



中等專業學校教學用書

自動裝置 和遙距控制的元件

L. M. 席良金著

高等教育出版社



中等專業學校教學用書



自動裝置和遙距控制的元件

B. M. 席良金著

謝緒愷 馬崇經 甘明道譯

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立國防工業出版社 (Государственное издательство оборонной промышленности) 出版的 В. М. 席良金 (Шлядин) 著“自動裝置和遙距控制的元件” (Элементы автоматики и телемеханики) 1954 年第二版譯出。原書經蘇聯航空工業部審定為儀器製造中等技術學校教科書。

本書內容包括測量方法和測量線路、轉換器、繼電器、電氣遠距傳輸、變換器、電力拖動、電氣計算設備、跟踪系統和調整器、遙控元件等，並有許多具體的計算例題。

本書第七章及第八章前一部份為周崇經同志所譯，第六章及第八章後一部份為甘明道同志所譯，其餘全為謝緒愷同志所譯。李華天同志曾參加譯名討論並審閱部份原稿。

自動裝置和遙距控制的元件

席良金 著

謝緒愷等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·208 開本 850×1168 1/32 印張 15 9/16 字數 392 000

一九五五年十一月上海第一版

一九五六年七月上海第四次印刷

印數 5,001—7,000

定價 (10) 元 2.30

目 錄

序	9
緒論	11
1. 自動裝置和遙距控制底作用和意義	11
2. 自動化設備底構造	13
3. 自動裝置和遙距控制簡史	18
第一章 電氣測量底基本方法和線路	21
§ I. 1. 電路理論中的基本原理	21
1. 疊加原理	21
2. 等效發電機定理	21
3. 補償定理的應用 (B. H. 米里希坦恩的方法)	23
4. 電路帶負載時的工作	24
5. 含有非線性元件的電路	25
§ I. 2. 測量設備底靈敏度	28
1. 線路和測量儀表底靈敏度	28
2. 根據給定的測量方法靈敏度選擇線路和儀表	30
§ I. 3. 直流橋式測量線路	31
1. 橋式線路底基本關係式	31
2. 平衡橋路底靈敏度	33
3. 不平衡橋路底靈敏度	36
4. 平衡橋路底刻度	38
§ I. 4. 交流橋式測量線路	40
1. 基本關係式	40
2. 電流靈敏度	41
3. 電壓靈敏度	42
§ I. 5. 差動線路	45
1. 差動線路底主要變形	45
2. 差動和橋式兩測量線路底靈敏度之比較	46
§ I. 6. 補償線路	50
1. 補償原理	50

2. 補償線路底靈敏度	52
§ I. 7. 半導體(固體)整流器線路	54
1. 整流器底一般性質	54
2. 整流線路	56
3. 相敏整流線路	60
§ I. 8. 永久磁鐵在測量設備中的應用	62
1. 磁性材料底特性	63
2. 計算永久磁鐵的基本原理	66
3. 內框磁鐵的計算	69
4. 具有永久磁鐵的測量儀表的例子	71
第二章 轉換非電量爲電氣量的基本方法	79
§ II. 1. 電阻法	80
1. 接點轉換器	80
2. 電位計轉換器	81
3. 炭精轉換器	88
4. 線轉換器(形變計)	90
5. 電阻溫度計	94
§ II. 2. 感應法	98
1. 感應轉換器底作用原理	98
2. 差動感應轉換器	100
3. 變壓器式感應轉換器	101
4. 反應地磁場方向的感應轉換器	104
§ II. 3. 電容法	108
1. 作用原理	108
2. 電容轉換器線路	110
§ II. 4. 熱電法	113
1. 作用原理	113
2. 熱電路底基本性質	114
3. 測量熱電勢的特點	118
4. 直接測量溫度的方法	119
5. 測量溫度的補償法	121
§ II. 5. 光電法	124
1. 光電現象	124
2. 外光電元件	126
3. 內光電元件(光電阻)	129
4. 活瓣光電元件(具有壁壘層)	131

5. 應用光電元件的線路	133
第三章 繼電器	137
§ III. 1. 概述	137
§ III. 2. 電磁繼電器底能量特性	141
1. 作用於電磁繼電器銜鐵上的機電力	142
2. 轉動式繼電器底機電特性和機械特性	145
3. 含有旋轉式和吸入式銜鐵的系統的機電特性	148
§ III. 3. 電磁繼電器的磁路	155
1. 確定繼電器線圈所需的安匝	155
2. 磁阻的計算	158
3. 構成繼電器磁路的材料	161
4. 電磁機構設計法的基本原則	164
§ III. 4. 電磁繼電器底接觸點和繞組	166
1. 繼電器底接觸點	166
2. 滅弧方法	171
3. 繼電器底繞阻	172
§ III. 5. 電磁繼電器底時間特性曲線	178
1. 電磁繼電器底過渡歷程	178
2. 繼電器操作時間和所用線路的關係	181
3. 繼電器操作時間的決定	183
4. 繼電器操作的加速和延緩	186
§ III. 6. 交流電磁繼電器	190
1. 機電特性	190
2. 銜鐵的牽引力	191
3. 交流繼電器底構造	192
§ III. 7. 極化繼電器	195
1. 作用原理	195
2. 極化繼電器底接觸點壓力	196
3. 極化繼電器的調節	199
§ III. 8. 磁電繼電器	200
1. 作用原理	200
2. 轉矩	201
3. 計算的基本關係式	203
§ III. 9. 電子繼電器	206
1. 作用原理	206
2. 電子管	206

3. 電子管電路底基本方程式	209
4. 電子管對電磁繼電器工作	210
5. 用交流電壓供電給電子繼電器	213
6. 電子繼電器的柵接點線路	215
7. 電子繼電器的橋式線路	221
8. 電子時間繼電器	223
9. 無接觸點的電子繼電器(觸發線路)	225
10. 相敏電子繼電器	230
§ III. 10. 開流管繼電器	232
1. 開流管底基本性質	232
2. 在直流屏壓下控制開流管	236
3. 在交流屏壓和直流柵壓下開流管繼電器的控制	238
4. 在交流屏壓和交流柵壓下開流管繼電器的控制	240
5. 移相的方法	243
6. 開流管繼電器底應用舉例	245
第四章 電氣遠距傳輸	249
§ IV. 1. 磁電流比計	249
1. 作用原理	249
2. 流比計刻度的性質	252
3. 帶有內框磁鐵的流比計	254
4. 帶活動磁鐵的流比計	257
5. 多圈流比計	258
§ IV. 2. 電位計式直流遠距傳輸	261
1. 主要特性	261
2. 指示式遠距傳輸	262
3. 自平衡式遠距傳輸	269
§ IV. 3. 交流遠距傳輸	277
1. 構造及作用原理	277
2. 自整角儀的理論基礎	280
3. 感應自同步式遠距傳輸底精確度	287
4. 在變壓器狀態下的自整角儀	289
5. 無接觸點式交流遠距傳輸	292
第五章 電氣變換器	297
§ V. 1. 穩定器	297
1. 作用原理	297
2. 穩流器	300
3. 橋式穩定器	301

4. 氣體放電穩定器	302
5. 電子穩壓器	304
6. 鐵磁諧振穩壓器	307
§ V. 2. 頻率變換器	309
1. 具有固體整流器的分類器	310
2. 倍頻器	312
§ V. 3. 磁放大器	314
1. 磁放大器底作用原理	314
2. 最簡單的磁放大器	317
3. 差動磁放大器	319
4. 提高磁放大器底放大係數和靈敏度的方法	321
5. 回輪磁放大器	322
6. 用磁放大器作為無接點繼電器	325
第六章 電力拖動	327
§ VI. 1. 電力拖動理論概要	328
1. 電力拖動底運動方程	328
2. 電力拖動底過渡歷程	332
3. 電力拖動參量的歸算	334
§ VI. 2. 幾種主要電動機底特性	336
1. 直流電動機	337
2. 交流電動機	346
§ VI. 3. 控制電動機的線路	351
1. 電動機的反轉線路	352
2. 電動機的平穩控制線路	355
第七章 電氣計算設備底概要	361
§ VII. 1. 代數運算的實現	362
1. 求和法	362
2. 乘法和除法	371
§ VII. 2. 複雜函數關係的實現	375
1. 函數電位計	376
2. 三角問題的解答	382
§ VII. 3. 微分和積分	389
1. 電氣機械的微分和積分的方法	389
2. 微分和積分的線路	394
第八章 跟踪系統及自動調整器	402
§ VIII. 1. 振盪理論的某些知識	404
1. 理想化系統的振盪	404

2. 實際系統的振盪	418
§ VIII. 2. 跟踪系統的一般特性	421
1. 跟踪系統的方程式	421
2. 跟踪系統的基本參數	424
§ VIII. 3. 比例式跟踪系統	426
1. 動態誤差	427
2. 靜態誤差	430
3. 跟踪系統參數的選擇	431
4. 減小跟踪系統的振盪的方法	435
5. 利用附加的失調角導數的跟踪系統的誤差	438
6. 比例式跟踪系統在實際情況下的工作	439
§ VIII. 4. 繼電器跟踪系統	442
1. 運用特徵	442
2. 繼電器跟踪系統的近似分析	445
3. 計入時間滯後時繼電器跟踪系統的分析	451
4. 繼電器跟踪系統參量的選取	454
5. 繼電器跟踪系統的穩定法	455
§ VIII. 5. 自動調整器	462
1. 自動調整器的主要類型	462
2. 自動電壓調整器	466
第九章 遙控元件	471
§ IX. 1. 遙控的特點	471
§ IX. 2. 遙控的基本原理	474
1. 簡單的定性遙控系統	474
2. 分配遙控系統	475
3. 定性-組合遙控系統	476
4. 電碼遙控系統	477
§ IX. 3. 分配器底類型	478
1. 由電動機帶動的分配器	479
2. 階步式分配器	479
3. 陰極式分配器	480
第十章 現代的自動化設備底例子	482
§ X. 1. 電氣航空羅盤	482
§ X. 2. 電氣自動導航儀	486
§ X. 3. 飛機對地的相對位置的無線電定位指示器	490
參考書刊	493
專門名詞中俄對照表	496

序

本書是根據航空工業部教育司所批准的本課程教學大綱爲航空儀表製造技術學校編寫的。在此認爲：學生在學習“自動裝置和遙距控制”之前已經學過“電工原理”，“無線電原理”，“電氣量計”等課程並具有在中等技術學校教學大綱範圍內的高等數學知識。

本書可供新技術愛好者之用，也可供在業務上常遇到自動裝置和遙距控制的元件及設備的工作人員之用。

本版改正了第一版中若干顯然欠妥的地方，並作了許多補充說明。有幾節補充了一些材料，篇幅稍有增加。

作者很感激平茲工學院“自動和量計設備”教研組中的同事，以 С. 奧爾忠尼啓則命名的莫斯科航空儀表製造中等技術學校的教師 Б. А. 阿斯及科技博士 А. А. 費里德巴烏蒙，他們在閱讀本書時提供了許多寶貴的指示。

作者極願聽取讀者爲繼續提高本書質量及內容所作的批評和建議。這些批評和建議請投交：Москва 51, Петровка, 24, Оборонгиз。

緒 論

1. 自動裝置和遙距控制底作用和意義

生產的自動化是機械生產的高級發展形式。

最廣義的自動化應理解為實現這些或那些的過程而無需人們直接參與。自動化過程可能是非常簡單的，例如保持室溫的恆定；也可能是非常複雜的，例如自動控制飛機底駕駛，這是用最複雜的自動化設備——自動駕駛儀——來求其實現的。

但是在兩種情形下都有自動化元件，避免了在所論過程中人們直接的參與。

有一種自動化，它用於被控的過程遠離必須控制該過程的地點的情形，這種自動化稱為遙距控制。在大多數情形下，無論是自動裝置底複雜系統也好，遙距控制底複雜系統也好，它們總是由相同的元件組成的。

知道了各個元件底用途、工作及特性之後，就可以把它們組合起來構成任何所需的自動裝置及遙距控制底系統。在一般情形下，這些系統稱為自動化設備，即無需人們直接參與而執行某一定任務的設備。

在這裏，所謂直接參與應理解為人們在自動化設備底工作中的直接的干預，而不應包括各種不能免去的職務，諸如調節、合閘、控制和自動化設備工作的監督等。

本書將討論用於多數現代的自動化設備中的主要元件，不論這種自動化設備是簡單的或是最複雜的。

自動裝置和遙距控制在現代技術部門中有非常鉅大的意義。可以

說所有現代化技術全基於自動化的運用。在蘇聯已建成完整的自動化工廠，其中祇有幾個服務的人員。

在國民經濟廣泛電氣化的基礎上採用自動化是許多強力有效的技術手段之一。這種技術手段能減輕人們的勞動強度，消滅智力勞動和體力勞動間的主要差異，使勞動生產率空前高漲及生活必需品豐裕無缺，從而保證社會主義的基本經濟法則在蘇聯的實施。

因此在發展我國（指蘇聯，以下同——譯者）國民經濟的五年計劃中才對自動化問題給予如此巨大的注意。蘇聯第十九次黨代表大會對發展蘇聯第五個五年計劃（1951—1955 年）的指令，在其第一章的許多條文上就針對加強生產過程的自動化首先是加強黑色冶金和有色冶金中繁重工作過程的自動化方面，對在電站和動力系統中廣泛開展自動技術方面及大大提高自動裝備、測量儀表、自動控制和自動管理儀表的產量方面等給予了許多明確的指示。

爲了保衛我們底祖國（指蘇聯，以下同——譯者註），自動化也有異常鉅大的意義。

現在我們要指出自動化底某些其他優點，這些優點決定着它在現代技術中的作用和意義。這些優點是：

- （1）對過程進行管理的客觀性，也就是實現過程的高度精確性。例如說，在工業上這樣就可以顯著提高產品的質量。
- （2）能把所實現的過程底速度提高。
- （3）能控制需要極大功率的過程。
- （4）能把若干過程集中到一點來控制。
- （5）能夠對所實現的過程底運轉用自動訊號來表示並進行自動記錄。

在利用電能時，自動化底優點更顯而易見了。因此，目前大多數自動化設備是電氣設備或以電氣元件及機電元件爲主的設備。據此，本書將祇論述自動裝置及遙距控制底電氣元件和機電元件。

把電能用於自動化設備之中能夠實現：

- (1) 使測量各種不同物理量所用的元件標準化。
- (2) 遠距傳輸電氣訊號。
- (3) 變換某種電氣訊號為另一種電氣訊號及放大電氣訊號以求得較大的功率。
- (4) 提高自動化設備底靈敏度、精確度及加速其動作。
- (5) 減小自動化設備底尺寸和重量。

2. 自動化設備底構造

大多數自動化設備可以分為如下的五種基本類型：

- (1) 自動監督某些物理過程底進行情況的設備。
- (2) 計算設備，用來對某些說明一個或若干個過程的特徵的量完成數學運算。
- (3) 自動控制設備，用以改變被控過程使它相應於某物理量的變化。
- (4) 自動調整設備，用以根據嚴格恆定的規律改變被控過程（即所謂程序自動調整器），或用以保持此過程底一定參量的恆定（如室溫自動調整器）。
- (5) 遙控設備，用來遠距離控制若干個不同的過程。

任何的自動化設備都是由各個部件或者所謂元件組成的，如果研究這些元件是從它們在自動化設備工作中的用途及作用着眼而不細究它們底構造及作用原理，那末就可以把它們分成如下的基本類型：轉換器，遠距傳輸，變換器，繼電器，測量儀表，執行機件。

視所用能源底種類，這些元件可能是風力的、水力的或電氣的。我們往後將主要着重於自動化設備中的電氣元件以符合目前航空技術發展的趨勢。

讓我們現在來談談上述元件底用途和任務。

電氣轉換器

電氣轉換器是用以轉換非電量(主控過程底或被控過程底)爲電氣量的設備,如果這些非電量不便於直接轉換爲電氣量,那就可用所謂敏感元件(譬如說變換壓力爲自己中點底位移的彈性膜片),先把它轉換爲機械位移,然後再轉換爲電氣訊號。在這種情形下,當敏感元件必須和電氣轉換器相離甚遠的時候(例如在跟踪系統裏面,轉換器常機械地耦合於遠離控制點的被控對象),敏感元件底機械位移就藉助於遠距傳輸而傳送給轉換器。

電氣遠距傳輸

電氣遠距傳輸是用以把機械位移從一處傳送至另一遠處的設備。它由電氣轉換器,聯繫線及電氣接收器組成。轉換器把機械位移轉換爲電氣訊號,而接收器的作用正好相反。

電氣變換器

從轉換器輸出的電氣訊號在大多情況下並不能直接控制自動化設備底工作,而被加於電氣變換器或繼電器。電氣變換器爲一種電氣設備,旨在把電氣量變換爲更便於往後在自動化設備中應用的形態。這種變換可以歸結爲功率、頻率、電壓及其他參數底變化。據此,測量線路、放大器、穩定器、頻率變換器等等,都是屬於電氣變換器之列的。最簡單的電氣變換器就是變壓器,它改變了電氣訊號底電壓。

繼電器

繼電器旨在利用轉換器的相當小的電氣訊號以控制(接通或拉斷)功率較大的電路(例如說控制電能向執行機件的輸送)。

測量儀表

如果自動化設備底任務在於監督物理過程底進行,那末其中就應備有測量儀表,通過它們才會知曉任何電氣的指示設備、反應設備或訊號設備底工作,這些設備是用以自動監督過程底進行的。

執行機件

執行機件是一種適應主控物理量底變化而驅使被控制對象動作的設備。如果被控制對象應該有機械的移動,那末作為執行機件就用電動機,和其他的補助裝置相配合起來而稱為電氣拖動。

大多數自動化設備底特徵是有回輸的存在。在一般情況下,回輸是意味着自動化設備中某元件底輸出量(轉角,電壓等等)“回”輸於某前級元件底輸入端。如果這個輸出量和前級元件底訊號有相同的符號則這種回輸使兩者相加而稱為正回輸;如果這個輸出量和前級元件底訊號有相反的符號則這種回輸使兩者相減而稱為負回輸。

在自動化設備中,回輸底作用在於求得被控對象底位置和敏感元件或主控元件底位置的協調,因此,回輸永遠連接着執行元件底輸出端同轉換器底輸入端,在此情形下,後者稱為失調轉換器。在這種情形下,自動化設備為執行機件輸出端與轉換器輸入端間的差量或失調所驅動(永遠被驅向於消滅這種失調)。因此,負回輸的應用迫使執行機件永遠精確地跟踪着主控量底任何變化,這就是說保證自動化設備工作的精確。例如,由於慣性,執行元件越過和主控元件位置相當的位置,那末回輸就會使它返歸正確的位置。

由此可見,負回輸實為自動控制和自動調整設備中必要的元件,具有回輸的自動化設備稱為閉環自動化設備或系統,因為回輸好像閉合了訊號在設備中運行的電路。

為進一步說明自動化設備中各元件底相互作用及任務,讓我們來

研究航空引擎底冷却系統底溫度自動調整器線路，此線路如圖 1 所示。

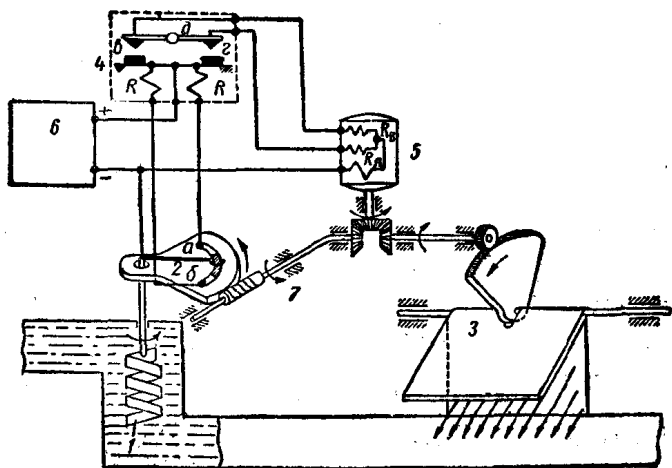


圖 1 自動溫度調整器底原理性線路。

調整器底敏感元件 1 是雙金屬螺線，當它底溫度改變時，它底扭絞角跟着改變從而使轉換器 2 底接觸桿轉動。這裏沒有遠距傳輸，因為調整器就在測量所在地底附近。

敏感元件浸在冷却系統底水管之內，水管溫度是以或大或小地開放氣門 3 來調節的，由此可見氣門就是被控的對象。當氣門開得較大時，為飛機運動所構成的空氣流（其方向如圖中箭頭所示）就比較迅速地冷却着水管，反之亦反是。

當水管溫度正常時，轉換器接觸桿位於兩接觸片 *a* 和 *b* 之間而與其餘的電路絕緣。這時繼電器 4 底兩個繞組都不通電，繼電器 4 在所論情況下是個轉換開關和功率放大器。繼電器底兩個接觸點 *c* 和 *d* 開斷，電池電源 6 不供電給作為執行機件的可逆轉電動機 5，氣門因此停止不動而位於某一定的位置。

假如，由於航空引擎長期工作，管內溫度高過正常值，那末敏感元