

328953

伺服机构实践

[美] W. R. 阿倫德 C. J. 薩凡特 著

上海科学技术出版社

統一書號 15119·1822

定 价 2.80 元

5882
7/7/22



〔美〕 W. R. 阿倫德 C. J. 薩凡特 著

叶福年 赵文瑜 译 盛树琪 沈宝璽 校

伺 服 机 构 实 践

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书内容偏重于自动控制系统的工程实际,叙述伺服系统的设计、分析、试制和改进。分类介绍各种元件的原理、用途及其优缺点,对各种型式的伺服放大器、液动和气动伺服机的调整、测试、故障与制造方面作详细的叙述,并示范介绍典型伺服机构的设计和均衡。最后将有关理论及计算图表等列作附录。

本书适合于自动控制专业的工程技术人员以及大专师生参考。

SERVOMECHANISM PRACTICE

W. R. Ahrendt C. J. Savant, Jr.

McGraw-Hill Book Co. Inc. • 1960

伺 服 机 构 实 践

叶福年 赵文瑜 译 盛树琪 沈宝夔 校

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可証出093号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1156 1/27 印张 20 12/27 排版字数 487,000

1965年7月第1版 1965年7月第1次印刷

印数 1—2,800

统一书号 15119·1822 定价(科六) 2.80 元

原 序

根据大专学校伺服机构理論課程的需要,本书在設計及制造上,对綫路、机电元件及其他可能遇到的实际問題,提供一些补充参考資料。

在伺服机构領域中,有数以千計的工程技術人員正从事系統和元件的研究发展工作,因此作为本专业的实用参考書籍,其內容就必須及时更新。正犹如踩水車者務必疾徐应节,步伐協調;本书第二版的主要目的,亦在于此。本书自初版以来,各种元件不断改进,因而在第二版中,有关元件的几章,均經重写,并插附典型元件的特性表。表列数据,虽属当时典范,但仍不免会因时而异,有所变更。同时,有些数据所依据的运用条件,表中未能包罗;所以建議讀者在采用表列数据之前,先与制造厂的最新产品規格,进行核对。

本书第二版中新增有加速計、陀螺仪及气动伺服机等章。又,在放大器一章中亦增添了半导体管放大器等。为便于逐步介紹起見,各章次序亦經重行編排。

作 者

譯 者 序

本书为伺服机构方面偏重于实际技术的书籍。从内容看来,可以归纳为下列几点:

(1) 对伺服系统的设计、分析、试制和改进各个方面,按步详细叙述。

(2) 对各种元件,每个品种都分别从原理和用途到优缺点的比较,以及使用上的特点,都经细致分析与介绍。

(3) 在伺服机构最重要的环节——伺服放大器方面,占用的篇幅也最多。其中介绍了电子管放大器、半导体管放大器、闸流管放大器、磁放大器、混合放大器以及旋转放大机等,较为全面。

(4) 有专门叙述液动和气动伺服机构一章,这是自动控制专业中的另一分类,本书也深入浅出地作了具体介绍和分析比较。

(5) 在调整、测试、故障探索和生产制造方面各个步骤,提供了比较切合实际,有系统有条理的工作方法。最后并示范介绍典型的仪器用伺服机构,从技术条件开始,经过设计分析到系统均衡方案的比较和选定为止,按步予以说明。

(6) 附录中刊载有伺服机构理论以及换算和计算图表多种,均有实用价值。

其中尤其在元件方面,品种较多。若干新颖产品(如硅稳压管,可控硅整流管,功率硅三极管等)和精密仪器(如高精密度陀螺仪等)也均述及。

但是,本书也还存在着一些缺点:

(1) 在测位仪器这一章中,自整角机大族内,关于比较先进的无触点自整角机系列,遗漏未提。

(2) 半导体管电路的介绍,似尚不够全面。

(3) 可控硅整流管的介绍,也过于简略,且没有实用线路与产品规

格,也是美中不足之处。

由于技术标准有所不同,本书有下列三点,希讀者注意:

(1) 尺寸和重量单位,大部分是英制(某些方面他們也采用公制,但极少)。

(2) 詳图的投影,是第三象限法。

(3) 美国的电源频率为 60 赫,标称电压 120 伏,故电动机的同步轉速常見为 3600, 1800 轉/分等。

限于譯者水平,本书定有譯得不妥之处;因为有关自动化这一专业,我国也发展得很快,部分术语詞汇,目前尚未統一,譯者大胆創造了一些,尚請指正为幸。

譯者 一九六四年

目 录

原 序

譯者序

第一章 简单伺服机构的作用1

1-1 引 言1

1-2 伺服机构的用途1

1-3 定位伺服机构2

1-4 伺服机构的动态响应6

1-5 参数变动的影响9

1-6 饱和及齿輪隙的非綫性影响10

1-7 伺服机构的元件11

习 題13

第二章 伺服机构的設計14

2-1 引 言14

2-2 設計程序14

2-3 課題的准备阶段16

2-4 方框图的安排20

2-5 稳态分析20

2-6 偏差系数21

2-7 稳定性的初步分析25

2-8 改善系統27

2-9 选择原动机28

2-10 选择齿輪比34

2-11 选择从信号源到原动机之間的环节装置36

2-12 初步测试实验37

2-13 設計定案39

2-14 最后試驗39

习 題41

第三章 測位仪器42

3-1	电位器的应用	42
3-2	电位器的构造	46
3-3	电位器的特性	49
3-4	电位器的綫性和相符性	52
3-5	电位器的分辨能力	57
3-6	电位器的使用期限	59
3-7	电位器的噪声	60
3-8	对电位器在机械上的考虑	61
3-9	山形变压器的原理和应用	64
3-10	山形变压器的构造	66
3-11	山形变压器的特性	67
3-12	微型同步机	71
3-13	自整角机的应用	72
3-14	自整角机的工作原理	74
3-15	自整角机的构造	79
3-16	指示式自整角机	82
3-17	自整角机的静态和动态偏差	85
3-18	自整角机的剩余电压和相移	88
3-19	感应式电位器	90
3-20	采用双速同步网络来降低偏差	91
3-21	基本的双速系统	92
3-22	双速同步网络的实用线路	96
3-23	解算器的应用	101
3-24	解算器的构造	105
3-25	解算器的特性	108
	习 题	113
第四章	解調器和調制器	116
4-1	解調器和調制器总論	116
4-2	工作原理	118
4-3	解調器的型式	120
4-4	調制器的型式	129
4-5	半导体管調制器和解調器	132
4-6	解調器和調制器电路的实际状况	135
4-7	整流电路的分析	138

习 題	140
第五章 伺服网络	141
5-1 引 言	141
5-2 网络综合概述	141
5-3 两端网络的综合	142
5-4 基本桥式网络和梯式网络的综合	146
5-5 滤波网络	153
5-6 移相网络	163
5-7 均衡网络	164
5-8 伺服网络设计中的实际问题	169
习 題	171
第六章 伺服放大器	173
6-1 概 述	173
6-2 特性要求	174
6-3 放大器的反馈	175
6-4 伺服放大器的电源	177
6-5 电子管放大器的设计	181
6-6 典型的电子管电路及其作用	186
6-7 电子管放大器的噪声、线性和失真	190
6-8 半导体管放大器的设计	192
6-9 典型的半导体管电路及其作用	201
6-10 半导体管放大器的噪声、线性与温度稳定性	205
6-11 闸流管的控制原理	208
6-12 闸流管的控制	210
6-13 典型闸流管控制伺服系统及其作用	212
6-14 磁放大器的优缺点	216
6-15 磁放大器的理论	218
6-16 典型全波电路的工作情况	221
6-17 磁放大器成套装置	223
6-18 磁滞回线与偏移绕组	228
6-19 各种磁放大器的电路	232
6-20 磁放大器的设计和制造	236
6-21 半导体管-磁放大器	243
6-22 可控整流器	246

6-23 旋轉放大机	248
6-24 激磁調节机和轉速控制机	251
6-25 电机放大机的理論与实践	256
习 題	264
第七章 伺服电动机	266
7-1 伺服电动机的应用	266
7-2 交流伺服电动机的原理	268
7-3 伺服电动机的动态和静态特性	270
7-4 伺服电动机的傳遞函数	277
7-5 交流伺服电动机的构造	283
7-6 直流伺服电动机	290
7-7 电动机阻尼器	293
7-8 离合器	298
7-9 轉矩发生器和加力器	302
7-10 执行机构	302
习 題	303
第八章 測速仪器	305
8-1 測速发电机的理論	305
8-2 測速发电机的用途	307
8-3 交流測速发电机的构造	312
8-4 交流測速发电机的特性	314
8-5 直流測速发电机的构造	318
8-6 直流測速发电机的特性	319
8-7 直綫运动的直流測速发电机	321
习 題	322
第九章 測加速仪器	323
9-1 引 言	323
9-2 地震仪式加速計的作用原理	324
9-3 地震仪式加速計的构造	331
9-4 加速計的設計	338
9-5 加速計的校准与試驗	340
9-6 力平衡式加速計的作用原理	343
9-7 力平衡式加速計的构造	345

9-8 力平衡式距离计	347
习 题	349
第十章 陀螺仪	351
10-1 陀螺仪的应用	351
10-2 陀螺仪的作用原理	356
10-3 半自由陀螺仪及其构造	360
10-4 自由陀螺仪的构造	362
10-5 测速陀螺仪的构造	366
10-6 垂直陀螺仪	369
10-7 陀螺仪的特性和设计要点	371
10-8 陀螺仪的漂移	375
习 题	378
第十一章 液动与气动系统	379
11-1 液动系统的优缺点	379
11-2 油液的性质	381
11-3 定流量泵	382
11-4 变流量泵和液动机	384
11-5 蓄能容器	390
11-6 控制阀	391
11-7 液动放大器	395
11-8 液动伺服机构	401
11-9 气动系统的优缺点	404
11-10 气动元件	405
11-11 气动伺服机构	408
习 题	410
第十二章 伺服机构的制造	412
12-1 引 言	412
12-2 辅助机械元件	413
12-3 伺服机构的齿轮	418
12-4 齿轮的制造	425
12-5 齿轮组	427
12-6 轴 承	433
12-7 机械装配	436

12-8 电器元件及装配	439
习 题	441
第十三章 伺服机构的調整和故障檢查	442
13-1 引 言	442
13-2 电动机与自整角机的联接	442
13-3 基准的校准	443
13-4 自整角机的校零	444
13-5 自整角发送机的校零	445
13-6 差动自整角发送机的校零	446
13-7 自整角控制变压器的校零	446
13-8 双速系統的校零	447
13-9 陀螺仪和加速計的校准	447
13-10 电压相位的調整	448
13-11 数值因数、增益和其他調整	449
13-12 伺服机构的故障檢查	450
习 题	452
第十四章 伺服机构的測試	453
14-1 引 言	453
14-2 抑制載波調制	454
14-3 載波相位的測量	455
14-4 抑制載波信号的測量	458
14-5 角位的測定	463
14-6 轉矩的測定	465
14-7 滞后、限閾和綫性的測定	466
14-8 信号源	467
14-9 綜合測試設備	471
习 题	472
第十五章 典型伺服机构及其作用	473
15-1 典型伺服机构的技术条件	473
15-2 稳态要求	474
15-3 动态要求	477
15-4 均衡的方法	479
15-5 解調网络調制法(第四方案)	480

15-6	导前网络与摩擦阻尼器的使用(第五方案).....	481
15-7	通过网络使用电压反馈(第六方案).....	482
参考文献		484
附录 I 伺服机构理论.....		487
I-1	方框图.....	487
I-2	拉普拉斯变换法.....	488
I-3	传递函数.....	491
I-4	稳定性: 罗斯 (Routh) 判据.....	496
I-5	稳定性: 根轨迹法.....	498
I-6	速繪根轨迹图的規則.....	499
I-7	增益的測量.....	503
I-8	稳定性: 頻率法.....	503
I-9	用漸近綫近似法描繪傳遞函数.....	508
I-10	多环伺服机构.....	516
I-11	偏差系数.....	517
I-12	交流伺服机构.....	519
附录 II 英汉詞汇对照及定义.....		521
附录 III 字母符号.....		527
附录 IV 实用图表.....		528
伺服机构常用的单位换算系数.....		528
自然三角函数表.....		531
轉动慣量标尺图.....		533
轉动慣量单位换算标尺图.....		534
s 平面和根的位置		535
二阶系統中超調量百分比对 ζ 的曲綫.....		535
分貝图.....		536
二倍頻图.....		536
二次函数幅度偏差曲綫.....		537
二阶系統中相移对近似直綫的偏差曲綫.....		537
阻尼比 ζ 对相移裕度 ϕ_m 的曲綫		538
阻尼比 ζ 对 M_p 最大值 (M_p) 的曲綫.....		538

简单伺服机构的作用

1-1 引言

伺服机构是根据任意变化的信号来控制物体位置的一种装置。信号所能供给的功率是微不足道的。伺服机构的作用取决于物体实际位置与需要位置之间所存在的偏差。它的运转倾向,是将偏差减小至零值,从而使伺服系统的实际输出位置与需要位置相符。闭环系统的主要特点在于它能依据输入位置来确定系统的输出位置,而与反馈回路内元件的变动无关。例如:伺服机构内放大器的增益有所变动,则响应速度将会相应地变化;但输出仍跟随着输入,因而这个系统仍然倾向于将两者之间所存在的偏差减小至零值。

伺服机构,简称伺服机或伺服,是属于反馈控制系统中的一个分类。这类系统由于都采用了反馈,所以基本上是相似的,它们的运转均取决于系统的实际情况与可变的需要情况两者之间的偏差。这类系统在军事上与工业上具有广泛的用途。例如对压力、流量、液位、物位、速度、加速度和温度等的控制,并在各工业部门,诸如炼油、食品加工、钢铁与化学等工业中日益广泛应用。

1-2 伺服机构的用途

伺服机构在反馈控制学科中代表着有关位置控制的一个分类。这样说法,虽似将伺服机构用途范围大为缩小,但事实上军用和民用的伺

服机构已经不胜枚举。在军用方面如:大炮及雷达天线的自动定位,枪炮的射击控制,舰船的方向舵与驾驶盘的控制,飞机在自动驾驶中的高度与航向的控制,遥远目标位置信息的复置,以及在计算装置中已被大量采用的伺服机构。在民用方面,则有:遥控阀门、遙測情况、工具机如轮廓线跟踪器和仿形刻模机的控制、驾驶盘的控制以及其他类似用途的各方面均采用了伺服机构。

虽然一切自动反馈控制系统都建筑在同一个理论基础,但是这种理论在伺服机构方面的实际运用——电路、机械设计、操作和实验技术等等——确与其他分类有所不同,因而需要分别对待。本书的目的就是提供一些处理方法,以便熟悉本专业理论的人,能将这些理论付诸实用。同时也可帮助不熟悉本专业的人获得基本知识,特别是有关物理现象的认识。对于希望复习一下本专业理论的人,请参阅附录 I;附录中对各种问题的讨论或术语的介绍可作为本书的基础课程或原理复习。如要进一步深入研究,可参考本书附列的参考文献,借此可以获得有关本专业的各种知识^[1,10,11,17,26,34,38,48]。

伺服机构各部分的作用,可联系人体来理解。譬如在公路上有人驾驶一辆汽车。这位驾驶员按着公路中心的白线来控制行驶的偏差。在这种情况下,眼睛就成为检差器(偏差检测器),用来感受汽车位置与公路中心白线的偏差;这就是偏差信号,它在大脑中起了作用,并经过放大。原动力机(驾驶员)根据放大的信号,执行校正动作,以两臂控制着驾驶盘,随时校正行驶的偏差。注意,这里就存在着三种不同的作用,即:(1)偏差检测,(2)信号放大与(3)原动力机的动作。在所有的伺服机构中都可找出相同的功用。

1-3 定位伺服机构

本节将先介绍一具最简单的伺服机,从物理现象来说明其作用原理。图 1-1 是一具伺服机的示意图,图 1-2 是这个装置的电路图,而图 1-3 就是它的方框图。每个信号所用的字母代号在图 1-3 中说明。如重点在于研究伺服机的原理或动态作用,一般就用方框图,在图内尚可略去主令元件,参比输入元件,反馈元件和主反馈部分;而改用检差器

傳遞函数的方框来接受策动信号。图 1-1 伺服机构简化后的方框图如图 1-4 所示。

假设这个伺服机构的任务是要复现一个远距离轉軸的角位；主令軸的角位 r 可任意变动，它在任何瞬間的数值由刻度盘讀数指示。执行軸必須准确地复现主令軸的角位。为了完成这个动作，主令軸的位置用电位器变成与軸位角度成比例的电压；这个电压就称为伺服机的参比輸入信号。执行軸的位置 c 同样用另一电位器来变成与角度成比例的电压，这一对电位器的电压用同一电源来供給。主反饋信号 b 是第二个电位器的輸出电压。两个信号电压之差 $e(=r-b)$ 称之为策动信号

两相 60 赫交流电源

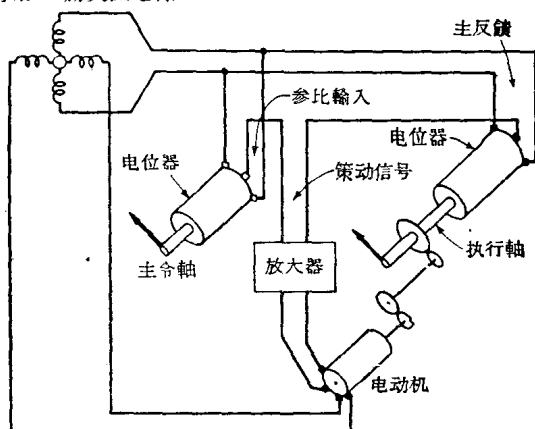


图 1-1 伺服机构示意图

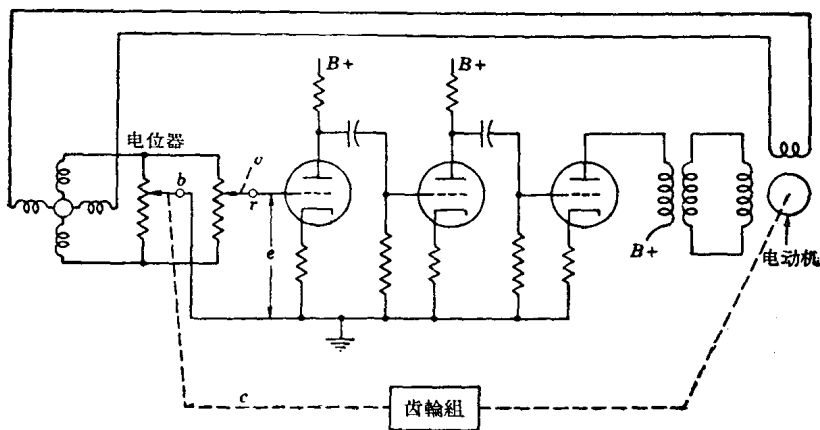


图 1-2 图 1-1 伺服机构的电路图