汽轮发电机组, 采用DDZ-II型仪表进行自动控制, 仪表盘面长达十几米, 操作把手多达四百多只, 人-机联系困难。尤其在起动时, 人员拥挤, 起动时间长达十小时左右, 增加了操作人员的精神负担。在平时, 监视十几米长的仪表盘面也很辛苦, 一旦发生事故, 难免发生误操作。为此, 可采取主设备的起停自动化, 以电子屏幕集中显示代替大量模拟仪表显示等措施, 减少操作部位和次数, 缩短显示操作盘面, 从而改善人-机联系条件, 简化操作。

(4) 要求解决好模拟仪表与计算机兼容问题: 计算机用于工业控制是提高自动化水平的重要途径。随着技术的进步, 其前景越来越广阔。计算机用于工业控制的方式有多种, 例如有直接数字控制(DDC)、给定值控制(SPC)、程序控制、监视管理等。一般说来, 这些控制必定要和模拟仪表发生联系, 如信息的获取、控制量的改变都离不开模拟仪表, 直接数字控制在一些关键回路上有时也用模拟调节器作为后备, 给定值控制有时也通过模拟调节器去控制生产过程, 故模拟仪表与工业控制计算机的兼容性是一个值得考虑的问题。

(5) 要求解决系统安装工程问题: 随着系统的扩大和复杂化, 要求仪表制造部门不只是生产单件仪表, 而要针对用户情况, 按工业对象的自动化要求, 使整套仪表在制造厂就预先装好, 组成所需要的系统。这样可大大简化现场安装、调试和投运工作量, 缩短安装周期, 而且也提高了布线质量。

为了适应前述要求, 需要将自动化仪表各个领域的最新成就综合利用起来, 如程序控制技术、数字逻辑技术、字符图象显示技术及数据通信技术, 同时兼取模拟控制和计算机(数字)控制的优点, 弥补它们的缺点, 开发出新型的控制装置。组件组装式控制装置和集中分散型综合控制装置就是这样的新型控制装置。它们是今后相当长一段时期内适合于大型综合自动化的自控仪表装置。

由于微处理器的迅速发展,它已经成功地应用于仪表中,使仪表具有记忆、判断、处理功能,从而解决了过去常规仪表中的问题。有了这些功能,我们就可以说仪表具有了“思考”能力,从而为实现仪表智能化创造了条件。

智能仪表的兴起使得仪表与计算机特别是微处理机之间的界限变得模糊,传统仪表概念发生了质的飞跃。在未来的工业技术中,常规的硬件功能式仪表在很多方面将被智能仪表所取代,这是仪表发展的一种趋势。

在智能化控制仪表中,特别值得提出的是单回路控制器或可编程控制器。它们以微处理器为核心实现直接数字控制,可以完成模拟控制仪表的各种运算功能及PID调节功能,并配备了同上位计算机的通讯接口。在仪表外观、输入输出信号和操作方式上,保留了模拟调节器的特点,可与模拟调节器混合使用,构成各种复杂的控制系统,也可以应用于集中分散型综合控制系统中。在此系统中,它处于控制回路中面向生产过程的“前沿”部分。根据我国当前的自动化水平及现状,这种仪表比较切合实际,适用面广,且容易为用户掌握。

应该看到,各种自控仪表都有自己的适用范围,都需不断发展。虽然数字控制与模拟控制相比有许多优点,计算机技术应用也日益广泛,但目前在我国,模拟控制系统仍是工业控制系统的主要形式。这是因为:①现在的变送器和执行机构大都是模拟式的,用模拟调节器构成系统较简单;②模拟控制仪表已使用多年,对生产者和制造者来说都有成熟的经验;③模拟控制仪表的价格较便宜。总的说来,小型企业和单机自动控制,宜用结构和操作都比较简单、价格便宜的基地式控制仪表;大、中型企业则宜用单元组合式仪表(气动、电动、智能式);组装式控制装置及集中分散型数字控制系统则适用于大容量、高参数的工业设备和现代化的系统复杂的生产过程中。

对于一个自动控制系统,其控制品质取决于控制系统的设计是否合理外,还取决于控制对象特性和控制仪表的工作特性以及正确的使用方法。与被控生产设备相比,自控仪表的发展可以说是日新月异,其品种之多、发展之快使人颇有眼花缭乱之感。作为自动化工作者,既要熟悉生产中业已应用的仪表,还要掌握和开发新型仪表。针对我国电厂热工生产过程所用自控仪表的现状和发展要求,本书着重介绍DDZ-II型电动单元组合仪表和组件组装式综合控制装置,以及介绍几种新型变送器和可编程调节器。我们将从自控仪表使用者的角度出发,对这些仪表的功能、用途、结构组成、工作原理、技术特性、使用方法等方面进行较全面的分析和介绍。

第二节 自动控制仪表的信号制和供电方式

一、信号制

一个工业自动控制系统由许多仪表组成,一般包括以下几类:①检测仪表和变送器;②显示及记录仪表;③信号处理仪表(包括运算、调节、监控等功能);④执行器。

大部分变送器和全部执行器都直接安装在生产现场,其它仪表则安装在控制室内。现场仪表之间互不连接,而只和控制室内仪表相连。控制室内仪表以各种方式相互连接。

由于在系统中各个仪表的输入和输出相互连接,为了连接方便,需要有统一的联络信号。

信号制是指在成套仪表系列中,各个仪表的输入、输出采用何种统一联络信号的问题。采用统一信号不仅使各仪表间的任意联用成为可能,而且还有以下好处:

(1) 由于各种被测参数转换为统一信号,显示、记录仪表单一化,同时便于与巡回检测装置、顺序控制装置、控制计算机等现代技术工具配合使用。

(2) 采用统一信号,可以通过各种转换器如电-气转换器、气-电转换器等将电动仪表和气动仪表联系起来,混合使用,从而扩大仪表的使用范围。

关于气动仪表的输入、输出信号,以前统一采用 $0.2\sim 1\text{ kgf/cm}^2$ 压力信号,现根据当前国标改为 $0.02\sim 0.1\text{ MPa}$ 压力信号($1\text{ kgf/cm}^2=9.80665\times 10^4\text{ Pa}$)。

电信号有模拟信号、数字信号、频率信号、脉宽信号等四类。由于迄今工业自控仪表中绝大部分是模拟仪表,因此目前用得最多的是电模拟信号。

电模拟信号的种类有直流电流、直流电压、交流电流和交流电压四种。从信号范围来看,下限可以从零开始,也可以不从零开始;上限也可高可低。统一信号的种类和范围对仪表的技术性能和经济性有直接的影响。下面对几种电模拟信号进行分析比较。

1. 直流信号

与交流信号比较,直流信号有以下优点:

(1) 在信号传输中,能方便地将交流感应产生的干扰信号区分开来并消除之,容易处理仪表的抗干扰问题。并且传输线的电感、电容和负荷性质对直流信号无影响,不存在信号的相移问题,使敷线简便。

(2) 适用于巡回检测装置、数据处理装置及控制计算机等,因为这些技术工具都是以直流信号作为输入信号的。

(3) 容易获得直流信号的基准电压。

因此,直流信号在各国控制仪表中得到广泛的应用。

与直流电压信号比较,直流电流信号的优点是:

(1) 采用电流信号制的发送仪表,其输出阻抗很高,当传输线电阻在一定范围内变化时仍能保证恒流准确,因此适于信号的远距离传输。例如DDZ-II型仪表,当负载电阻在规定范围($0\sim 1.5\text{ k}\Omega$)内变化,若采用 0.6 mm 直径的导线,其信号传输距离可达 $3\sim 5\text{ km}$ 。

(2) 电流与磁场的作用产生机械力,适用于力平衡式变送器。

(3) 对于要求电压输入的仪表,只需在电流回路内串入一个电阻,从电阻两端取得信号电压供给仪表,故应用较灵活。

我国的DDZ-II型电动单元组合仪表采用电流信号制。

采用电流信号的缺点是:

(1) 当电流信号传输给几台接收仪表时,仪表是串联连接的,故某台接收仪表损坏或需补接入仪表时,将影响其它仪表工作。

(2) 几台仪表串联工作,不可能有一公共接地点,因此在使用时应注意每台仪表的

电路电位是否正确,以防止电位混乱而导致仪表不能正常工作。必要时,需采用输入、输出进行直流隔离的仪表。

(3) 由于输出直流电流信号,仪表的输出级必须有功率放大,增加了功耗,并且输出功率管耐压要高(一般功率级电源电压在50V以上),降低了仪表的可靠性。

2. 电压信号

采用电压信号的特点是:

(1) 接收仪表采用并联工作方式,因此,设计安装比较简便,补入或取消某台仪表不会影响工作,对仪表输出级的耐压要求可以降低,相应提高了仪表的可靠性。

(2) 为减少传输误差,要求发送仪表内阻及导线电阻足够小,接收仪表输入电阻足够大。由于导线电阻的限制,故电压信号不适于远距离传输。

由上述分析可见,电流信号的主要优点是适于远距离传输,电压信号的主要优点是可采用并联方式连接。因此在国外新型电动仪表和我国DDZ-III型电动单元组合仪表,TF-900型、MZ-III型组装仪表中,现场主控制室的传输信号采用直流电流信号,控制室内各仪表间的联络信号采用直流电压信号。

3. 信号上下限大小的比较

(1) 电流信号上限大,产生的电磁平衡力大,利于设计、制造力平衡结构变送器。电压信号上限大,抗干扰性能好,对于采用集成运算放大器的仪表,可降低对失调参数的要求。

(2) 电流信号上限小,可减少电流信号在传输线中的功率损失及缩小仪表体积,提高仪表的安全防爆性能。电压信号上限小,对集成运算放大器的输出幅度、共模电压范围的要求可以降低。

(3) 信号的下限从零值开始,便于进行模拟量的加、减、乘、除、开方等数学运算和采用通用刻度的指示、记录仪表;但判断信号传输线是否断线或仪表是否断电时会发生困难。

(4) 信号下限不从零开始,可使仪表的电气零点和机械零点分开,便于判别断线、断电故障,并能使半导体器件避开非线性工作区,使制作具有安全防爆性能和节约传输线的二线制变送器成为可能;但下限不为零时,为了适应信号转换、运算等方面的要求,往往需要在电路上采取电平的移动、补偿和预置等措施,给仪表的设计和使用带来一些麻烦。

国际电工委员会(IEC)规定了国际统一信号,即过程控制系统的模拟直流电流信号为4~20mA, DC, 模拟直流电压信号为1~5V, DC。我国的DDZ-III型仪表采用了国际统一信号,而DDZ-II型仪表采用0~10mA, DC信号。TF-900型和MZ-III型组装式仪表采用0~10V, DC直流电压信号(机内联络信号),它们的信号下限为零,上限为+,信号转换运算方便,符合十进制习惯,容易进行标度变换,显示比较直观。同时10V的电平较高,具有前述信号上限高的优点。为了便于与DDZ-II型和DDZ-III型仪表的变送器和执行器配用,这两种组装式仪表都兼用了0~10mA, DC和4~20mA, DC两种传输信号,并考虑了这两种电流信号与0~10V, DC信号的相互转换问题。

电模拟信号除了上述几种主要体制外,还可见到采用直流 $0\sim 4\text{V}$ 、 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 5\text{mA}$ 、 $0\sim 20\text{mA}$ 及 $10\sim 50\text{mA}$ 信号的仪表。

二、电动仪表的供电方式

对于电动仪表,采用何种方式供电也是一个重要问题,供电方式对仪表的结构、性能影响颇大。目前有两种供电方式:交流分散供电和直流集中供电。

1. 交流分散供电

交流分散供电是在各台仪表中分别引入工频 220V 交流电源,先用变压器降压,通过相应电路整流、滤波和稳压后作为各部分的电源。DDZ-II型仪表采用了这种供电方式。这种供电方式缺点较多:增加了每台仪表的体积、重量和功耗;变压器发热,增加了仪表的温升; 220V 交流直接引入,降低了仪表的安全性,也易带来工频干扰。尤其在现代大型控制系统中,仪表的数量很大,这些问题就显得突出。

2. 直流集中供电

直流集中供电是各个单元(仪表)统一由直流低电压电源箱供电。集中供电克服了交流供电的缺点,并且可与备用蓄电池构成无停电供电装置。这种供电方式布线简单,工作安全,备用及保护容易处理。TF-900型组装式仪表采用 $\pm 15\text{V}$ 双电源集中供电,MZ-III型组装式仪表和DDZ-III型单元组合式仪表采用 24V 单电源集中供电。

由于是集中方式供电,因而对电源的可靠性提出了更高的要求。为此,一方面要对电源装置本身采取保护措施,例如,在电源线路上设置过流、过压、失电等保护措施;将几台电源装置并联运行,即使一台电源损坏或处于保护状态退出供电网络,也不至于影响整个系统的正常供电。另一方面是考虑电源后备措施,一是采用两路独立交流电源供电,一路断电,另一路切换接上;二是采用备用蓄电池,一旦 220V 交流失电,将仪表自动切换到蓄电池,维持仪表继续工作一段时间,同时发出报警信号,通知检修人员迅速检修。

此外,集中供电,尤其是单电源集中供电,给仪表线路带来一些新的问题,需要在仪表设计时加以考虑。

第三节 自动控制仪表的组成原理

一、开环式仪表和闭环式仪表

一台模拟自控仪表,在结构上一般均由若干部分组成,它们可以是机械部件、电磁器件和电子线路。通过这些组成部分使整台仪表实现信号的转换、放大、运算等功能。一般,从仪表输入端到输出端之间信号要经过一系列变换。在信号的变换过程中,必然要受到仪表内部因素如摩擦力、弹性力、间隙、气隙、非线性、噪声等的影响,也要受到外部因素如大气压力,环境温度和湿度,供电电源,外部电磁场和重力场,振动等的影响。这些因素对信号的正常变换,即对仪表的准确度和其它性能带来不利的影响,从而增加了仪表设计、制造和使用的困难。

按照信号在仪表中的传递变换过程以及仪表各组成部分的功能特点,可以将仪表看成由若干个环节组成。由各环节串联(或并联)所构成的仪表称为开环式仪表(图0-1,a);

具有反馈的仪表称为闭环式仪表（图0~1,b），闭环式仪表一般采用负反馈方式。

开环式仪表的各组成环节是串联的，因而信号的传递是采用级与级之间的直接变换形式。整机的传递函数为各环节的传递函数的乘积。每一个环节的内部影响因素和外部影响因素必然以累积的效果直接影响仪表的总性能，如仪表的准确度、灵敏度、非线性误差、来回变差、反应时间等。为了保证整机的准确度，必须减少每一环节的误差。为了提高仪表的灵敏度，可采用增加仪表组成环节的方法，但这将使仪表的总误差也随之加大。也就是说，对于开环式仪表，提高灵敏度与准确度之间存在着矛盾。

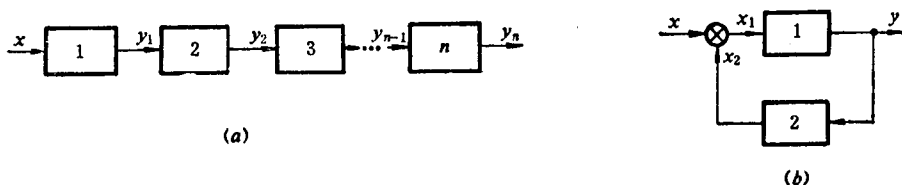


图 0-1 自控仪表的基本构成框图
(a)串联开环式仪表；(b)闭环式仪表

电子技术和控制理论告诉人们，将开环系统改接成闭环系统，再采取提高增益、加深负反馈的方法，可大大改善系统的静态和动态性能。这一理论对于自控仪表同样具有重要指导意义。正是利用负反馈原理，开发了多种多样的自控仪表，有效地克服了仪表内部、外部因素的不利影响，提高了仪表的性能，实现了一定的运算关系，获得所需要的输出特性，从而成功地解决了开环仪表存在的许多问题。

按负反馈原理构成的各种模拟量控制仪表，不管其结构如何复杂，都可以用图 0-2 所示的原理框图来表示。它们主要由输入转换部分、比较部分、放大部分和反馈部分组成，各部分之间的信号传递与作用方向如图中箭头所示。在实际仪表中，前向部分和反馈部分常常还包含许多环节。

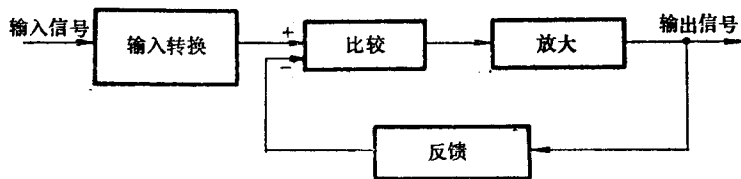


图 0-2 模拟量控制仪表的组成原理图

输入转换部分是一个线性环节，一般由高精度和高稳定性的元、部件构成；比较部分也是由线性的元、部件构成，用以保证各个被综合的信号在该部分进行线性叠加（或称线性综合）；放大部分是一个高增益的放大器（气动放大、液动放大、机械放大、磁放大或电子放大等），用以保证足够的输出功率和负反馈平衡的精度；反馈部分是由高精度和高稳定性的元、部件组成的各种运算电路。仪表参数的调整环节一般都附设在输入转换部分和反馈部分。

进入比较部分被综合的信号，其形式可以是力、力矩、位移或电量。由于是以反馈量

去平衡输入量，其方向或符号相反。当它们（接近）相等时，系统处于平衡状态，这时仪表的输出信号达到稳定。在仪表中通常把此称为平衡原理，有力（矩）平衡、位移平衡和电平衡之分。

二、负反馈原理及其应用

如上述可知，一台自控仪表，必定由各个环节组成，信号的传递是顺着环节的方向按先后次序传递的。所谓反馈，对电子式自控仪表来说，就是把放大器输出回路的电压或电流以一定的方式馈送到放大器的输入回路。图0-3所示反馈放大器包含放大器和反馈部分两个环节。

设放大器的放大倍数为 K ，反馈环节的传递函数为 $W_f(s)$ ，整个负反馈放大器的传递函数为

$$W(s) = \frac{K}{1 + KW_f(s)} = \frac{1}{\frac{1}{K} + W_f(s)}$$

当 $K \gg 1$ 时

$$W(s) = \frac{1}{W_f(s)} \quad (0-1)$$

上式说明，当放大器的放大倍数 K 足够大时，整个负反馈放大器的传递函数等于反馈环节传递函数的倒数，而与放大器无关。这是在电子技术和控制理论中所熟知的结论。对于仪表中的放大器， $K \gg 1$ 的条件普遍都是满足的，因此，反过来说，如果要求自控仪表具有已知的动态特性，则仪表反馈环节的传递函数应为该仪表的传递函数 $W(s)$ 的倒数，即

$$W_f(s) = \frac{1}{W(s)} \quad (0-2)$$

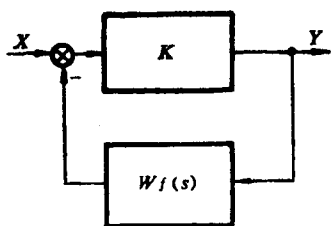


图 0-3 反馈放大器方框图

负反馈原理在自控仪表中得到多方面的应用：

(1) 实现调节器的动作规律：在调节器内部反馈回路中，采用不同的环节，就得到不同的动作规律。例如在自控系统中，经常用到具有PI动作规律的调节器，该仪表反馈环节的传递函数应为已知PI调节器的传递函数的倒数。

$$\begin{aligned} W_f(s) &= \frac{1}{\frac{1}{P} \left(1 + \frac{1}{T_I s} \right)} = \frac{1}{\frac{T_I s + 1}{P T_I s}} \\ &= \frac{P T_I s}{T_I s + 1} \end{aligned} \quad (0-3)$$

上式代表一个实际微分环节。因此，用一个实际微分环节作为一个放大倍数足够大的放大器的反馈部分，就得到一个理想的PI调节器。

(2) 实现规定的数学运算：反馈原理表明，反馈环节与整个闭环放大器在运算功能上恰好是相反的。据此，我们可以使仪表的反馈环节完成平方运算而制成开方器，使反馈环节完成乘法运算而制成除法器。调节器其实也是运算器。

(3) 仪表特性的线性化：一些检测元件和仪表具有非线性特性，例如，温度变送器采用铂铑-铂(LB)热电偶作一次元件，而热电偶输出热电势的非线性误差较大，当温度

在0~1000℃范围变化时可达6%左右。为使温度变送器的输出电流能与被测温度呈线性关系,可采用非线性负反馈的方法,即在反馈回路内加一非线性函数发生电路使仪表特性线性化,线性化温度变送器方框图如图0-4所示。

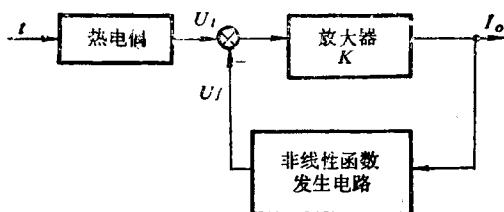


图 0-4 线性化温度变送器方框图

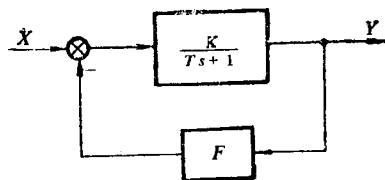


图 0-5 前向部分为惯性环节的反馈放大器方框图

图中,因 $K \gg 1$,所以 $U_i \approx U_f$ 。设热电偶输出电势 U_i 和温度 t 之间的函数关系为 $U_i = f_i(t)$,而非线性函数发生电路输出和输入之间的函数关系为 $U_f = f_r(I_o)$ 。如果使两者一致,即 $f_i(t) \approx f_r(I_o)$,那么 I_o 就可以与温度 t 成线性关系。这是一种“以畸制畸”的方法。

I_o 与 t 成线性关系的关键在于:① $K \gg 1$;②反馈环节的静特性和热电偶的静特性完全一致。第一个条件较易达到。实现第二个条件,只要把所需热电偶的函数曲线分成若干段,用几段直线段组成的折线去逼近曲线即可。DDZ-III型仪表的温度变送器就是用上述原理实现线性化的。

此外,当反馈部分为线性环节时,可以消除闭环中前向环节本身的非线性影响,使仪表具有线性的输出特性。这是一种“以正制畸”的方法,在许多仪表中得到采用。

(4) 改变仪表的时间常数:图0-5中,设前向环节为一惯性环节,其时间常数为 T ,加负反馈环节后:

$$W(s) = \frac{\frac{K}{Ts+1}}{1 + \frac{K}{Ts+1} F} = \frac{K}{Ts+1+KF} = \frac{\frac{K}{1+KF}}{\frac{T}{1+KF}s+1}$$

可见,时间常数减少了 $(1+KF)$ 倍,同时增益也下降了 $(1+KF)$ 倍。时间常数的减小,使仪表具有较快的响应速度。

(5) 使仪表同时获得高准确度和高灵敏度:有关仪表灵敏度和误差理论分析表明:由于前向环节和负反馈环节的误差具有相反的符号,前向环节的误差得以抵消或减小,仪表的相对误差小于未加负反馈时前向环节的相对误差。当负反馈深度足够大时,闭环式仪表的灵敏度和准确度都主要由反馈回路的特性来决定。这一结论是闭环式仪表比开环式仪表容易获得高准确度和高灵敏度的理论依据。在做法上主要采取提高前向环节的放大倍数以及减小反馈环节的误差两个途径,使仪表同时获得高准确度和高灵敏度,较好地解决了开环式仪表在准确度和灵敏度之间的矛盾。

综上所述,可见只要改变反馈环节的特性,就能获得所需要的输出特性,改善仪表的