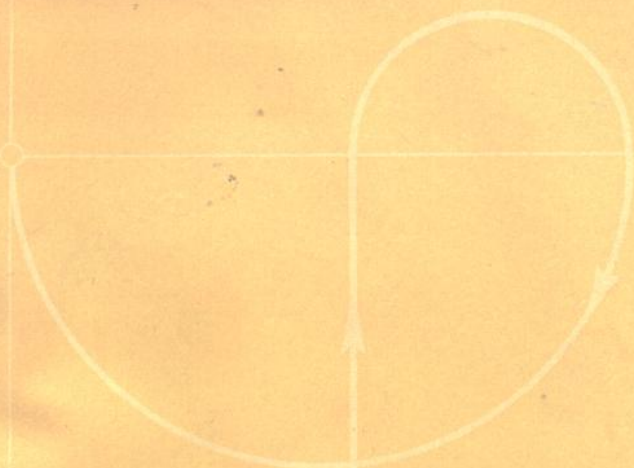


自动化丛书



远动技术

〔苏联〕B. C. 馬洛夫著 陶佩珞 王自琦译

上海科学技术出版社

73.84
444
C.2

自动化丛书

19

远动技术

〔苏联〕B. C. 馬洛夫 著

陶佩珞 王自琦 译

2K59/30

上海科学技术出版社



內 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。丛书内容包括自动学及远动学的理論,自动装置、元件和仪器的結構及应用等。丛书选题主要取自苏联及其他国家的有关資料,也包括国内編写的专题論著。本丛书由“自动化丛书編輯委员会”主編。

本书扼要叙述远动技术的基本原理和构成远动系統(遙控、遙訊系統和遙測系統)的方法。适合初步研究远动技术的工程技術人員及大专学生作参考。

ТЕЛЕМЕХАНИКА

В. С. Малов

Госэнергоиздат • 1960

自动化丛书(19)

远 动 技 术

陶佩珞 王自培 譯

自动化丛书編輯委员会主編

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許可証出 093 号

上海洪兴印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印張 3 排版字數 65,000

1963 年 7 月第 1 版 1963 年 7 月第 1 次印刷 印數 1—4,000

統一書号 15119·1735 定价 (十二) 0.36 元

原 序

远动技术在动力工程、工业企业、运输业、城市公用事业以及国民經济的其他部門中已广泛地应用。

在动力工程中，用远动装置可以检测电站和变电所的运行情况而进行调度。自动化的水电站和变电所内也采用远程控制。远动装置也可用于鉄路的集中调度，在电气鉄道上的自动牵引变电站采用了远程控制。城市街道照明的集中控制、城市水管水泵站以及煤气分配网络中各调节站的控制也采用了远动技术。近年来在石油及天然气的输气管道及输油管道上也都使用了远动技术。远动技术在大型企业的动力设备中的应用正在不断扩大。

在工业企业中要实现全盘自动化和广泛应用远动技术有直接关系。因此，在很多技术部門中工作的专家們，特别是从事自动化工作的工程技术人员对远动技术极为重视。

近年来苏联出版了很多关于远动技术的书籍，这些书籍中阐明了这一学科的某些部分。这些书籍除了有一定的优点外，均有一个主要的缺点，即主要是詳細叙述各种远动装置，而对远动技术的基本原理則談得很少。此外，对远动技术的个别章节（遙控、遙測、通道）是孤立地來說明的。

在这本篇幅不多的书里，作者试图弥补这些缺点，扼要地论述远动技术的任务，以及构成远动系統的主要原則和方法，而具体的遙控和遙測系統仅作为例子來說明。这种編写方法可以使沒有远动技术專門知識的工程师們了解远动技术的主要問題，而讀者可根据需要在参考书籍中找到有关远动装置

的詳細資料。远动技术的基本文献索引則列于书末。

本书篇幅有限，因此要說明远动技术的很多部分是有困难的，对某些部分亦仅能談到其基本問題。

在远动技术及有关的学科中（通訊理論及其他），目前尚无成熟的術語。作者尽可能采用最确切的術語，有时可能和其他远动技术书籍中所采用者并不相同。

目 录

原 序

第1章 远动系統概述	1
1. 基本概念和定义	1
2. 訊息和訊息傳輸系統	5
第2章 远动系統的訊号	17
3. 連續訊号和断續訊号	17
4. 高抗干扰能力的数碼	22
5. 訊号单元的划分	28
第3章 遙測系統	33
6. 概述	33
7. 連續訊号系統	34
8. 断續訊号系統	45
9. 多路系統	56
第4章 遙控和遙訊系統	61
10. 概述	61
11. 遙控裝置中一些重要的环节和部件	64
12. 电路划分(多回路)制遙控-遙訊系統	71
13. 頻率划分制遙控-遙訊系統	71
14. 時間划分制遙控-遙訊系統	75
15. 防止失真訊号执行的保护	81
参考文献	82
附录I 二进制数表	84
附录II 以2为基数的对数表(数目1~50)	85
附录III 某几种訊号的頻譜	86

第 1 章

远动系統概述

1. 基本概念和定义

远动技术是一门学科,也是一种技术,涉及控制生产过程的訊息远距离傳輸和变换的理論和技术。

远距离訊息傳輸系統有很多不同类型,有电报和电话、无线电广播、电视等等。这些系統和远动技术有很多相似之处,所以远动系統能归并到有綫或无线通道訊息傳輸系統的一类中去。上述远动技术的定义强调了它的基本特点,亦即是远动技术属于生产过程控制技术的組成部分,这就使远动技术和控制技术中发展最快的自动技术更为接近。远动系統往往能补自动系統的不足,合在一起来解决生产过程的控制問題。

应当广义地来理解生产过程这一名詞:生产过程既是指工厂、发电厂的生产过程,又是指铁路運輸中車輛行駛的过程,飞机和火箭的飞行等等。

通常远动系統能完成下列任务:

- (1) 生产过程的距离監視;
- (2) 在远方参与生产設備的工作,特別用来改变当地自动裝置的給定值;
- (3) 将在地区上分隔而又属于全部自动化系統中的一部

分的自动化生产设备的工作配合起来(按照一个规律)。

后一任务的进一步发展,就是将远动技术和控制机配合在一起,这时远动系统是自动控制系统的有机组成部分。远动系统将有关各个设备中生产过程进展的讯息,引至安装在中央控制站的控制机中,并将控制机处理这些命令的结果传回给这些设备。

和其他讯息系统一样,远动系统中最重要的任务是克服远距离传输讯息的困难。特别重要的是在建造和使用讯息传输通道的费用为最小的情况下,仍要使讯息传输足够可靠。这样,在选择远动系统的原则中既有技术因素(可靠性),又有经济因素(建造通道的费用)。在既定条件下应用远动系统是否合适,或在几个可能的系统中确定一个系统,通讯线长度并不是用来估算的唯一准则。例如,即使在距离不远的情况下,应用远动装置亦可以是适宜的^①。

远动系统既可用于固定对象,又可用于可动的对象。第一类对象(固定对象)是指工厂、发电厂、石油和燃气采掘场、运输、市政经济中的大部分建筑物。可动对象首先是指飞机、火箭等等。

本书的重点主要是工业和铁路运输中最广泛应用的有固定对象的系统。

遙远控制和遙远监视的固定对象,可能是集中在一个终端上(生产建筑);或是一个一个地分成几个小组,分散在整个企业区域内。用于第一类对象的远动系统称为集中对象系统。第二类系统称为分散对象系统。

^① 在一本美国技术杂志里所描述的一种情况可作为例子来说明这一点。为了把从高压避雷器上所测得的数值传送到大约 10 米远的地点而应用了远动系统。讯号是用调制的尖脉冲形式来传送的,——原注

例如,发电厂和变电所是典型的集中对象,在每一个发电厂和变电所中有很多(几十个)的监视和控制对象(輸电綫、变压器和发电机的断路器),可以从調度端来遙远控制和遙远監視,調度端和发电厂(变电所)之間,通常是直接用通道联系起来的。

石油工业的吸油設備站的远动系統可以作为分散对象系統的例子,整个石油田內許多吸油設備中的每一个設備都可作为单独的执行端。远动系統供很多組象这类执行端使用。

图 1 是两种类型远动系統的通訊綫路的結構特征——集中对象系統(图 1a) 和分散对象的各种系統:輻射式(图 1б)、干綫式(图 1в) 和最常用的树枝形結構(图 1г)。

所有由远动系統傳輸的訊息都可划分为两种类型:

第一类訊息是連續訊息。例如:遙远傳輸被檢測的物理量(电流、功率、压力、液体或气体流量等等)。这些物理量用連續的数值来表达。

第二类訊息是断續訊息,亦即傳輸有限(通常是不大的)数目的消息。照例,断續訊息是当被監視对象的状态改变时才发送的。通常每一对象的有限数目的状态是固定的,往往仅固定对象的极限状态,同时仅傳輸两个状态(例如“合閘、跳閘”,“断开、閉合”,“高于規定值、低于規定值”等等)。在遙控时,即发送命令时(如“合閘-跳閘”,“断开-閉合”),通常也采用断續訊息,但有时亦采用連續的命令(例如,行程、机构位置的变化等等)。正如傳輸連續的物理量时一样,这时就采用連續訊息。

后面将指出,訊息的特征(連續和断續)在很大程度上决定于远动系統的特点。

按照它的作用,远动系統可以用下述方式来划分:

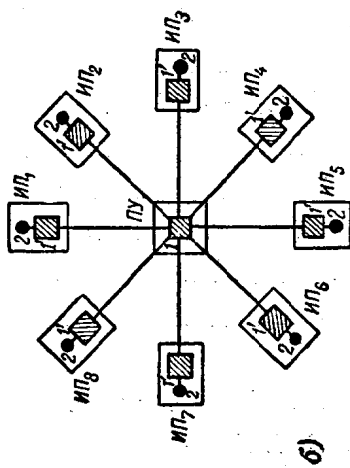
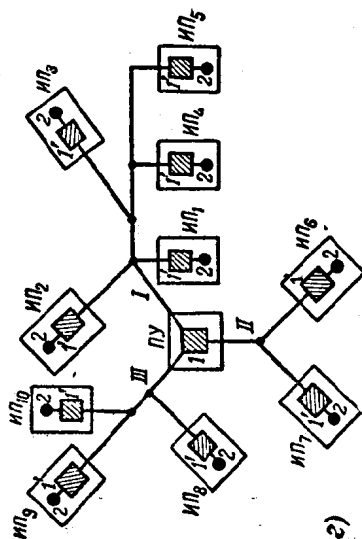
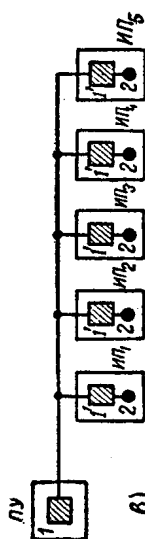


图 1 运动系统通讯线路的结构图
 ПУ—控制端; ИП—执行端; I 和 II—运动装置; 2—控制和监视对象

遙測系統 傳輸被測量的連續數值，以觀察和記錄這些數值，或為了將其引入自動裝置。

遙訊系統 傳輸有關生產過程進程的不同類型的斷續訊息：被檢測參數達到極限值的訊號，發生故障的訊號，工藝裝備開始和退出工作的訊號。遙測和遙訊系統亦稱為遙遠監視系統。

遙控系統 用來傳輸控制生產裝備的命令：裝備的接入和切除、負載和運動速度的改變、液體和煤氣供給量的調節、行程的調節等等。根據命令的特徵，傳輸的訊息可以是連續的（例如，平滑的改變負載），也可以是斷續的（例如，裝備的接入和切除）。在極大多數的工業遙控系統中採用斷續訊息。

2. 訊息和訊息傳輸系統

近年來科學家們創造並發展了一種新的理論學科，這種學科稱為訊息論。訊息論的基本內容是訊息的變換，和在通道中訊息的傳輸問題。研究訊息論所用的數學工具是概率論和統計數學。

在各種運動訊息傳輸系統中，應用訊息論來分析系統的品質是很適宜的。

敘述訊息論的全部內容超出了本書的範圍。但對研究運動系統來講，說明關於這一理論的某些重要部分是十分必要的。

由訊息論可知，訊息傳輸系統由下列元件組成（圖2）：將消息變換為訊號的發送裝置、傳輸訊號的通訊綫路、將訊號再變為消息的接收裝置。從消息源將消息傳輸給發送裝置，發送裝置將訊息傳輸給消息的接收裝置。

訊息傳輸系統的最終目的是要將消息從消息源傳輸給接

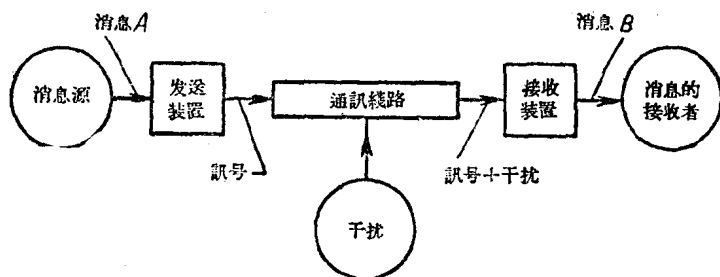


图2 訊息傳輸系統方框圖

收端，如接收端所得到的消息 B 和傳輸的消息 A 完全相符合，那么可以认为已达到目的。但是消息傳輸系統处于干扰的作用下，通訊綫路中傳輸的訊号可能失真，因而接收端得到的消息亦可能是失真的。

我們先来明确一下在叙述訊息傳輸系統中所采用的一些概念。消息是指所有傳輸的量，亦即是所有加在发送端的輸入端上，或是在接收端輸出端上接收到的量。

訊号是物理量的演变过程(例如，固定的連續电脉冲或是固定頻率的电振荡)，单一地相应于某一給定的消息。为了傳輸訊号，发送端和接收端用通訊綫路連接起来，通訊綫路可以是有綫或是无綫的。通訊綫路上往往同时傳輸几个消息，亦即是从几組发送装置将几个訊号傳輸給其相应的接收装置(訊号的多路傳輸)。

所有独立傳輸給定消息所需要的技术工具称为通道。在通訊綫路中多路傳輸訊号就表示在这一給定的通訊綫路上有几組通道(多路通道)。

在消息傳輸过程中所受到的任何干涉作用称为干扰。我們假定干扰加在通訊綫路上。实际上也可能在发送装置或接收装置中产生干扰作用(設備干扰)。

还要明确一下关于訊息的概念，訊息的概念和消息的概念并不完全一样。訊息是消息中所包含的内容，而这些内容是接收端事前所不知道的。

我们将有线电报系统来作为一个訊息傳輸系统的例子。消息的来源是发报者，而消息则是电报原文。显然，并非所有电报原文所含的消息都是接收消息者（即收件人）所不知道的，通常电报内的消息以字数计算，但字数并不代表訊息。

在有線电报訊息傳輸系统中，訊号的发送装置是电报的发送设备。发送设备按照所采用的数码制发出电訊号，在这数码制中原文的每一字母或数字有它固定的电訊号（不同符号的脉冲组合）。这些訊号在导线通訊线路中傳輸，这通訊线路还能用来同时从几个发报器傳輸訊号給相应的接收设备。在通道的另一端上所装的电报接收设备将接收到的訊号譯出，并将电报原文打印在带上或紙上。这样，就将原始的报导資料重新表达出来。这原文还将发給消息的接收者——收件人。

有时在收到的电报原文中发现由于干扰所引起的失真。通道中的干扰（大气中干扰、或是給定的通訊线路中或相邻通訊线路中其他通道的影响）作用可能产生失真，发送或接收电报的设备的誤动作（设备的干扰）亦可能引起失真。当然，失真的消息中所包含的訊息較原始消息中的訊息为少。

图 2 中的例子可以說明訊息傳輸系统的线路。

訊息論可以解决两个和傳輸消息有关的基本問題：

(1) 确定訊号和通道傳輸能力的利用程度，亦即是确定消息傳輸的效能。

(2) 从干扰产生失真的或然率为最小的观点出发，亦即从消息傳輸有抗干扰能力这一点出发来選擇适当的訊号系

統。

上面指出，在訊息論中要用概率論和統計數學來解決上述這些問題，同時在數量上和數學上來評價訊息傳輸系統以及其所傳輸的訊息。

訊息傳輸系統最重要的指標是訊息量。不論傳輸的訊息特征和性質如何，引入這一指標後，可以單一的來評價所傳輸的訊息。

估計產生消息的或然率是確定系統中訊息量的基礎。假如不同消息的總數是 N ，且從這些消息中可能產生任一消息的或然率是相等的话，那麼產生給定消息的或然率與所有可能消息的總數成反比

$$p = \frac{1}{N}$$

當產生消息的或然率不相等時，就不能應用這一簡單的關係式。

假如 N 個消息中每一消息是用所採用的 n 個訊號（符號）的組合來傳輸，或者，換言之，是用 n 個消息單元的組合來傳輸。當消息單元數 n 是常數時，為了要組成 N 個不同的組合，那麼 n 個消息單元中每一單元應有幾個可能狀態中的一個狀態。如這些狀態的數目為 m ，且 m 個狀態中任一狀態出現的或然率是相等的，那麼可能的消息總數為

$$N = m^n$$

訊息量通常用可能消息總數的對數來估算

$$I = \log_a N = n \log_a m$$

訊息量 I 正比於消息單元的數目，因此這種估算的方法是適宜的。

原則上對數的底數 a 可以任意選取，通常取 $a=2$ ，則包

含两个相反状态“是,否”($m=2$) 的一个消息单元的訊息是一个单位訊息量

$$I = n \log_2 m = 1 \cdot \log_2 2 = 1$$

这时訊息量用二进制来计算

$$I = n \log_2 m \text{ [二进制]}$$

上面指出,仅当消息单元的所有 m 个可能状态出现的或然率相等时,这一关系式才能成立。在一般的情况下,当 m 个状态出现的或然率相应地为

$$p_1, p_2, p_3, \dots, p_i, \dots, p_m$$

时,訊息量由公式

$$I = -n \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i$$

来确定。

不难指出

$$I = n \log_2 m$$

是当

$$p_1 = p_2 = \dots = p_i = \dots = p_m = \frac{1}{m}$$

时,一般式的特殊情况。

实际上这时

$$I = -n \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i = -nm \left(\frac{1}{m} \log_2 \frac{1}{m} \right) = n \log_2 m$$

从訊息的概念出发,在接收到消息以前,訊息可以由消息的不肯定程度来表示。显然,如消息单元所有状态出现的或然率是相等的,则消息的不肯定程度为最大。

用例子来说明这一点。假使为了传输所有可能的消息采用由 7 个单元组成的同一长度的訊号,且单元可能状态的数目为 2 ($n=7, m=2$)。

(1) 单元的两个状态的或然率相等

$$p_1 = p_2 = \frac{1}{2} \text{ 或是}$$

(2) 一个状态出现的或然率较另一状态出现的或然率大三倍

$$p_1 = \frac{3}{4} \quad p_2 = \frac{1}{4}$$

在(1)的情况

$$I = 7 \log_2 2 = 7 \text{ 二进单位}$$

在(2)的情况

$$\begin{aligned} I &= -7 \left(\frac{3}{4} \log_2 \frac{3}{4} + \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} \right) \\ &= -7 \left(\frac{3}{4} \log_2 3 - \frac{3}{4} \log_2 4 - \frac{1}{4} \log_2 4 \right) \\ &= -7 \left(\frac{3}{4} \times 1.585 - \frac{3}{4} \times 2 - \frac{1}{4} \times 2 \right) = 5.67 \text{ 二进单位} \textcircled{1} \end{aligned}$$

这样,第二种情况中的訊息量較第一种情况中的为少。

除了上面所分析的可能消息数目是有限的那种情况以外,在連續消息的情况下,上面所列出的計算訊息量的公式都能适用。傳輸任何被測量 x (电流、电压、液体或气体压力、液位等等) 都可作为連續消息的例子; 在这种情况下, 被测数值的数目是无限的。可是为了能得到讀数却只要傳輸有限数目的被测数值。实际上測量系統有“分辨能力”, 分辨能力的量度即是測量誤差 Δx 。因此, 傳輸的被测数值可以加以限制, 这些被测数值間相差 Δx (图 3), 亦即将有限数值 N 来代替連續数值 x

$$N = \frac{x_{\text{макс}} - x_{\text{мин}}}{\Delta x}$$

① 参阅以 2 为基数的对数表 (附录 II)。——原注

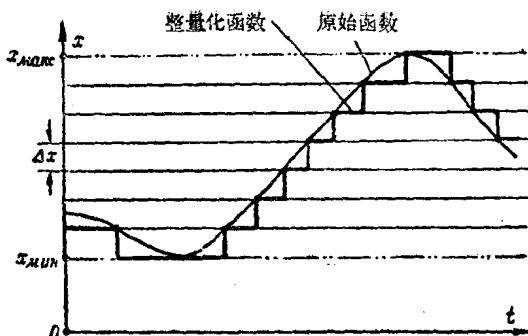


图3 消息整量化过程的表示图

这一处理消息的方法称为整量化, Δx 称为整量步距。整量函数的訊息量亦可以象处理断續消息的方法那样来确定。

对于在通道中傳輸的訊号特征, 有时采用訊号体积的概念。訊号体积 V 是傳輸訊号所必需的頻带 F 、訊号傳輸時間 T 以及訊号功率 P 。超过干扰訊号功率 P_u 的倍数 H 这三个訊号参数(坐标)的乘积

$$V = FTH$$

式中

$$H = \log_2 \frac{P_c}{P_u}$$

虽然在大部分情况下, 例如非周期性脉冲、周期性連續脉冲、頻率調制訊号的情况下, 訊号頻譜是无限的, 而在通道中傳輸的頻带却往往是有限的。为此, 通常在通道的輸入端上接滤波器, 使其仅能通过規定的頻带 F 。这时 F 应选择得使失真程度不超过允許值。例如, 当傳輸脉冲时, 如果在通道的接收端上只要求能发现有訊号存在, 頻譜可以用頻率

$$F = \frac{1}{t_{\text{MIN}}}$$

来限制, 式中, t_{MIN} 为短脉冲的持續時間。