



中等專業學校教學用書

同步傳動及追隨系統

Н. А. 維雷伯琉索夫著

高等教育出版社



中等專業學校教學用書



同步傳動及追隨系統

高等教育出版社

本書系根據蘇聯國立造船工業出版社 (Государственное союзное научно-техническое издательство судостроительной промышленности) 1954 年出版的 И. А. 維雷伯琉索夫 (И. А. Беребрюсов) 著的“同步傳動及追隨系統” (Синхронные передачи и следящие системы) 譯出的。原書經蘇聯造船工業部教育司批准為造船工業中等技術學校儀器製造專業教育參考書。

書中研究了儀器製造業方面所用的電同步傳動及追隨系統。書中對物理過程給予極大的注意，列出了主要的理論關聯式來幫助理解這些過程。書中也介紹了電計算裝置的基本知識。

本書可供中等技術學校儀器製造專業的教學參考書，對於從事儀器製造的中級技術人員本書也有參考價值。

同 步 傳 動 及 追 隨 系 統

И. А. 維雷伯琉索夫著

嚴忠鐸 張世璣 周恒濤譯

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)

上海刻沅記印刷廠印刷 新華書店總經售

書號 15010-34 開本 850×1168 1/32 印張 7 15/16 字數 188,000

一九五六年七月上海第一次印刷

一九五六年七月上海第一次印刷

印數 1-5,500

定價(10) 洋 1.20

目 錄

序	5
---------	---

苏联在自动化和远距离控制方面的工作簡史	8
---------------------------	---

第一篇 同步联络系統

第一章 同步联络系統的运用与基本定义	17
--------------------------	----

§ 1. 同步联络系統的概念和要求	17
§ 2. 角同步傳动系統的主要量和特性曲線	21
§ 3. 应用在仪器中的角度同步傳动系統的要求	24

第二章 具有电磁式电动机的脈冲式同步傳动系統	28
------------------------------	----

§ 4. 脈冲式同步傳动系統的一般概念	28
§ 5. 具有三对电磁鉄的同步傳动系統	30
§ 6. 具有两个替續器的同步傳动系統	36
§ 7. 四線同步傳动系統 (CHY)	40

第三章 具有可变頻率的同步傳动系統	47
-------------------------	----

§ 8. 三線同步傳动系統 (CHT)	47
§ 9. H. T. 馬魯根的同歩傳动系統	55
§ 10. 具有电机型發送器的系統	64

第四章 感应式同步联络系統	66
---------------------	----

§ 11. 感应式同步联络系統的一般特性	66
§ 12. 主要类型的感应式同步傳动系統的裝置	68
§ 13. 具有自整步机的系統的基本关系	72
§ 14. 自整步机的静态整步力矩	75
§ 15. 自整步机的动力状态	83
§ 16. 自整步机的运轉特性	85
§ 17. 具有單相次級繞組的單相感应式同步联络系統	98
§ 18. 無接触的感应同步联络系統	100
§ 19. 自整步机的变压器方式	104
§ 20. 电差动器	106
§ 21. 具有零指示器的感应同步联络系統	109

第二篇 追隨系統

第五章 追隨系統的定义和用途	117
§ 22. 追隨系統的用途	117
§ 23. 基本定义	118
第六章 電替續器	122
§ 24. 電替續器的分類和特性	122
§ 25. 電替續器的結構	126
§ 26. 直流替續器的基本关系	130
§ 27. 極化替續器	135
§ 28. 磁電替續器	136
第七章 放大器和穩定器	138
§ 29. 定义和用途	138
§ 30. 电子管放大器	140
§ 31. 閘流管放大器	148
§ 32. 磁放大器	150
§ 33. 电机型放大器	158
§ 34. 具有非線性电阻的电流穩定器和电压穩定器	162
§ 35. 电磁穩定器	167
第八章 追隨系統裝置的原理	170
§ 36. 追隨系統中差作用測量裝置的功用	170
§ 37. 接觸裝置	171
§ 38. 电位器	181
§ 39. 差作用測量裝置对追隨系統工作特性的影响	185
§ 40. 減少振動幅度的方法	197
§ 41. 追隨系統的無接觸元件	203
第九章 追隨系統的理論基礎	213
§ 42. 追隨系統的分類和基本参数	213
§ 43. 振動理論的若干知識	217
§ 44. 關於相軌跡的概念	226
§ 45. 具有电机型放大器的同步追隨系統	232
第十章 電計算元件的基本知識	236
§ 46. 電計算變換的原理	236
§ 47. 三角的运算	237
§ 48. 微分方法	248
§ 49. 積分方法	251
參考書目	252

序

苏联共产党第十九次代表大会在關於 1951—1955 年發展苏联第五个五年計劃的指示中所提出的自动化方面的任务是：(a) 各种生產过程的大規模自动化；(b) 在必需的規模上發展用於巨型水力和火力發電站、冶金、煉油等工厂、巨型机床和鍛压設備上的自动控制儀器的生產；(c) 五年內自动操縱与控制以及远距离操縱的儀器產量应增加到約为原有的 2.7 倍並保證輕工業和食品工業方面所需要的自动化設備的生產大量增加；(d) 用自动閉塞裝備的釐道長度約增加 80% 並大量增加車輛調度信號設備的应用。

在苏联已經建造了一些生產过程完全自动化的工厂。自动化生產的維護工作只需要很少數的技術人員。

國民經濟的电气化是廣泛应用自动化的基礎，这样使得我們能夠邁進到提高生產率的新的生產过程的條件。

自动化的廣泛应用，將使我們能夠創造水平很高的技術；並且使我們能易於解決腦力劳动和体力劳动对立的問題。

現代的技術是在廣泛运用各种自动調整系統和远距离控制系統的基礎上發展的。远距离控制和自动調整系統的發展又以各种叫做自动化和远距离控制元件的特种裝置的应用為基礎。本書所討論的同步傳動及追隨系統就屬於自动化和远距离控制的範圍。

一些个别的自动裝置的出現以及它們在实际上的应用僅在十八世紀末叶才發展起來。十九世紀开始时出現了自动機器和最初的距离相当远的远距离控制系統。

在十九世紀的末十年和二十世紀初叶，物理科学方面的成就，

是現代自動化系統和遠距離控制系統應用的廣泛基礎。在這一時期中電工學和無線電技術都有了蓬勃的發展，並且電子學的基礎也奠定了。

自動化方面的現代技術水平，使得我們可能製造出機器、機組和全部自動化的工廠，例如汽車發動機活塞的自動化生產的工廠。這種設備能夠進行極其繁複的生產操作而不需要人工的直接參加。在這些情況下，只有管理、操縱、和校正設備運行等作用還留給人工擔任。

第十九次黨代表大會在關於第五個五年計劃的指示中指出：“在所有國民經濟部門中運用先進技術、改進勞動組織以及提高勞動人民文化技術水平的基礎上，五年內工業部門的勞動生產率約增加 50%，建築工程的勞動生產率約增加 55%，及農村經濟勞動生產率約增加 40%。在第五個五年計劃期間要基本上完成工業和建築工程上繁重勞動工作的機械化^①。

在社會主義社會的條件下，自動化、遠距離控制和各種儀器的製造是，促進增加國民財富、提高勞動人民的文化技術水平和幸福以及消除腦力和體力勞動間對立現象的方法之一。

本書是按照已批准的蘇聯造船工業部中等技術學校儀器製造專業所用的“同步傳動及追隨系統”的教學大綱的要求而編寫的。

在敘述問題時，考慮到了學生在修習這門課程以前已經讀過像“電工原理”、“電機學”、“電工測量與測量儀器”這些課程，此外，學生還具有中等技術學校教學計劃範圍以內的高等數學基本知識。

在本書中闡明了應用在各種儀器裝置中的同步聯絡系統、替換器和其他元件的各種問題。追隨系統的各種問題主要從物理本

^① 1952 年蘇聯國立政治書籍出版社出版：“關於 1951—1955 年發展蘇聯第五個五年計劃的指示”，第 30 頁。

質以及它們在儀器裝置中的作用的觀點加以說明。

本書篇幅有限，而這門課程中討論到的各問題，範圍却甚為廣闊，這就要求緊湊地敘述所有問題並且只說明一些基本理論上的原則和由它們得出來的結論。

在敘述本課程的各問題時，著者認為有必要將和各種不同裝置有關係的一切分開列入各章。例如第六章敘述“電替續器”，第七章“放大器和穩定器”。這就避免了在各章中重複敘述同一問題。

本書是初次嘗試來敘述造船工業部中等技術學校儀器製造專業所需要範圍內的同步聯絡系統及追隨系統的廣闊問題。因此，書中當然還難免有些缺點。

本書作者敬向對本書內容和敘述方法提出批評的讀者們預致謝意。

苏联在自动化和远距离控制 方面的工作簡史^①

自动化达到現代發展水平的成就，是建立在各个國家內工作了許多世代的劳动上。俄國的科学家和發明家在測量技術的發展上起过巨大的作用，而測量技術乃是任何自动循环和控制方法的基礎。

許多著名科学家的工作，都直接地或間接地帮助了自动化問題的發展。仪器制造的發展基礎是和十八世紀俄國最偉大的思想家 M. B. 罗蒙諾索夫(Ломоносов, 1711 - 1765)的名字分不开的。他曾經發表了自动記錄儀器的想法。例如他在 1753 年把“找出電力的真正原因和提出電力的正确理論”作为他自己的当前任务。M. B. 罗蒙諾索夫和 Г. В. 里赫曼院士(Рихман, 1711—1753)一起進行了很多實驗和觀察，結果他們造成世界上第一个电測量的指示仪器——帶标度盤的靜电計或正像他們自己所称的“電的指示器”。M. B. 罗蒙諾索夫是世界上第一个人指出，“電是可以衡量的”(因此就預料有制造一系列电測量儀器的想法)，可是同时他注意到電不是液体(那时歐洲的科学家却确信電是液体)而是一种作用。

M. B. 罗蒙諾索夫的關於電的概念在 B. B. 彼得罗夫(Петров)、

① 根据 К. В. 叶戈罗夫(Егоров)的著作“關於在自动控制部門中國內的若干工作”(О некоторых отечественных работах в области автоматического контроля)編寫，莫斯科机械学院論文集第三期，苏联國立机器制造書籍出版社，1962。

Б. С. 雅可比(Якоби)、Э. Х. 楞次(Ленц)、П. Л. 希林格(Шиллинг)、П. Н. 雅勃罗契可夫(Яблочков)、А. С. 波波夫(Попов)和許多其他的俄國科学家和發明家的工作中,以及在像 М. 法拉第(Faraday)、奧斯特(Oersted)、阿喇果(Arago)、安培(Ampere)、欧姆(Ohm)等等科学家的工作中得到進一步的發展。因為我們目前的工作任务不是敘述歷史,所以今后我們只談俄國科学家和發明家的工作。

我們所知道的俄國發明家在自动化方面最初的工作是在十七世紀的末叶和十八世紀的前半世紀。例如“自动鋸磨机”就是由阿尔漢格爾斯克市的費多尔·巴寧和奧西普·巴寧(Федор и Осип Бажнин)弟兄兩人創制的。

俄國机械师 Т. 伏洛斯高夫(Волосков, 1729—1806)从事於制造复雜的自动裝置。由他所造成的时鐘使我們在那时能夠進行最复雜的天文計算。

世界上第一具自动調整器是在 1765 年由 И. И. 波尔宗諾夫(Ползунов, 1728—1766)所創制並加以利用,这个調整器的原理被採用为一切的現代調整器的基礎。外國制造的瓦特調整器是在 И. И. 波尔宗諾夫調整器之后 20 年才出現的。

И. П. 古立炳(Кулибин, 1735—1818)曾創制大量的各种各样的自动裝置,其中有“自动車輛”、“水行的船”、“机械脚”以及具有很多活动人物的著名自动时鐘。这只时鐘在当时是一种無与倫比的技术作品。

第一个俄國科学家兼电气工程师 В. В. 彼得罗夫院士(Петров, 1761—1834)研究了關於發現电的性質的許多問題,这些性質后来成为电的实用基礎。許多現代的自动控制电裝置是根据 В. В. 彼得罗夫工作的結果。В. В. 彼得罗夫的这些工作中具有非常重大意义的为:“關於伽伐尼·伏打实验的报导”(1803),“新的电实验”(1804)和气体中放电的研究。

1832年俄國科学院通訊院士 П. Л. 希林格(1786—1837)奠定了电流在实际应用上的基礎。他發明了第一个在实用上証明有效的电报,在这里訊号是靠指針來傳送的。П. Л. 希林格在这种电报中应用了他自己設計的世界上第一具磁电式替續器。这种替續器作用原理中的概念被廣泛地应用到現代的电自动技術中。

Э. X. 楞次(1804—1865)和 В. С. 雅可比院士(1801—1874)的工作对电工学在理論和实践上的進一步發展具有非常重大的意义。他們曾發展了現在还被採用的有关电磁感应的学說。

1834年 В. С. 雅可比創制出世界上第一个具有旋轉电磁鉄的电动机並研究出离心換向器。就是他創制出第一个应用在現代迴轉罗盤上的电迴轉仪(陀螺)。1839年 В. С. 雅可比創制出电报上的記錄裝置。1841年 В. С. 雅可比和 Э. X. 楞次設計了他們叫做無偏計[⊖]的新穎的仪器,用來進行精确的电測量。Э. X. 楞次在1843—1844年間所研究出的求电流当量的仪器在各种科学領域中顯示出了非常重大的作用,利用这种仪器才得出著名的焦耳-楞次定律。1857年 Э. X. 楞次研究出用來決定單相交流电流波形的仪器——示波器,这种示波器成为电机工程师实际工作中不可缺少的仪器。目前,沒有一个电过程的徹底研究不是靠示波器來完成的。

由於俄國科学家們——首先是 Э. X. 楞次, В. С. 雅可比和 А. Г. 斯托列托夫(Столетов)——的卓越工作,創制出了成为現代同步傳动仪器和自动控制系统的主要部分的电磁機構。

目前得到廣泛应用的同步傳动是由 В. С. 雅可比院士在1860年發明的。

第一具帶有追隨系統的电調整器——裝備着电动机的差作用弧灯——是由俄國科学家 В. Н. 戚高列夫(Чиколев, 1845—1898)

⊖ 譯者註:此系暫譯。原文为 анометр。

在 1874 年創制的, 这里他应用了他創造的第一个追隨系統。

1898 年俄國艦隊的船艦上开始应用最初的脈冲式电磁系統的同步傳动, 成为著名的叫做“海斯勃系統”的同步傳动。这一个同步傳动得到这样的称号是完全不公正的。这一个系統的实际創制人是俄國發明家: 莫什高維契(Молковский)工程师和納吉日丁(Надеждин)工長。

1913—1914 年間俄國出現另一种同步傳动, 它也被不公正地叫做“厄立克孙系統”。这一个以“門閥”的名称而著名的系統是脈冲式的同步傳动。它的發明人是俄國設計師和發明家 Я. И. 彼列彼尔金(Перепелкин)工程师。

在軍事部門中, 特别是在克里米亞战役以后, 我們的同胞也進行了在控制方面的巨大而有趣的工作。

噴射技術的始祖, 卓越的机械师、电气技师和仪器制造家 К. И. 康士坦丁諾夫(Константинов, 1817—1871) 在 1842—1844 年間研究、制造和应用了世界上第一具自动的电冲击裝置, 用來量度砲彈的飛行速度, 也就是用來控制迅速流动的过程。在 К. И. 康士坦丁諾夫的裝置中有自动控制設備的元件, 它在砲彈通过放在砲彈飛行路線上的护板时自动地發出訊号並將訊号記錄在均匀旋轉的圓柱表面上的毫米大小的格子上。К. И. 康士坦丁諾夫創制了第一具自己記錄的檢查自动机。

1847 年 К. И. 康士坦丁諾夫設計了用來測量信号彈飛行高度的仪器, 並在 1848 年創制了光学測远器的結構。同时他又創制了帶有記錄裝置和轉数調整器的叫做火箭的冲击擺來研究火箭的性質。1849 年他設計了叫做“声学調整器”的仪器來控制鑽孔的速度。

1855 年 К. И. 康士坦丁諾夫制成了最初的“具有計算儀器的自动分离机械”, 並在 1860 年制成了記錄式的測力計來量出砲筒

內压力的改变，因而比外國工程師台普雷 (Depre) 和塞泊尔 (Себер) 早了十年。

K. H. 康士坦丁諾夫的許多發明被不公正地認為是屬於惠斯登 (C. Wheastone) 和 A. 布列格 (Брег) 的，實際上他們只是按照 K. H. 康士坦丁諾夫的指示制成他的一些儀器的最初樣品。

1867 年天才的俄國發明家 A. II. 達維道夫 (Давыдов) 在“無敵”浮動砲臺上曾進行了自動 (電流的) 射擊系統的一些實驗。這種系統是技術上有史以來第一套同時集中控制幾個設備的自動裝置。

A. II. 達維道夫的設備應用“電的指示器”，“直線的和校正的電的測傾斜儀”，小鐘和其他的訊號指示器來保證對移動着的目標進行瞄準的射擊。這一種設備用在海岸和船艦的砲臺上。以後 A. II. 達維道夫改進了他的設備並創制了具有依照離開目標的遠近自動地校正砲所需要的仰角的追隨系統。

1831 年尼古拉·康達林采夫 (Николай Кандалицев) 制成並專利了用來測量液體消耗量的自動儀器，這是現代容積消耗測定器的原型。

B. H. 威高列夫 (1845—1898) 研究出用在探照燈上的拋物面反射器光校正的最新穎的方法，以後這一方法被利用來決定飛行的速度。

用來在大量製造的成品中挑選和淘汰廢品的儀器和設備首次是在俄國的錢幣和子彈的製造中應用的。B. Ф. 彼得魯謝夫斯基 (Петрушевский, 1829—1891) 就是在子彈製造方面工作的卓越設計家和發明家之一。他創造了能夠大量檢驗子彈重量和彈殼線性尺寸的機械控制自動器。在十九世紀的年代中 B. Ф. 彼得魯謝夫斯基研究出自動的、用電的測量距離的裝置。他曾制出用來控制地雷情況的儀器和測量距離砲裝置讀數用的“電流傳送器”。

М. М. 波雷斯科夫(Боресков)的工作引起我們很大的兴趣,他制成自动訊号裝置,用來“收听”敌人在地下布放地雷的工作。

發明家、彼得堡軍火庫的技师 В. Е. 叶戈罗夫(Егоров, 1883—1938)在 1910—1912 年間創制了大量控制材料品質的仪器。这种仪器比較著名的布林乃尔、罗克威尔、威克尔斯的仪器具有很多的优点。

1873 年俄國發明家 С. К. 德尔賽維次基(Дрейвевский)在維也納的全球博覽會上表演了船的航線“自动指航器”。1874 年在喀朗施塔得實驗了他所造成的能夠自动決定船的速度和航程的电測定仪。

1876 年 Ф. Ф. 佛蘭盖尔(Врангель, 著名的俄國旅行家 Ф. П. 佛蘭盖尔之子)和 И. М. 迪可夫(Диков)共同創造了用电將漲潮和落潮高度的讀数傳送到远距离的自动控制裝置。

这是第一具將讀数傳送到远距离的裝置。

喀朗施塔得礦業班的教師 А. С. 斯捷潘諾夫(Степанов)在 1879 年設計制造了应用在航海方面和其他技術部門的第一具温差电偶电流計。

海洋学家海軍上將 С. О. 馬卡罗夫(Макаров, 1848—1904)在 1882 年創制了第一具流速計——用來決定水底流速的仪器。

天才的自学者 Н. И. 查哈罗夫(Захаров)——斯摩稜斯克省的農民——在 1885 年举行的第三次彼得堡電工展覽會上提出了他的用在“平面上自动記錄敌船的航線、距离和方向”的仪器。

自动調整的最初理論基礎是由俄國科学家 А. И. 維希涅格拉茨基(Вышнеградский, 1831—1895)創立的。以后由 А. М. 利亞普諾夫(Ляпунов, 1857—1918)和 Н. Е. 儒可夫斯基(Жуковский, 1847—1921)加以發展。

苏維埃时代同步傳动系統方面的發展,可以用下面的一些事

实表示出來。

討論同步傳动系統理論問題的第一本著作就是 1925 年出版的 С. М. 高赫畢尔格 (Гохберг) 副教授的著作。在著作中他討論了同步聯絡的三相感應系統。

由 И. Г. 馬魯根 (Маругин) 工程師研究出的強力式同步傳动系統以及 М. П. 高斯琴科 (Гостенко) 院士的強力系統在三十年代找到了應用。

М. П. 高斯琴科院士研究出的同步系統是第一個大功率的同步傳动系統。在這系統中第一次應用了電機型放大器。

1935 年出版了 Л. В. 華西利耶夫 (Васильев) 所著的書，書中第一次將同步系統系統地加以說明。

蘇聯科學家 Д. А. 高羅特斯基 (Городский)、И. М. 薩道夫斯基 (Саловский)、Г. И. 希圖爾曼 (Штурман)、А. В. 別倫德也夫 (Берендеев) 等人的著作都是用來闡述自動同步機理論的問題。

無接觸的自動同步機是發明家 А. Г. 約瑟費揚 (Иосифьян) 和 Д. В. 斯維查爾尼克 (Свечарник) 首先創制的。無接觸的自動同步機比有接觸的自動同步機在應用上愈來愈普遍。

在革命以前的俄國，天才同胞的許多發明既得不到採用，也不能製成實驗樣品使它具體化，甚至還得不到承認。許多國外工作者在這方面的工作在某種程度上都是重複了我們同胞們的工作。

自動調整的蘇聯學派是由像 А. А. 安德羅諾夫 (Андронов)、И. Н. 伏茲涅申斯基 (Вознесенский)、В. С. 庫列巴金 (Кулебакин)、В. Л. 洛西也夫斯基 (Лосиенский)、А. В. 米海洛夫 (Михайлов) 等科學家所創立的。

近幾年來自動化方面得到斯大林獎金的工作有：電模式自動機床的製作、軋鋼機綜合自動化的製造、煤礦機械綜合自動化和自動機床的製造。

偉大的衛國戰爭發生不久以前，在莫斯科組織的機器製造方面应用的自动控制儀器的展覽會上，展覽了 60 種以上不同的新穎儀器和依照尺度、表面品質等等將零件檢查和分類的自動裝置。

社會主義制度為科學的迅速發展和科學成就的實際應用創造了無限的可能性。

在幾個五年計劃中全部國民經濟在技術上的重新武裝為自動化和遠距離控制在生產上的廣泛應用創造了條件。

我們已經建立了大型的儀器製造工業來保證所有國民經濟、科學與技術部門的需要。

偉大的列寧的預言得到了証實，他說“……只有社會主義才能把科學解放出來，使它擺脫資產階級的桎梏，擺脫對資本的依附，擺脫對卑污的資本主義私利的奴隸地位。只有社會主義才提供了可能性來廣泛推行並且真正使社會生產和生產品分配服從科學理想，只看如何能做到使全體勞動者底生活最為美好，使他們有可能享受物質福利。只有社會主義才能實現這一點。而我們也知道，社會主義正應當做到這一點，馬克思主義底全部困難及其全部力量就在於了解這個真理”。^①

用馬克思—恩格斯—列寧—斯大林創造的辯證法武裝起來的蘇聯科學能克服一切障礙向前邁進，為資本主義世界內的科學所望塵莫及。

① 譯者註：引自“列寧斯大林論科學技術工作”，中國科學院 1954 年版，第 11 頁。原文系摘自 1918 年 8 月 28 日在第一次全俄教育工作大會上的講話。從列寧全集第 28 卷第 68—69 頁譯出。

