

远动学及其应用

Я. Л. 貝霍夫斯基 著

科学出版社

远动学及其应用

Я. Л. 貝霍夫斯基 著

朱 宝 琰 譯

科 学 出 版 社

1959

Я. Л. БЫХОВСКИЙ
ТЕЛЕМЕХАНИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Всесоюзное учебно-педагогическое издательство, Трудрезервиздат

Москва 1956

內 容 簡 介

本书深入浅出地、系統扼要地介绍了远动学的基本原理和远距离检查系統、远距离控制系統、远动裝置通訊道以及几种型号的远动裝置的作用原理及綫路,并闡明远动学在国民經济各部門中的应用。

本书可供中等以上技术学校教学人員,产业部門技术人員,以及中等以上文化水平的人員閱讀参考。

远 动 学 及 其 应 用

Я. Л. 貝霍夫斯基 著

朱宝璩 譯

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1959 年 12 月 第 一 版

1959 年 12 月 第一次印刷

(京) 0001—6,500

书号: 1984 字数: 69,000

开本: 850×1168 1/32

印张: 2 11/16

定价: 0.42 元

目 录

緒 言	1
第一章 远动学的原理	3
远距离测量	3
远距离调节	8
远距离控制	9
频率制的远距离控制	11
二进制系统	13
电碼脉冲的远距离测量	15
第二章 远动装置的元件	18
机电式继电器	18
选綫器	19
諧振装置	20
电路和滤波器	22
电子管	23
閘流管	24
电子轉換开关	26
半导体仪表	27
第三章 远动装置的通訊道	32
通訊道的頻带	32
通訊頻譜	33
信息容量和頻带	33
有綫通訊綫	34
电力傳輸綫高频通訊	36
无綫电通訊	40
远动通訊道的特性	43
第四章 远动学的应用	46

航空、船舰和火箭	46
动力工程	50
石油工业	62
运输业	65
市政经济	66
冶金和机器制造工业	67
第五章 几种远动装置的简述	70
BPT 装置	70
YTB-55 装置	72
THY-56 远距离测量装置	73
TMT 远动通道多路声频装置	75
第六章 远动学的发展远景	80
参考文献	82

緒 言

生产过程的检查 and 控制的远动化,是我国社会主义工业技术进步的一个主要方向。

近年来,在这一方面的特点是:在远动装置中广泛采用了无触点电子、离子和半导体元件,并且采用了电子计算技术来解决各种复杂机组和自动化装置的綜合远距离控制問題。

远动学——这是一門解决有关自动化設備远距离检查和远距离控制諸問題的技术学科。

对自动化設備的工作进行检查是借助于远距离测量和远距离信号装置来實現的;而对其工作进行控制,則借助远距离控制、远距离調节和远距离指揮等装置来實現的(图 1)。

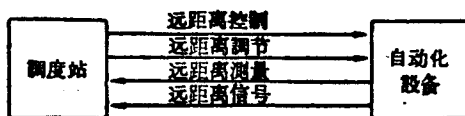


图 1. 远动传输綫路图

同时,这里所指的都是較大的距离,而要克服这点,并节省通訊綫或通訊道的数量,則需要采用一些特殊的方法。

当距离不大可用多路連接綫来完成上述一切功能时,則属于近距离控制和检查的技术。

远动学与自动学有着不可分割的联系,而且只有在自动学发展到一定水平时,才能够得到应用。然而,应当注意到当自动学是非常完善时,检查和控制的必要性也就会减少,因而,远动学的范围也要縮小。

传输远动信号所需解决的一些問題,与传输电话或电报时相同。通訊技术这类共同性的問題,乃是通訊的效率和可靠性,亦即

在最小的畸变下——由于干扰作用或其他一些原因所引起，用最经济的方法传输大量的消息。

对于这一类的问题，下面还将作更详细的论述。这里需要指出的，只是在远动学和电报学、电话学之间有着许多相似之处，同时。通讯装置的很多技术上的解决办法，也可直接应用到远动学领域中。

然而，在电话或电报中，信号的交换，通常是在通讯道两端的人之间进行的。而远动学的特点，则是信号的交换是在自动装置之间，或在自动装置和人之间进行。这就提高了远动信号传输可靠性的要求，并必须将不应通过的信号从所收到的不真实的信号中分离出去，但在电报中，例如对丢掉字母或出现另一字母，则评价相同，只看成是一种差错。

第一章

远动学的原理

远动技术可以分成以下几种基本类型:远距离测量、远距离控制、远距离信号和远距离调节。

同时,可以将远距离控制和远距离信号理解为属于“开”“关”型操作的指令和信号;而远距离调节则理解为对平稳变化的过程进行控制,例如,控制发电机的激磁、汽阀的开度等。这是在动力工程中对远动装置进行分类的方法。

在对飞机或火箭进行远距离控制时,则开关与平稳变化,例如,舵面位置的变化,亦即远距离调节,都包括在远距离控制的概念之内。

远距离测量和远距离信号,都可以用更广泛的概念——远距离检查来加以概括,因为借助它们,就可以对自动装置的工作实现检查。

远距离测量

远距离测量装置可以分成近作用的和远作用的两种系统。

当通讯线的距离为 10—20 公里,则采用近作用的远距离测量系统,此时在通讯线上可以流过与被测量成比例的直流电流。被测量变换为与其成比例的直流电流是借助于变阻器式①发送器、整流器、变压器式变换器等来实现的。例如,我们现在来研究一个带有变阻器式发送器的装置线路(图 2)。

当一次测量仪表 $\Pi\Pi$ 的指针转动时,电位计② R_x 触点的位置

① 变阻器:一种串接在电流电路中的可变电阻。

② 电位计:一种接在分压器线路中的可变电阻。

即有了改变，因此也就使线路中的电流 J 发生变化。电流 J 值决定于系数 $K = \frac{U}{U_0}$ ；而 K 又决定于发送器触点的位置、直流电源的电压 U_0 、线路电阻 R_A 、接收仪表电阻 R_{np} 和平稳电阻 R_δ 。

$$J = \frac{K \cdot U_0}{R_\delta + R_A + R_{np}} \quad (1)$$

从这一公式可以看出，如果平稳电阻和仪表电阻比线路电阻大得多 ($R_\delta + R_{np} \gg R_A$)，则由于线路电阻的变化而引起电流的变化就甚小。

与此同时，还有导线间漏电引起的误差，如果线路的绝缘情况不够完善，则这一误差总是存在的。

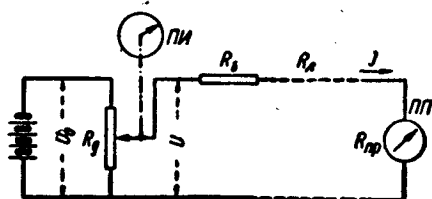


图 2. 带有变阻器式发送器的远距离测量系统

лн——一次测量仪表； R_A ——发送器的电位计； R_δ ——平稳电阻； U_0 ——直流电源电压（蓄电池或整流器）； J ——线路电流；лп——接收仪表； R_A ——线路电阻。

电压 U_0 的变化也会导致接收仪表 лп 读数的误差。

采用平衡系统可以使远距离测量系统的准确度得到显著的提高。

图 3 所示为带有电流光电调节器的平衡式的远距离测量装置 ВЭИ 的

线路图。

在这一系统中，是采用自动调整电流的方法，以使一次测量仪表 лн 的位置和电流之间保持一定的关系，而电源电压或线路电阻的变化，则自动得到补偿，因此，不会影响接收仪表的读数。

这一装置是根据一次仪表 лн 和起补偿元件 КЭ 作用的电磁仪表框所产生的力矩 M_1 和 M_2 的平衡原理而工作的。框内流过的线路电流受光电调节器控制。

仪表轴的转动使带有沟槽的光栏 D 偏转，光束 Φ 通过光栏射到光电管 $\Phi\mathcal{C}$ 上。光电管接在电子管 $\mathcal{L}$ 的栅极电路中，并控制这

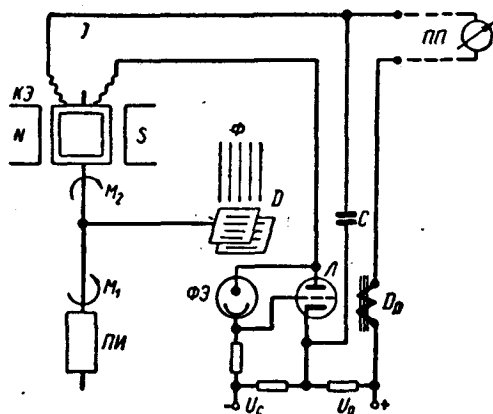


图 3. 平衡式的远距离测量装置(光电补偿系统)BЭИ

ПН——次测量仪表; КЭ——补偿元件; D——
光栏; ФЭ——光电管; Л——电子管; D_p——
整流器; ПП——接收仪表。

个电子管流到线路补偿元件框中的阳极电流。

平衡系统所需的电流强度, 仅决定于 ПН 的旋转力矩 M_2 , 因为 M_2 与 J 成比例。

电压 U_0 和 U_c 的变化或线路电阻的变化, 将自动地得到补偿, 但线路上所出现的洩漏电流, 则不能得到补偿, 因而会引起接收仪表读数的误差。当采用电缆通讯线时, 则由于其参数①变化甚少, 因此, 这种误差在电缆处于完好状态下, 实际上是不存在的。

远距离测量系统应保证读数得到准确的传输, 而不受通讯线的电阻和洩漏电流或其他参数变化的影响。此外, 这类系统还可以在频率通讯道(架空、电缆通讯线复用通道②, 电力传输线高频通道和无线电通道)上工作。

目前得到最广泛应用的远距离测量系统是频率远距离测量系统。在这类系统中, 被测量是用脉冲频率或交流频率来量度的。

① 线路参数: 为表征线路特性的量。分成一次参数: 如电阻、电感、电容和线路单位长度的绝缘电导, 和二次参数: 如特性阻抗、衰减和线路单位长度的相移常数。

② 复用通道——通讯线的附加通道, 用迭加各种不同频率电流的方法来获得。

发送器是一个将被测量变换成频率的变换器，而接收器则是一只按被测量刻度的频率计。

在某些情况下，为了把被测量变换为频率而采用了计数器，计数器的旋转速度与被测量，例如功率，成比例。

在计数器的轴上，可放一断续器，断续器所产生的电流脉冲其频率决定于计数器的旋转速度。

一种较完善的无触点脉冲发送器系统是由 M. П. 楚凯尔曼

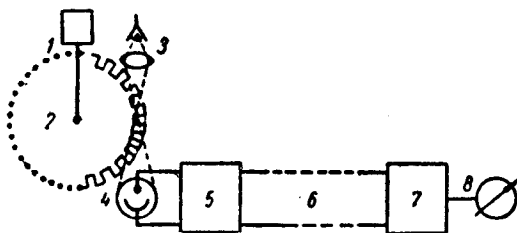


图 4. 光电脉冲远距离测量系统
1——计数器；2——带有齿槽的圆盘；3——光源；
4——光电管；5——放大器；6——线路；7——
频率计；8——指示仪表。

教授研究试制成功的。在这一“光电脉冲”的系统中，由于在光电管前面的带有齿槽的计数器圆盘旋转，打开光束通到光电管的路径，因而在光电管的电路中可得到脉冲（图4）。

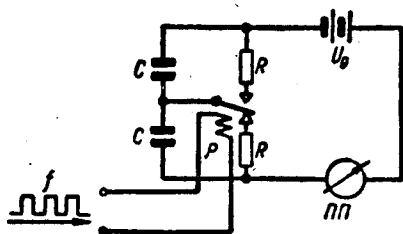


图 5. 带有继电器转换开关的电容器式频率计
P——频率为 f 的远距离测量脉冲从线路
加在其上的继电器； U_0 ——直流电源电
压；C——电容器；R——电阻； $\Pi\Pi$
——接收仪表。

曾经采用了电容器式频率计来作为远距离测量接收器。

带有继电器转换开关的电容器式频率计的作用原理如图5所示。

从线路上流来的脉冲进到继电器P的线圈，由于这一继电器触点动作，就变换为频率为 f 的脉冲

序列。此时电容器C就忽而自电源 U_0 充电，忽而经电阻R放电。

流过接收仪表 $\Pi\Pi$ 的电流平均值等于:

$$J = 2CU_0 \cdot f. \quad (2)$$

当 C 和 U_0 都为常数时, 仪表的读数只与脉冲频率有关, 也就是说仪表是一个频率计。

在现代的装置中, 采用了电子转换开关以代替机电接触式转换开关。图 6 所示为多种电子电容器式频率计线路图的一种。这一线路图与图 5 相似, 但电容器的充电和放电, 是由电子管 Λ_1 、 Λ_2 来完成的, 而不用继电器的触点。

目前, 在苏联得到最广泛采用的远距离测量系统为交流频率系统: 1) 国立地方发电所与输电线路组织及合理化托拉斯-电站 (ОРГРЭС-электропу-льт) 系统 (由 В. Е. 卡赞斯基、Г. П. 米宁和 В. И. 伊万肯研究试制成功); 2) 电

站部中央电工科学研究所 (ЦНИЭЛ МЭС) 系统 (由 В. С.

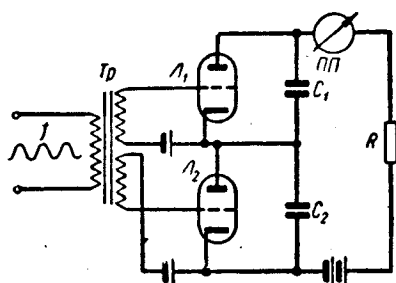


图 6. 电子电容器式频率计线路图
 T_D ——频率为 f 的脉冲或正弦振荡自线路加上其输入端的变压器; Λ_1 和 Λ_2 ——电子管; C_1 、 C_2 ——电容器; R ——电阻;
 $\Pi\Pi$ ——接收仪表。

马洛夫研究试制成功)。

在国立地方发电所与输电线路组织及合理化托拉斯电站系统中, 一次测量仪表是利用转动空气可变电容器 C 的转子的方法, 将作用加到电子管振荡器的振荡频率上 (图 7)。

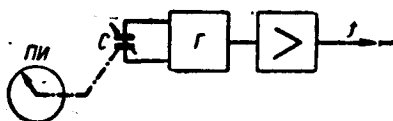


图 7. ОРГРЭС-电站远距离测量系统发送器的结构图

$\Pi\Pi$ ——一次测量仪表; C ——可变电容器; Γ ——电子管振荡器; $>$ ——放大器; f ——由发送器发送到通讯道中的可变振荡频率。

振荡器的频率被调整到几百或几千赫 (通常在 $300 \sim 3000$ 赫①)。

① 赫——测量振荡频率的单位, 即每秒一个周期, 用赫来表示。导出单位: 1 千赫 = 1000 赫, 1 兆赫 = 1000 千赫 = 10^6 赫。

范围内)。

频率的变化范围为 $\pm 5\%$ (例如 300 ± 15 赫或由 285 赫变到 315 赫; 3000 ± 150 赫或由 2850 赫变到 3150 赫等等)。

在中央电工科学研究实验所的系统,被测量用某种方法(例如借助于整流器)变换为与其成比例的直流电流而加到饱和电抗器上,而饱和电抗器则接到振荡器的振荡电路中(图 8),当磁化电

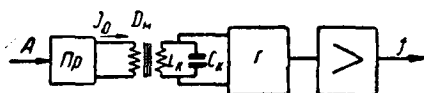


图 8. 中央电工科学研究实验所远距离测量系统的发送器的结构图

A——被测量; Π_p ——被测量变换为直流电流的变换器; D_n ——饱和电抗器; L_K 和 C_K ——振荡电路的电感和电容; Γ ——振荡器; $>$ ——放大器; f ——由发送器所发出的振荡频率。

流 J_0 变化时, 饱和电抗器的电感就发生变化, 因而也就改变了振荡器的频率。

通常发送器的频率在 27—44 赫范围内变化, 且其信号是用来调制更高的载波频率。但在必要的情况下, 中央电工科

学研究实验所的系统发送器其频率也可以调到几百或几千赫。

远 距 离 调 节

在远距离调节系统中所采用的远距离测量装置, 其信号不是加到测量仪表上, 而是加到调节器上。同时还可以进行手动的、程序的或自动的远距离调节。

在第一种情况下(图 9, a)是借助于手调的调节器(譬如电位计)将作用加到远距离测量的发送器上, 而由发送器所产生的信号则被送到通讯线上, 并由接收器所接收, 接收器则控制调节器, 例如, 控制发电站中发电机的频率调节器。

在第二种情况下(图 9, b), 程序装置代替了手调调节器将作用加到发送器上(例如, 也是用这一电位计, 而其滑动片则与一个由钟表机构传动的仿型尺相连)。程序装置的工作是预先按负荷曲线设计的, 并按照负荷曲线选定出仿型尺的模型, 以控制电位计的

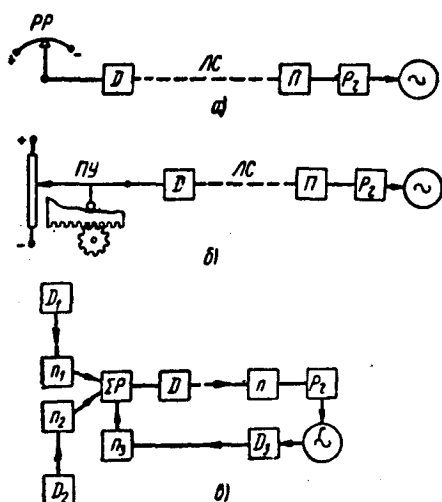


图9. 远距离调节系统

- а——手动的远距离调节：PP——手调调节器；D——远距离测量发送器；ЛС——通讯线；П——远距离测量接收器；P_к——频率调节器；
 б——程序远距离调节：ПУ——程序装置；
 в——自动调节：D₁, D₂, D₃——功率远距离测量发送器；П₁, П₂, П₃——接收器；ΣP——远距离测量加法器；D——调节频率的信号发送器；П——调节频率的信号接收器；P_к——频率调节器；Г——振荡器。

滑动片的移动。

图9所示为按动力系统总功率进行自动的远距离频率调节的一个例子。远距离功率的测量是从各个电站到调度站，而在加法器ΣP中迭加。加法器的读数送到远距离调节装置的发送器上。正如一切自动调节一样，在远距离自动调节时，也有调节的精确度和稳定性等问题。但传输远距离调节和远距离测量信号则都是用相似的方法来实现的。

远 距 离 控 制

目前所采用的远距离控制和远距离信号装置，都是基于各种不同的选择对象法，在通讯线或通讯道中发送某种电码。

分配选择法之所以得到广泛的应用，是因为借助于分配器可使通訊綫交替地从一個綫上轉到另一綫上。这一方法在上世紀是用于印字电报中，而現在則应用到波特（Бодо）机和电传打字机等中。

正象在印字电报波特机中一样，在第一套远距离控制的装置（1925—1930 年期间）中也采用了能够連續轉动带有校正每週同步①的轉換开关（分布开关）的电动机。

目前是采用步进式电话选线器来作为分配器，它只在传输信号时才动作。

远距离控制分配法的原理如图 10 所示。通訊綫两端的分配器上的电刷动作都是一致的（同步的），亦即以同样的速度运动，并占有相同的触点位置。动作开始时，两电刷都位于第一个触点，然后同时轉到第二个触点，等等。

这样一来，如果按下某一电鍵，譬如按下 K_2 ，则当分配器的电刷将这一电鍵与通訊綫接通的瞬間，就使蓄电池的电流电路形成，但由于在这一瞬間，通訊綫另一端上的分配器电刷也将位于继电器 P_2 的触点位置，因此可使这一继电器动作。同样地，按下电鍵 K_3 ，就可使继电器 P_3 动作，等等。

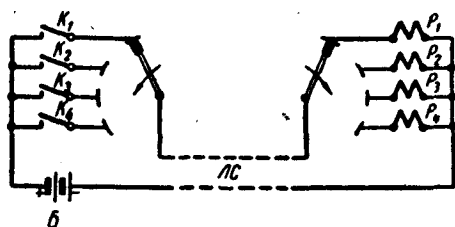


图 10. 分配选择法

K_1, K_2, K_3, K_4 ——控制鍵； P_1, P_2, P_3, P_4 ——接收继电器； $ЛС$ ——通訊綫； B ——蓄電池。

在工程师 P. Л. 訖依列希领导下由电站部中央电工科学研究实验所试制成功的 BPT-48 和 BPT-53 型的远距离控制—远距离信号设备都是建立在分配法的基础之上的。这些设备在

动力系统中均得到了广泛的采用。在第五章中将对 BPT 设备作出更詳細的說明。

① 同步——在旋轉运动或振盪时频率和相位都一致。

頻率制的远距离控制

目前由于頻率制的远距离控制装置的发展，組合选择法已日益受到人們的注意。

图 11 所示为按这一方法传输信号的簡化綫路图，图中有三个通訊道①和三个接收继电器。在发送端有七个控制电鍵。如果一个电鍵也不按下，則三个接收继电器都处释放状态，同时蓄电池的正极則經这些继电器的触点加到 0 标志的电路路上。

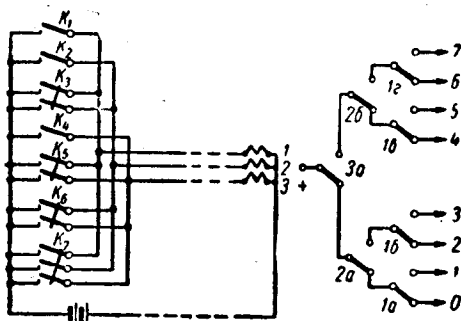


图 11. 組合选择法

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7$ ——控制鍵； $1, 2$ 和 3 ——接收继电器；
 $1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 3a$ ——触点金字塔。

当按下电鍵 K_1 时，继电器 1 便动作，而将其触点 $1a, 1b, 1c, 1d$ 向上移动，从而組成了电路 1。

当按下电鍵 K_2 时，继电器 2 动作，其触点 $2a, 2b$ 移动，并組成电路 2。

当按下电鍵 K_3 时，继电器 1 和 2 动作，則組成了电路 3，等等。

这样，一共可能有八种（或 2^3 ）組合（把 0 位置考虑在內）。

如果控制电路和继电器为 4 个，則組合数增加到 2^4 或 16。在这种情况下，一个继电器就要装有 8 組轉換触点。

① 通訊道——保証信号传输的通訊工具之間的连接，也可以用一定的頻带来表征。

控制电路为 5 时，組合数就等于 32 或 2^5 。总之，当控制电路为 n 时，則組合数等于 2^n 。

表 1 所示为 n 与 2^n 之間的关系：

表 1

$n = 1$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$2^n = 1$	4	8	16	32	64	128	256	512	1024

从表中可以看到，在較少的通訊綫条件下，就可以控制大量的对象。

同时，还可以保証得到远距离控制系统很高的快速动作。

如果信号用直流傳輸，則組合系统的缺点是需要許多通訊綫，除此而外，随着控制对象数目的增加，所謂触点“金字塔”，就变得非常复杂。例如，当有 128 个控制对象时（7 个通訊綫），則在第一个继电器上就应有 64 組轉換触点或 192 个接触弹簧。

这些缺点是可以消除的。

如果利用各种不同的頻率（由滤波器分离出来）来控制各种接收继电器，則可采用通訊綫頻率复用的方法，使所需綫路得到縮減。目前，无触点元件得到了广泛的应用，而代替了复杂的继电器。

图 12 所示为一三通道装置的綫路图，它与图 11 的装置相似，

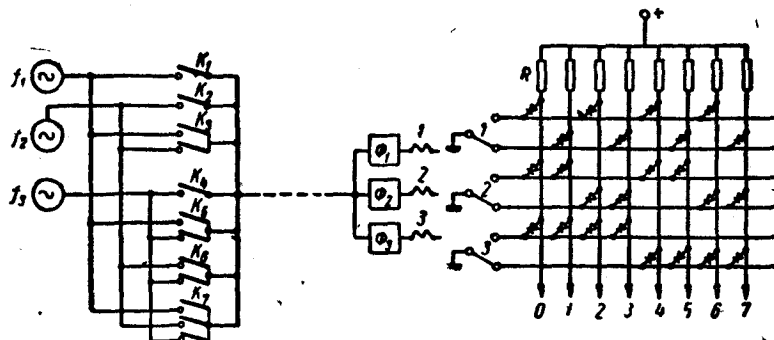


图 12. 带有頻率复用和矩阵譯碼器的組合选择法

f_1, f_2, f_3 ——振荡器； Φ_1, Φ_2, Φ_3 ——滤波器；1, 2, 3——继电器。