

# 自动和遥控装置

苏联 С. Д. 克列明季叶夫著

电力工业出版社



# 自动和遥控装置

苏联 С. Д. 克列明季叶夫著

魯焱 沈昌培译

电力工业出版社

## 內 容 提 要

自动和遙控裝置在苏联国民經济各主要部門中的广泛应用和迅速發展，促使广大讀者有必要知道自动和遙控作用的基本方法和工具。

本書以普及的方式敘述了自动和遙控裝置的动作原理及其若干用途。

本書供非自动和遙控技术專業的人員閱讀，使他們对于最簡單的自动和遙控裝置得到初步的認識。

3P24/10

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

**АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА**

ГОСТЕХИЗДАТ МОСКВА 1955

## 自动和遙控裝置

根据苏联国立技术理論書籍出版社1955年莫斯科版翻譯

魯 焱 沈昌培譯

\*

796Z68

电力工業出版社出版(北京西單科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第082号

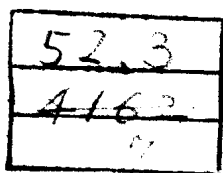
电力工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

\*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 \* 8 $\frac{1}{2}$ 印張 \* 196千字 \* 定价(第10类)1.30元

1958年5月北京第1版

1958年5月北京第1次印刷(0001—3,300册)



## 序

生产过程的自动化和遥控化是苏联国民经济重要部門技术过程的最主要趋向之一。自动和遥控裝置現已应用在各种各样的工業和运输部門以及日常生活中。

由于自动化和遥控化的迅速发展，已出现了許多書籍，阐述各种自动和遥控裝置的結構和运用上的理論与实际的問題。

同时也感到需要科学普及性的讀物，使得沒有專門訓練的广大讀者能够得到一些知識，了解各种自动裝置及其动作原理和它們在各工業部門中的用途。本書以淺近易解的方式，叙述几种最簡單的自动仪器和设备以及它們的运用。

全書共分三篇：第一篇說明自动和遥控裝置的元件：各式發送器、繼电器、放大器和执行裝置。

第二篇叙述用来监查、保护、控制或調节多項生产过程的各种自动裝置和器械。

第三篇闡明遥控裝置的問題，也就是关于从远距离控制、測量或收發信号以及無綫电遥控裝置的問題。

本書第一章是 Ф. Е. 吉姆尼柯夫写的，他并在書中作了若干补充。

## 引 言

“авто……”一詞，導源于古希臘的“аυτο……”，有“本身的”、“自立的”意思。由此，《автоматика》的意義就是自己運動、自己動作。

“теле……”一詞也是導源于希臘文，意思是遙遠，而“телемеханика”的意義就是遠距作用(控制)。

在個別機械中或整個機械系統中直接從近處或從遠距離處進行測量、控制和調節的設備，現今都叫做自動裝置和遙控裝置。這些裝置已成為現代生產機械和設備的組成部分，目的不在工藝過程本身的機械化和電氣化，而在控制過程和操作的機械化和電氣化。有了機械化固然能夠免除人們的體力勞動，而有了自動化和遙控化就能免除對於機器工作的監視、調節和協調上所需的緊張而單調的勞動。此外遙控化又能克服距離，節省傳達對生產過程控制上所必需的命令和報告的時間。

自動和遙控裝置的發展，肇始於作為測量或控制儀器的最簡單設備的製作，這些儀器最初只是供作消遣或作為宗教祭祀品。後來發展了用各種各樣的時鐘來測計時間的技術，在這些時鐘里往往有使各種動作協調共動的靈巧機構。

在古代和中世紀已制成了許多利用從小孔中出來的水流的自動裝置。

從容器孔中流出水來的速度調節問題，曾有許多學者加以研究。

牛頓、伽利略和其他學者們解決過保證水量能夠均勻地流出來的容器形狀問題。

這個問題的意義如何重大，只要看法國科學院曾在1725年懸賞征集對於這問題的較好的解決法，就可知道了。那次比賽的獎金是由俄國科學院院士丹尼爾·別爾努里獲得，他的方程式在水力學中是很著

名的。因此，就在那时，液体静力学和液体动力学定理的运用已成为自动装置发展的特征。

机械的时钟似乎是在十一世纪发明的，当时它们的构造并不繁复。在固定于水平位置的轴上，缠绕一条细长的绳子，绳子的末端带有重锤。绳子褪松，转轴因而旋转。转轴的旋转经过一组齿轮，传到一个棘轮（亦称闹轮，是带有斜齿的轮子）上。棘轮连有简陋的调节器——只是一条金属棒，两端有重的铸铁球和二片叶片。叶片成直角安装，刮着棘轮的齿，使得棘轮旋转比较均匀。

十五世纪末叶，轮子式的时钟让位于用发条的时钟。落下的重荷由发条来代替，可是对于卷紧的发条褪松时调节装置还是粗糙而不完善，不能保证时钟的准确走动。

到十七世纪，摆被发明了。由于首先在钟中用摆的荷兰物理学家兼数学家海亘史（C. Huygens, 1629—1695——译者）的研究，用发条的时钟得到了改良。

摆具有一种性能，能够在摆幅不大时保持摆盪周期恒定不变。摆的摆盪周期不变，就能使机构的转动不受所得能量的动量影响而保持恒定不变，这种作用广泛地用在现今各式时钟内和其他许多机构内。

利用发条松褪的作用和以摆作为调节器的装置，在那时就已不仅用作时钟的机构。例如，它们曾被用在天文台中使得望远镜的管筒自动地旋转。

当时钟里又采用了所谓“平衡器”的调节装置，那是一种变相的摆锤。

时钟走动速度调节器——平衡器——没有很大的准确度。周围的温度变动，就会影响到平衡器的正确工作。温度升高时，平衡器的轮子膨胀而尺寸变大，它的摆动便变缓，时钟就开始走得慢了。周围温度降低时，得到相反的结果，时钟就走得快了。

人们生活迫切地需要更准确的自动机构来量度时间。当时正在发展的航海事业对十八世纪的钟表业提出了特别严重的要求。

经过长时期的探索之后，找到了用双金属元件来提高时钟走动准确度的方法。在时钟里装上了由钢和铜制成的微小的金属片。片子的

末端固定在鐘內平衡器的游絲上。溫度上升時雙金屬片就彎曲，因為銅比鋼膨脹得多。片子彎曲時，對時鐘平衡器的游絲發生作用，使平衡器的動作加快，時鐘的走速開始平穩下來。這樣就發生所謂對溫度影響的補償作用。

雙金屬調節器的原理至今還很有成效地應用在許多新式的設備和儀器中。

我們只舉了一個簡單的例子——時鐘。可是這個例子是有代表性的，因為正像卡爾·馬克思指出的，時鐘“是為了實用目的而制成的第一個自動機器……在十八世紀，時鐘首先使人想到把自動裝置（特別是用發條的）應用到生產上”<sup>①</sup>。

在俄國有許多富有天才的機械師曾經從事於解決機械化和自動化的問題。

十七世紀的工業技術受着彈簧發條、風力和水力發動機的限制。俄國在自動裝置方面的先驅者們卻能利用這些極微小的可能性來創造新穎的半自動和自動的裝置，以減輕人類的勞動。

例如，十七世紀住在阿爾漢格爾斯克(Архангельск)的“諾伏高洛特人”奧西普·巴任寧和菲堯陀爾·巴任寧兩兄弟研究出並製造成鋸木用的半自動機構。水力驅動連同複雜的鋸子系統，配有半自動和自動的調節裝置（木料的供給、所需木板尺寸的調整、鋸子速度的保持均勻等），免除了幾百名手工操作者繁重的體力勞動。

十八世紀俄國傑出的機械師 И. И. 波耳助諾夫(1728—1766)是自動裝置發展史上卓越皎著的人物。

И. И. 波耳助諾夫致力於把工業從捉摸不定的本質中解放出來，而以他的所謂“火動的”新的特殊機器來對抗水力和人力勞動。他曾寫過：“我應該竭盡全力使得火以任何方式來為機器服務”。由於頑強的勞動，波耳助諾夫創制了能夠“奪取水力領導權”的火動機，使火“服從我們的意志，按照我們的需要來工作”。波耳助諾夫在1763年（比英人瓦特早21年）所造成的雙汽缸蒸汽-大氣機，驅動了多種多樣的機器

① 馬克思和恩格斯文集卷23，第131頁，1930俄文版。

設備。

1765年波耳助諾夫又給自己的“火动机”裝上了他所發明的自动調節器；用了这种調節器，“水、汽和火都能自己維持自己的動作”。

以应用浮子为原理的波耳助諾夫的調節器，自动地維持蒸汽鍋爐中的水位。当蒸汽鍋爐中水位降低到正常位置以下时，浮子降下而把閥門开啓，讓水进入鍋爐。当水位高于正常位置时，浮子把閥門完全閉塞，水就停止进入鍋爐。

关于自动裝置方面的傑出工作还有 E. A. 切拉本諾夫和 M. E. 切拉本諾夫的“陆上汽船”的自动配汽裝置。这所謂“陆上汽船”是他們于1834年在烏拉尔造成的俄国第一部火車。切拉本諾夫的火車是沿着800公尺長的輪軌（軌道）上行駛的。它以高达每小时15公里的速度拖动大約三吨半的重荷。

在1835年关于这部火車曾有这样的記載：“現在機車的退回不須轉弯調头，而是利用推动汽門的偏心輪的作用把蒸汽通到另一側……”。不久，切拉本諾夫兩兄弟又制成了第二部火車，它的力量比第一部大得多，能够拖动大到170吨的重荷。这部火車中的配汽系統更有改进。

上述十七、十八兩世紀中在机械化和自动化方面的發明，并非独特的現象，也不仅是用在汽机和运输設備上。

烏拉尔工人的兒子，俄国天才的水工学家 K. Д. 佛罗洛夫(1728—1800)的工作，也当列为机械化和自动化方面的傑出成就。K. Д. 佛罗洛夫創辦了許多机械化的采矿企業，成为現代自动工厂的濫觴。

K. Д. 佛罗洛夫致力于繁重工作过程的机械化和創辦巨大的采矿冶金企業，使在这些企業中整組的机器和运输工具由一个或几个中央水力發动机来驅動，也就是力求生产过程的綜合的自动化。这些当时显得非常大胆的理想，他不顧所有的阻撓和困难，都能付諸实现，而远远超过那时的国外技术界的成就。

K. Д. 佛罗洛夫的学生之一——K. 烏沙柯夫——在阿尔泰地区建造了卓越的自动化水工建筑物。

机械化和自动化方面的觀念，誕生在俄国技术革新者的智慧之



中，并且由他們把这些觀念在种种不同的工業部門付諸實現。例如，在金屬的熱處理上，把通風和金屬的鍛打機械化了。這些機械化的金屬加工場中之一，在十七世紀稱為“鎚鍛場”的，就建造在土爾城中。

到十九世紀，由於機械製造業的發達，自動控制術在俄國開始有飛躍的進展，並且，除了純粹的實用問題之外，還完成了具有重大意義的科學工作。在自動控制理論基礎的研究方面，俄國的學者們起了極大的作用。

俄國偉大的數學家之一——П. Л. 切貝歇夫(1821—1894)——對於自動裝置中所用機構和機械作用的研究貢獻了許多勞績。

П. Л. 切貝歇夫在他的著述中特別注意關節接頭機構的理論問題，尤其是關於把圓運動變成直綫運動的問題。他解決了有關近似直綫運動的問題，創制了許多自動機構的新結構。應該歸功於他的，有：主動與從動軸間有可變傳動速比的機構、帶止動裝置的機構、平整機構、叫做間歇止動機的複雜關節機構以及其他許多裝置。

П. Л. 切貝歇夫在機構理論上的許多工作，現今都被有成效地利用着，並且已加發展。

П. Л. 切貝歇夫的学生，著名的俄國數學家 А. М. 里雅普諾夫(1857—1918)以他自己關於解決運動穩定度的工作，大大地促進了祖國自動控制科學的發展。

十九世紀末、二十世紀初，傑出的機械師之一，И. В. 密謝爾斯基(1859—1935)所作關於奠定變質量物體的力學基礎方面的工作，在極大程度上促使祖國的自動控制學發展成為一種科學，並且改進了紡綫、印刷、造紙等生產上所用很多的自動機器和機構。

И. А. 委施聶格拉德斯基(1831—1895)是自動調節理論的創始人。他的對於直接動作調節器的研究，在調節理論的發展上有着巨大的影響。

在委施聶格拉德斯基以前，對於調節器的工作，是和機器分開來研究的。委氏解決了與實際工作條件相關聯的自動調節的問題，不但考慮到機器與調節器間的相互作用，並且考慮到慣性力和摩擦力。

傑出的俄羅斯學者 Н. Е. 茹柯夫斯基(1847—1921)和 А. Н. 克里

洛夫(1863—1945)以他們的卓越的研究，也幫助了使自動控制成為一門科學。他們和 A. M. 里雅普諾夫一起奠定了運動穩定理論和各種自動儀器理論的基礎。科學院院士 A. H. 克磊洛夫還制成了一種自動計算機。

飛機發明者海軍上校 A. Ф. 莫謝伊斯基(1825—1890)利用了他自己制成的自動儀表來測量飛行的高度和速度等。後來這些儀表經過改良，便在飛機製造業中予以生產。

世界上第一個電氣差動式調節器（用來自動保持弧光燈碳極間的距離），是傑出的俄羅斯工程師 B. H. 契柯洛夫(1845—1898)於 1869 年發明的。他在 1872 年又發明了世界上第一個裝到機器上的電力驅動裝置。

電焊術的發明者 H. H. 別納爾陀斯(1842—1905)和 H. Г. 斯拉維揚諾夫(1854—1897)在他們自己的電焊機組上採用了控制焊接過程的自動調節裝置。

應該歸功於俄羅斯學者國立莫斯科大学物理學教授 A. Г. 斯托列托夫(1839—1896)的是後來成為自動控制重要技術裝備的光電池濫觴之一的發明。

在遠距控制方面，俄羅斯學者們起的作用也是很大的。彼得堡的學者 П. Л. 希林格在 1832 年發明了電報倍增器，圓滿地應用在他所創制的電報機中。

另一個彼得堡學者，在船舶電動術的研究上卓有成就的 B. C. 雅柯比(1801—1874)創制了記錄和印刷型的電報機，並且與科學院院士 Э. X. 楞茨一起制成了電壓調節器——一種滑動變阻器。

軍事通信家 Г. Г. 伊格納吉叶夫上尉在 1880 年研究出利用電容器和感應綫圈組成的濾波器同時在一條通信綫上發送電報訊號和電話對談的方法。這樣，他就奠定了通信道的選擇性連接和充分利用的基礎。伊瓦的觀念在 E. И. 格沃茲傑夫的研究工作中得到了進一步的發展，格氏在 1887 年利用電氣濾波器實現了同時在一條電報綫上不僅發送一個電話，而發送好幾個電話。

在十九世紀的八十年代，工程師 K. A. 莫齊茨基建成了世界上第一

所自动电话站。到九十年代，俄罗斯發明家阿波斯托洛夫建成了一所有一万号的自动电话站。

1895年，俄罗斯的偉大学者 A.C. 波波夫(1859—1906)建造成世界上第一条無綫电通信道。后来波氏又与他的助手磊勃金一起發現了电磁波由金屬面折射的現象。这种現象以后被应用在無綫电定位(雷达)設備中。無綫电的發明实是無綫电远距控制發展的基础。

上述的一些例子，表征着俄罗斯的学者和發明家們在自动和远距控制术的發展上所起的巨大作用。

在共产主义建設时期，苏維埃的学者和工程师們在自动和远距控制术的發展上尤有特別重大成就。

\* \* \*

随着科学和技术的發达，人类的体力逐渐由流动的水力、蒸汽力、以及最后由电力来代替了。电动机代去了在机床上工作着的人們的体力。机械-工具和机械-發动机融成了一个整体。可是控制的任务起初还是須由人来担任。不过即使这些任务也是逐步地由人轉給到自动和远距控制的裝置。

許多机器变成了自动的，开始制造各种物品而沒有人們的直接参加工作。

自动化的机器和机构能够工作得比人快得多：在許多現代裝置中，工作的速度快到使人不可能看清过程的进行和看出过程的紊乱。自动裝置却能在工作人員發覺故障以前就把情况改正，并且把工作方式的破坏情形記錄在特殊的紙帶上。有許多生产过程根本是人所不能办到的，只有采用了自动控制和远距控制才能完成这些过程。

自动設備能够提高机械-工具的工作質量，免除工人們的緊張劳动，同时又能提高劳动生产率。

自动机械可分为二类。其中一类是按照預定的計劃来进行控制，对于工作条件的改变不起任何調节作用。它們叫做循环性自动机。第二类是能够随着外界的条件而改动的。它們有时叫做反映性自动机。

作为第一类自动机例子的，可以举出印刷术上的排字机，这种机器能够自动排字并且把排好的字自动鑄成整行；或者拿所謂轉刀自动

旋床来作为例子。

排字机的机构是由装在用电动机驱动的分轴上的钢质凸轮——偏心轮——来控制的。

同样的带凸轮的分轴也用来控制转刀自动旋床的各种复杂机构的动作。

像排字机或转刀自动旋床一类的机器，既不能改变给定的速度，也不能改变工作的方式。它们只是按照预定的方案来工作。要改变工作方案，须用其他形状的凸轮，把机器加以调整。

作为第二类自动机的例子的，可以举出带浮子式水位调节器的蒸汽锅炉。这里的浮子就是敏感元件，它能使锅炉中的水位保持在一定的高度。当水位升高或降低时，浮子经过拉桿而作用于閥門，使它开启或关闭。在这种情况下，閥門就成为执行机构。

以敏感元件对执行机构直接作用的原理为基础的调节器，通常叫做直接作用调节器。在敏感元件（如上述例子中的浮子）和执行机构（上述例子中的閥門或龙头）之间，又装用中间放大（加强）装置，利用压缩空气、受有压力的油、或电流作为辅助的能量。这样就得到间接作用的调节器。

现代的自动装置大多数是由敏感元件或发送器、放大器以及执行机构所组成。有时还需要继电器来造成测量回路或控制回路情况的突变。

敏感测量元件的作用是根据各种物理的现象。其中有几种是对位移有反应的；有几种则对移动的速度、加速度、以及应力、温度、湿度、电阻、光通等有反应。

敏感元件感受了物理的或化学的量值，作用于放大器，放大器又控制着执行机构的动作。

放大装置计有空气的（压缩空气）、水力的（在压力下的油或水）、电磁的、电子的等等。

自动装置根据它们的功用来分类，有：自动信号、自动监视、自动闭塞和保护、自动调节和自动控制等。

自动信号装置在它所监视的数值（如温度、湿度、位移等）发生不

能容許的变化时，就發出光亮、声音、或其他信号給值班人員。根据这种信号，值班人員就把机器調整，使它的工作适合工艺过程的要求。

自动監視裝置归根是一种指示或記錄仪器，工作人員根据它的讀数进行操作，使机器的工作符合預定的条件。

自动保护裝置能够監視机器本身不出毛病，并且監視它工作的正确性。当發生不正确的情形时或物理数值超过了極限值时，自动保护器就把設备的动作局部或全部停止。例如，当电动机有意外的过負荷时，超过了極限值的电流可能破坏綫卷的絕緣，这时自动保护器就迅速地把电动机开断或把負荷減去一部分。

自动裝置不但能起監視和保护的作用，还能調节和控制机器，不需人們直接参加工作。它們或是把工作过程的进行保持在給定的方式下(自动調节)，或者按所需的規律自动地变更机器工作的方式(自动控制)。

屬於自动化一类的还有自动的运算。这类裝置叫做自动計算机，它們不需要人的直接参加，能够进行加法、乘法、微分、积分等运算。

起着特別重大作用的是机器設备和工作过程的綜合自动化。把整个系統中的監視、調节、控制、計算等各种局部的自动化联合起来，保証着計劃好的复杂过程正确地进行并在經常的監視下，而沒有人直接参加其間。

当机器設备和控制点离开很远时，必須有补助的裝置。这些裝置叫做远距控制裝置，它們能够作出、發送并接收測量信号和控制信号，能够通过極远的距离，却不致破坏傳达的正确性，而得到通訊道的經濟利用。

这些裝置根据它們的用途来分，有：远距信号、远距監視、远距保护、远距控制和远距調节等。

## 目 次

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 序 .....              | 1   |
| 引言 .....             | 2   |
| 第一篇 自动和遙控裝置的元件 ..... | 12  |
| 第一章 敏感元件和傳送器 .....   | 12  |
| 第二章 繼电器 .....        | 29  |
| 第三章 放大器 .....        | 58  |
| 第四章 执行裝置和电动机 .....   | 67  |
| 第二篇 自动裝置 .....       | 76  |
| 第五章 自动監查 .....       | 76  |
| 第六章 自动保护 .....       | 99  |
| 第七章 自动控制 .....       | 111 |
| 第八章 自动調節 .....       | 115 |
| 第九章 跟踪系統 .....       | 133 |
| 第三篇 遙控裝置 .....       | 141 |
| 第十章 遙距測量 .....       | 145 |
| 第十一章 遙控和遙距信号 .....   | 162 |
| 第十二章 無綫电遙控机械 .....   | 196 |
| 結語 .....             | 216 |

## 第一篇 自动和遙控裝置的元件

自动和遙控裝置是由許多不同的元件組成，这些元件可分为四大类：

1. 敏感元件和發送器。
2. 繼电器(也有机械的替續器——譯者)和轉接器。
3. 放大器。
4. 执行裝置和發动机(一般是指电动机——譯者)。

利用敏感元件和發送器来測量足以表征生产过程或机器动作的物理量和化学量。

繼电器和轉接器是用在必須把測量回路和控制回路接通或轉接时。

放大器是中間元件，用来加强測得的信号，使得强大的执行裝置發生动作。

用發动机和执行裝置来改变生产过程或發生監視作用。

### 第一章 敏感元件和發送器

**敏感元件**就是能够直接从对象上感受到某些物理的或化学的量而把它們变成在自动系統中用起来更为方便的量的各种裝置。

关于量的变换，这里應該作有条件的理解。实际上被变换的是表征着某些量的能。

例如，利用光电池可把光能变换成电能。但是習慣上却說用光电池把光通值(第一种量)变换成电流值(第二种量)。在这二个数值之間應該有精确的預知的关系。

在自动和远距控制术中，通常采用兩種基本的量，而使其他各种的量变换成这兩種。那就是机械的移动和电压。

用来把各种的量变换成机械移动的那些装置，叫做机械敏感元件；用来把不同的量变换成电压的那些装置，叫做电气敏感元件。

大多数的机械敏感元件是借用测量仪器的；在这些仪器中，像我们所知道的，是把被测定的量变换成指针的移动。

举例来说，属于机械敏感元件的有：压力计的弹簧、转速计的离心机构、迴转器的机构、水银式和膨胀计式温度计、流体压力计、机械振动计和加速计、浮子装置等。

**发送器**（又称变换器——译者）是感受到某些测量仪器的活动部分的移动而把这些移动变换成电量的装置。因此，发送器实是二次变换器。

最近为了简化术语名词，往往用同一的“发送器”一词来指敏感元件和发送器本身。这是恰当的，因为在大多数情况下，机械的敏感元件总是与电气的发送器有机地联系着的，同时，电气的敏感元件与发送器又很相似，两者都是把非电量变换成电量。

大多数的电气敏感元件和发送器，是被非电气性作用所控制的电阻器、发电器和补偿器。这三类发送器对应于三种不同的变换被测量的方法。

第一种方法与电阻的应用有关，可用图1来说明。非电性的作用 $\Phi$ （可能是力、温度、放射等）引起电阻 $R$ 的变化。因此，由电压为 $E$ 的稳定电源供电的回路中所有的电流也变动了。这电流是用毫安计 $MA$ 来测量的。

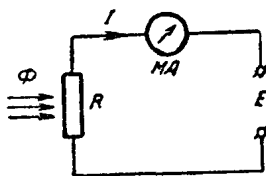


图1 电阻式发送器概图

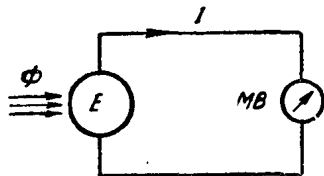


图2 发电器式发送器概图

第二种方法是以利用发电机为基础的，如图2所示。非电性作用 $\Phi$ 就在发送器 $E$ 本身里变换成电压；这电压是用毫伏计 $MB$ 来测量的。在这种情况下，不用辅助电源。



最后，第三种方法，即补偿法，如图3所示。

非电性作用 $\Phi$ ，借助于机构 $H$ 和辅助(补偿)的非电性作用 $\Phi_K$ 相比较，这 $\Phi_K$ 是从把电能变成 $\Phi$ 型能的变换器 $\Pi$ 得到的。

当测量机械力时，变换器 $\Pi$ 是一个电磁铁；在测量温度时，它是一个电热器；而在测量照明度时，它是一个电灯。

这样，补偿变换法的特征就在于利用电源 $E$ 的辅助电能人为地造

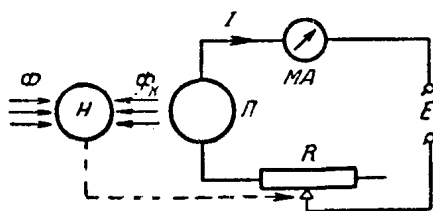


图3 补偿器式发送器概图

成与被测量的非电性作用 $\Phi$ 同类的作用 $\Phi_K$ 。如果这二个作用恰好相等(互相补偿)，那末被测量的作用 $\Phi$ 的大小，就可由电流 $I$ 来代表，而用毫安计 $MA$ 来量出。电流 $I$ ，因而也就是补偿作用 $\Phi_K$ ，是由与比

较机构 $H$ 相联系的变阻器 $R$ 来自动地调整。被测的量的数值可由毫安计 $MA$ 的读数或变阻器 $R$ 的接触刷的位置来读出。

### 第一类灵敏元件和发送器

最简单的电气发送器是电气触头，它可认为是电阻的极限情形，突跃地从零变到无限大(意即触头接通时电阻是零，开断时为无限大——译者)。

利用与动力或测量机构相联的接触式发送器，可以产生关于极限情形的信号、传送产品计数的脉冲以及实行继电控制法。

此外，接触式发送器又可用来测量和远距测量，只要把它们与初级测量仪器相联，使测得的结果可由数字、暗号、电气脉冲的长短或频率反映出来。

功用更广的是电阻能够平稳地改变的装置。

制造电气发送器有八种电阻(指广义的，包括电抗等——译者)可以利用：导体的、半导体的、液体的、气体的、真空的(电子的)、电容的、电感的以及互感的。

金属导体具有应变的性能，也就是能感受机械作用和变形；并能