

72.1944
55L
1

电力系统远动原理 及应用 上册

DIANLIXITONG

YUANDONGYUANLI

JI YINGYONG

西安交通大学 盛寿麟 尹更生主编

水利电力出版社

目 录

电力系统远动原理及应用

上册

西安交通大学 盛寿麟 尹更生主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书主要阐述目前国内电力系统中广泛采用的布线逻辑式远动原理,同时也讨论了通道、编码和同步等问题,对新近发展起来的软件式远动原理也作了扼要的介绍,最后较全面地分析了具有代表性的SZY-2型和WYZ-III型两个数字式综合远动装置。

全书共十八章,分上、下两册。上册十二章,主要阐述远动原理。本书可供从事远动工作的人员以及有关专业的教师、学生参考。

电力系统远动原理及应用

上 册

西安交通大学 盛寿麟 尹更生主编

(根据电力工业出版社纸型重印)

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 14印张 312千字

1980年9月第一版

1983年9月新一版 1983年9月北京第一次印刷

印数 0001—9550册 定价 1.30元

书号 15143·5216

前 言

随着电力系统的发展，系统的调度管理水平亦应不断提高。远动技术的出现和发展为电力系统调度管理提供了新的技术手段。在国外，从四十年代开始采用了电力系统远动技术，目前已逐步发展到实现电力系统调度综合自动化，一般变电站都无人值班。自动化、远动化程度是电力系统现代化水平的重要标志之一。在我国，从五十年代开始就采用了电力系统远动技术，目前各电力系统都安装了远动装置。这些装置为保证电力系统安全经济运行起到了重要作用，有效地缩小了故障危害面，缩短了故障处理时间，减少了停电损失，也提高了调度的灵活性。远动技术已成为电力系统安全经济运行必不可少的技术手段，也是实现电力系统现代化的重要技术措施。

我国电力系统中采用的远动装置，随着电子技术的发展，经过几代的革新，从最初的有触点式发展到无触点式，从分立元件发展到集成电路，从纯硬件布线逻辑式远动装置发展到软件式远动装置，工作方式也从1:1发展到1:N。远动技术的发展日新月异。

根据1976年“电力系统远动专业会议”的建议，我们编写了《电力系统远动原理及应用》。本书主要阐述目前国内电力系统中广泛采用的布线逻辑式远动原理，同时也讨论了通道、编码、同步等问题，对新近发展起来的软件式远动原理也作了扼要的介绍，最后较全面地分析了具有代表性的两个数字式综合远动装置——SZY-2型和WYZ-Ⅲ型远动装置。

本书由西安交通大学、电力工业部电力科学研究院计算技术研究所、华东电业管理局电力试验研究所、南京电力自动化设备厂、北京低压电器厂、北京师范大学等单位共同编写，由盛寿麟、尹更生同志担任主编。其中第五章至第七章由陈安乐同志执笔；第八章及第九章的一部分由叶上琪同志执笔；第十五章由范福庆同志执笔；第十六章和第十七章由荣树熙、沈长宁同志执笔；第十八章由梁昌宸同志执笔；其余部分由盛寿麟、尹更生同志执笔。在编写过程中，电力工业部电力科学研究院、北京电业管理局、广东省电力局等科研生产单位提出了宝贵的意见。成都科学技术大学审阅了书稿，在此一并表示感谢。

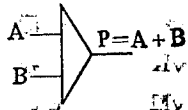
由于我们水平有限，经验不足，书中缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

作 者

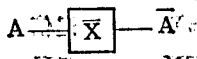
1979.12

本书采用的一些符号和简写代号的说明

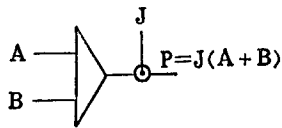
或门



反相器



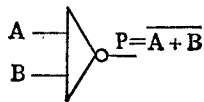
禁止门



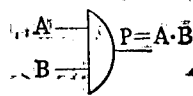
单稳态触发器



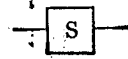
或非门



与门



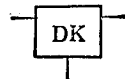
射极跟随器



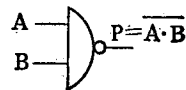
双稳态触发器



电子开关



与非门



B、b	步
BDYS	标度运算
BH	保护
BJ	报警
BJQ	比较器
CD	查灯
CX	信测
d	点
DP	电平
DP _{BHD}	电平保护点

DP _{TX}	特信电平
DP _{yc}	遥测电平
FG	复归
FM	发码
FP、fp	分频
H	或
JC	检查
J	继电器
JS	计数
JX	极性

目 录

前 言

本书采用的一些符号和简写代号的说明

第一篇 电力系统远动装置的基本原理

第一章 电力系统中的远动装置	1
第一节 概述	1
第二节 电力系统远动装置的组成	2
第二章 时序系统	8
第一节 分频器	9
第二节 步分配器	16
第三节 点分配器	22
第三章 遥测量的模-数转换	28
第一节 数-模转换	28
第二节 模-数转换	33
第四章 传统远动装置中遥测量的标度变换与显示	41
第一节 标度变换的一般问题	41
第二节 遥测量的标度变换	48
第三节 遥测量的二-十转换	55
第四节 遥测量的数字显示	57
第五节 遥测量的模拟显示	63
第五章 软件化远动装置的基本概念	69
第一节 硬件及软件	69
第二节 信息的表示	70
第三节 指令	71
第四节 软件化远动装置的工作原理	73
第五节 软件化远动装置的特点及要求	82
第六章 软件化远动装置的工作模式	91
第一节 程序的主循环与时标节拍的关系	92
第二节 踏步同步模式	92
第三节 最大允许响应迟延	94
第四节 程序的扫查	96
第五节 中断模式	99
第六节 中断的硬件实现	101

第七章 软件化远动装置的发展	102
第一节 模拟各种远动装置	103
第二节 组织各种实时计算	103
第三节 厂站端自动化功能的组合	104
第四节 1:N远动装置及计算机接口	104
第五节 远动及数据通信网络	104
第六节 通信控制器模拟	105
第七节 多机系统	105
第八章 用微处理机的远动装置	106
第一节 概述	106
第二节 微处理机	107
第三节 远方终端的结构	108
第四节 远方监控系统的功能	109
第五节 用微处理机的远方监控系统概况	110
第九章 电量变送器、屏幕显示及数据记录	111
第一节 电压变送器和电流变送器	111
第二节 功率变送器	112
第三节 功率总加器	125
第四节 屏幕显示	130
第五节 打印机	135
第六节 事故记录器	135
第十章 远动音频通道	136
第一节 概述	136
第二节 数字频率调制	145
第三节 数字相位调制	153
第十一章 抗干扰编码	175
第一节 概述	175
第二节 分组码	177
第三节 卷积码	197
第十二章 同步	201
第一节 位同步	201
第二节 群同步	207
第三节 载波同步	213

第一篇 电力系统远动装置的基本原理

本篇主要讨论电力系统远动装置中的一些基本问题。第一章介绍了电力系统中传统远动装置的组成。第二章至第四章分析了传统远动装置中的时序系统、遥测量的模-数转换、标度变换与显示。第五章至第七章介绍软件化远动装置的基本工作情况。第八章和第九章扼要介绍了用微处理机的远动装置和电量变送器、屏幕显示及数据记录。第十章至第十二章讨论了音频远动通道、抗干扰编码和同步等问题。这些内容,对于进一步学习远动技术将打下初步的基础。

第一章 电力系统中的远动装置

第一节 概 述

现代电力系统是由若干个发电厂、变电站及相当数量的高压输电线路等组成。电力系统设有调度所,统一指挥系统在正常及事故情况下的运行等工作。大家知道,无论干什么工作都必须了解实际情况,否则就不可能把工作做好。调度工作也是这样,为了管理好电力系统,保证系统运行的可靠性、经济性和良好的电能质量,调度所必须及时地掌握系统的实际运行情况。这就需要能直接监视系统运行的主要参数、主要电厂机组的运行情况及重要断路器投入状态等。只有对系统运行情况有了切实的了解,才有可能作出正确的判断和处理。必要时调度所也可按照运行的实际需要,对系统中一些重要断路器直接进行操作,或对某些电厂的有功、无功出力进行调节。所以,从调度工作出发,一方面需要收集情况,要求发电厂、变电站将断路器的位置信号及主要运行参数等,及时反映给调度所;另一方面,调度所有时也需要对发电厂、变电站发布命令,去直接进行一些操作或调整。但是,调度所和发电厂、变电站之间的距离可达数十甚至数百公里,这就使通常在近距离内传送信号、测量数据、进行操作控制的方法不再适用。为了适应距离遥远的特点,必须采用远动技术。由远动装置在调度所和发电厂、变电站之间传送信息。

目前国内电力系统中的传统远动装置主要完成以下功能:

一、遥信信号(简称遥信YX)

遥信是将被监视厂、站的主要设备及线路的断路器位置信号及其它用途的信号(如厂、站事故跳闸总信号等)传送给调度所。在调度所模拟盘上用灯光信号直接反映,或用其它显示装置反映。

二、遥测测量(简称遥测YC)

遥测测量是将被监视厂、站的某些运行参数传送给调度所。如有功功率、无功功率、

电度、电压、电流、频率等电气参数及热电厂的汽压、水电厂的水位等非电气参数。在调度所可以用表计进行模拟量或数字量显示。

遥测又可分为连续遥测（经常测量，简称常测 CC）和召唤遥测（选择测量，简称选测 XC）两类。有些运行参数需要连续进行监视。如系统中主要发电厂、主要线路的有功功率；系统电压监视点的电压，对这些重要的被测量采用连续遥测。有些被测量平时并不需要连续地加以监视，如一些非重要线路的有功功率、无功功率；水电厂的水位等，只有在调度认为需要时才进行遥测，即召唤遥测（选测）。当调度员需要了解某个参数时，发出选测命令，厂站端收到选测命令后就将需要的数据送往调度端。采用选测方式，对于厂、站来说，只要一路遥测就可按调度的需要传送不同的被测量。选择测量也可采用另一种方式。厂站端把所有需要发送的被测量全部送往调度端。调度端只对那些重要的被测量予以连续显示，其它被测量按需要通过波段开关切换选择显示。这种选测方式与前一种相比，在通道利用率方面显然不如前者。但却免去调度端发送选测命令、厂站端接收选测命令等一串麻烦问题。

我们在后面提到选测时，一般都是指前一种选测方式。

三、遥控控制（简称遥控 YK）

调度所有时需对厂站端设备进行控制，如在事故情况下操作系统中某些断路器；控制水轮机组的启停操作等，这些就是遥控。

四、遥调调节（简称遥调 YD）

调度所直接去调节发电厂的有功或无功出力，这就是遥调。由于主要发电厂的机组都装有频率和有功功率自动调节装置、电压和无功功率自动调节装置。调节这些自动装置的整定值就可改变机组的频率和有功功率、电压和无功功率。所以调度所发出的遥调命令，实际上就是改变这些自动装置的整定值，从而调节整个电厂出力。

第二节 电力系统远动装置的组成

在发电厂、变电站内部要传送信号或数据等时，只要相互间用控制电缆进行联系，一般就可解决问题。但是调度所和发电厂、变电站之间距离遥远，如仍采用此法，显然在技术上和经济上是不合理的。为了克服距离遥远的困难，就需要将待传的消息转换成适于远距离传输的信号再行传送。

在电力系统中，相距比较远的发电厂、变电站和调度所之间，通常都建有高压电力线高频载波通信。远动信息的传送也可借助于高压电力线高频载波通道，进行复用。一般在电力线高频通信载波机上，已为传送远动信息留有一段上音频带；在我国常用2700~3400赫兹频段。因此，可以用“远动音频载波机”将远动信息转换成上音频信号，然后由高压电力线载波机送往远方。例如可以将断路器位置状态“合闸”或“断开”转换成电位的“高”或“低”，再去调制远动音频载波机，成为频率的“高”或“低”；最后由电力线高频载波机发送。在对端将信号接收、解调，由执行部件予以显示。

除了复用电力线高频载波通道外，在有些情况下，也可采用专用电力线高频载波通

道，超短波（特高频）无线通道或微波接力无线通道等。

在距离不太远的情况下，可以和其它有线通信线路复用（如电话线路），将远动信息调制成上音频信号进行传送。也可使用专用有线通道，将远动信息转换成直流电的幅值、极性或交流电的频率等进行传送。

我国目前的远动通道主要是使用复用电力线高频载波通道、复用有线通道和专用有线通道，少量使用特高频和微波接力无线通道。

通道是远动系统的重要组成部分。远动系统工作的可靠性在很大程度上和通道工作情况有关。在远距离传送信号时，通道的投资费用很大，而调度所和发电厂、变电站之间需要传送的信息又比较多，为了使同一通道传送更多的信息，充分发挥通道的作用，就需要采用多次复用的办法。目前有按频率划分和按时间划分两种制式。

按频率划分制式中（频分制），各种远动信号是用不同频率的交流电来传送。例如用频率 f_1 、 f_2 、 f_3 和 f_4 分别代表四种不同的信息（断路器的断、合状态等），这些交流频率信号可以在同一通道中同时传送。为了使传送的各种远动信号互不干扰，在发送端和接收端都设有通带频率滤波器。

在按时间划分制式中（时分制），待传的远动信号是按规定的先后顺序，依次在通道中逐个传送。例如有四个断路器位置状态信号需要传送，可以先送第一个断路器位置状态信号，再依次送第二个、第三个等等。时分制是国内目前远动装置采用的主要制式。

SZY-2和WYZ-III型远动装置采用的就是时分制。在这两种远动装置中，将待传的远动信息（yX、yC等）按时间先后编成一串电码。码的每一位，通常叫码元。装置使用的是二进码，即码元只有两种状态，“0”电平或“1”电平，“0”电平对应0伏，“1”电平对应-12伏。我们就用码元电平的“0”或“1”作为传送信息的内容。例如规定断路器合闸状态为“0”电平，断开状态就为“1”电平。现有四个断路器位置状态信息需要传送，其中2号断路器为合闸状态，其余1、3、4号均为断开状态，按上面规定可得编码脉冲如图1-1。其中第一码元为“1”，表示1号断路器为断开状态；第二个码元为“0”，表示2号断路器为合闸状态；如此

等等。对遥测量也与此相似，把被测量编成一串电码，依次逐位传送。在SZY-2和WYZ-III型远动装置中，每个码元宽度是4毫秒，所以每秒可传送250个码元。在通信中用“波特”作为电码传输速度的单位，每秒传送250个码元，就称为250波特。

在上述远动装置中，每个码元（4毫秒）称为一“步”（b）、若若干步组成一“点”（d）、若若干点组成一个循环。

在时分制中，对发送信号的时间先后顺序必须严格管理、统一指挥。为此，在发送端设有“时序系统”。在哪一“点”、哪一“步”，该发什么信号，完全按事先规定的顺序进行，使整个系统有条不紊地工作。

由于发送的数字信息序列是按规定节拍顺序传送，所以接收端也必须按同样的节拍顺

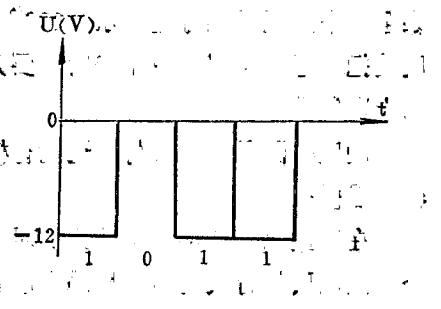


图 1-1. 编码脉冲示例

序接收。收、发两端要步调一致、节拍相同，也就是要“同步”，否则就会乱套。为此，在接收端也装设“时序系统”。收、发两端的时序系统采用相同的高稳定度的晶体振荡器作为推动源。这好比两端各有一块走时相当准确的钟表，它为两端“同步”创造了条件。为了严格维持收、发两地节拍相同，点步一致，在每次传送正常信息前，收、发两地要进行“对表”，通常就是让收端那块表向发端那块表看齐。为实现这点，发端在每次发送正常信息之前，先发一个“同步”信号，收端就根据这同步信号使自己的“时序系统”与发端“时序系统”同步运转。

下面结合SZY-2和WYZ-Ⅲ传统远动装置，扼要介绍其主要组成部分及方框简图。

(一) 遥信和遥测

厂站端发往调度端的有遥信和遥测。如图1-2框图所示。

在遥信中，厂站端把待传的状态信号（断路器位置状态或其它信号）在时序系统的统一控制下，由遥信编码部分编成电码，经调制后由通道发往调度端。调度端也设有时序系统，它用和厂站端相对应的点、步，将送来的信号解调接收，认为合格后就执行，在模拟盘上以灯光显示。

在数字式远动装置中，遥测量也是以电码方式传送。它和遥信在传送方式上是统一的。由于厂站端待传的被测量一般都是模拟量，而传送的电码是数字量，这就需经“模-数转换”部件，把模拟量转换成数字量。为了节省器材，充分利用“模-数转换”部件，达到公用的目的，所以待传的被测量都先经过相应的“电量变送器”统一变换成额定值为5伏的直流电压，再依次送往“模-数转换”部件，变换成二进制电码，然后经遥测编码发送。在调度端将送来的电码接收下来，认可后就执行显示。

但是，经“模-数转换”后送来的一般是二进制码，而人们习惯于十进制，这就需要把二进制电码转换成十进制，即进行“二-十转换”。同时我们希望显示的是实际值。比如220千伏母线电压，经传送接收后，仍应显示“220千伏”。但母线电压的传送要经母线电压互感器、电压变送器、模-数转换部件等环节，每经一环节，其输出量和输入量之间就差一系数。因此，收到的二进制电码经二-十转换后，一般不会正好显示“220”。只有给它乘上一个总系数后才能显示“220”。这就是所谓“乘系数”或“标度变换”。所以在调度端把二进制电码接收下来后，要先经标度变换，再进行二-十转换，最后才能显示实际的十进制数字。

调度端除数字显示外，还设有模拟量显示。因此还有“数-模转换”部件，将数字量转换成模拟量再显示。

在厂站端，为便于工作人员对某些参数进行监视，远动装置中设有“当地显示”部分。按需要将有关的量在厂站端进行显示。故厂站端也设有标度变换和二-十转换部件。

SZY-2装置的遥测量是用二进制传送的，厂站端和调度端都设有标度变换和二-十转换部件。WYZ-Ⅲ装置的遥测量是用二-十进制传送，厂站端装设了标度变换和二-十转换部件，编码发送时就用二-十进制电码，因此在调度端就可免去标度变换和二-十转换，直接进行显示。

厂站端送往调度端的遥信和遥测信息较多，通常把这些信息分成若干组。例如分为第

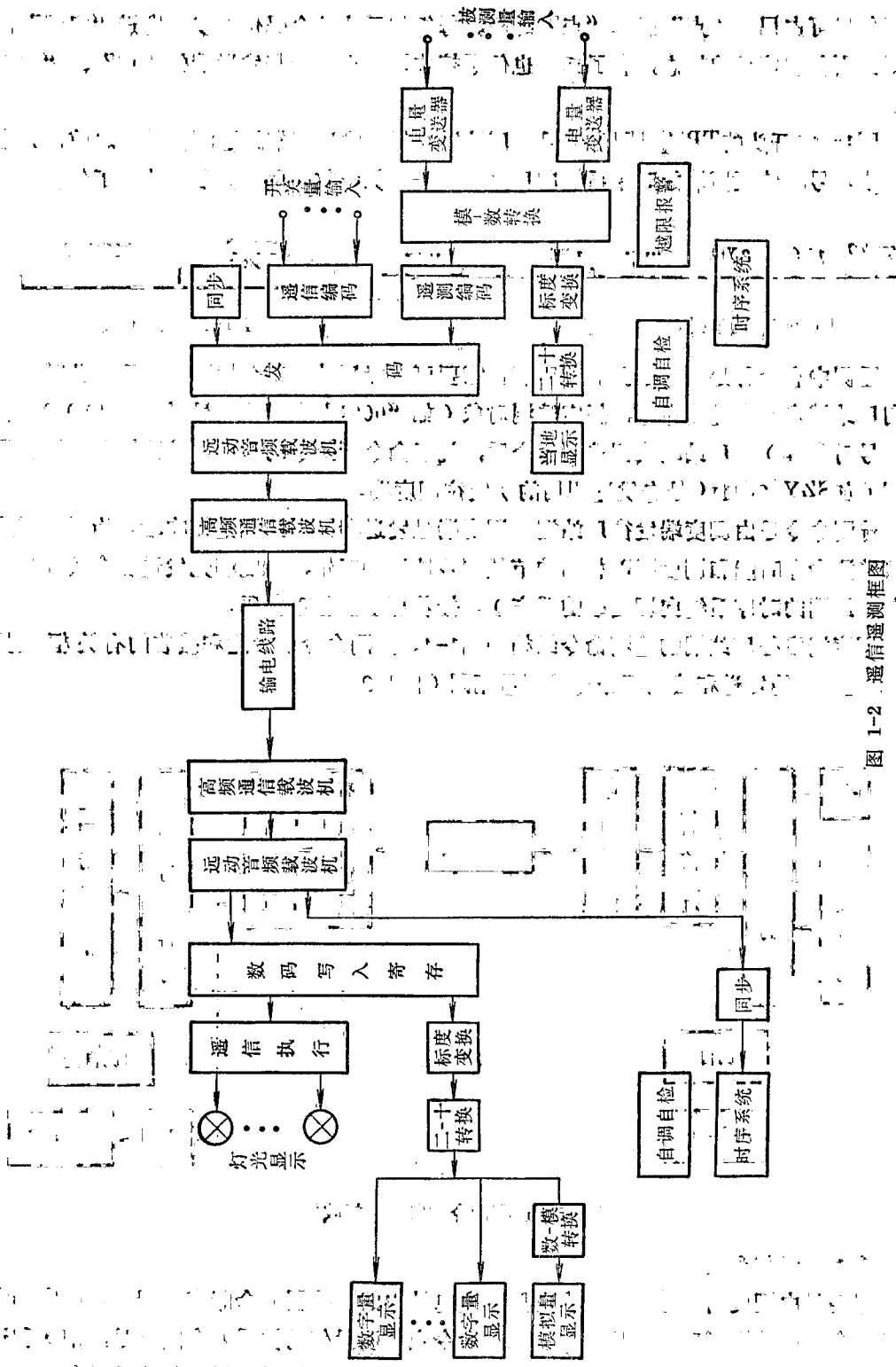


图 1-2 遥信遥测框图

一组遥测 $1yC$ ，第二组遥测 $2yC$ ，……；第一组遥信 $1yX$ ，第二组遥信 $2yX$ ……(图 1-3)。每组信息可占用一“点”或二“点”时间。每组的开头几个码位(步)发送“组码”，组码是区别各组信息的标志，有了组码也便于接收端检查是否与发送端的“点”、“步”一致。

图 1-3 中开头的 $TBYC_X$ 是同步信号。厂站端在每次发送正常的遥测、遥信之前，先发一个同步信号，使调度端的时序系统向厂站端看齐，保证收发两端同步地协调工作。

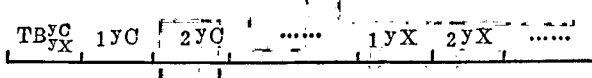


图 1-3 同步码及遥测、遥信的排列



图 1-4 选测命令

遥测中有一种是选择遥测。调度端按需要可选择厂站端某个量进行遥测。此时调度端应向厂站端发一个选测命令，指定选测对象(如“0001”表示选一号对象，“0010”表示选二号对象等)。厂站端收到选测命令后，就把命令所指定的对象自动地接入专用的那路遥测(如SZY-2中 $1yC$ 是专供选测用的)发往调度端。

选测命令是由调度端发往厂站端。调度端是发送端，厂站端是接收端。为了使厂站端接收选测命令时能和调度端以相同的节拍同步地协调工作，调度端先发选测命令同步码(使厂站端的时序系统向调度端的看齐)。接着再发选测对象码。

调度端发往厂站端的选测命令结构如图 1-4。选测命令的发送和接收的有关框图见图 1-5。选测量的发送和接收部分与常测量相同(图 1-2)。

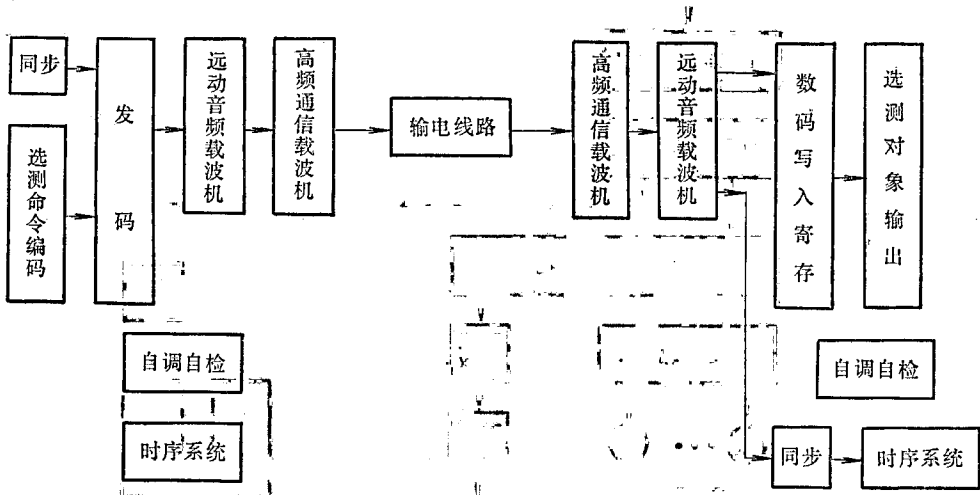


图 1-5 选测命令的发送和接收框图

(二) 遥控和遥调

遥控是由调度所直接去操作发电厂、变电站中的断路器(合闸或跳闸)。调度端发送遥控命令，厂站端正确接收后执行。遥控命令应指明操作的性质(合闸还是跳闸)和选择的对象。因此，遥控命令码中一部分是性质码，说明操作性质，另一部分是对象码，指定

选择对象。

遥控和选测有相似之处，都是调度端向厂站端发布命令。从命令结构来说，除同步码和对象码外，遥控只比选测多送一部分操作性质码。但因遥控直接去操作断路器，所以对传送的可靠性要求比选测更高。

在遥控中，采用了“回送复核”方式以提高操作可靠性。例如要断开1号断路器，调度端除发送同步码外先发送性质码为“断开”、对象码为“1号”的遥控命令。厂站端收到这个遥控命令后并不立即执行，而是将这个命令先寄存下来，并给调度端送回一个表示收到的是“断开1号”的回答信号。调度端收到这个回答信号后，将它与原来发出的命令复核，确认无误后就向厂站端发执行命令。厂站端只有在收到这个执行命令后，才去断开1号断路器。1号断路器位置状态通过遥信传送至调度端后，调度端第三次发的是清除命令，将厂站端寄存器中所存放的原先收到的命令全部清零，准备接收下一次命令。厂站端也可以在命令执行后自行清除。

采用回送信号进行复核的方式，使遥控的可靠性得到提高。

遥控命令码的结构如图1-6。

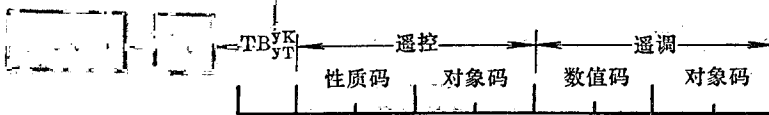


图 1-6 遥控、遥调命令

由于遥控和遥调都是调度端向厂站端发命令，为保证收发两端同步，使厂站端的时序系统能向调度端的对齐，所以调度端先发一个遥控遥调命令同步码TB_{YK}T，接着发遥控性质码和遥控对象码。图1-7是遥控方框简图。

遥调是由调度所直接去调节发电厂某台机组的出力。发电厂中的主要机组都装有自动调节装置，改变这些自动装置的整定值，就可调节机组出力。所以遥调实际上是给有关机组下达给定值。调度所发的遥调命令应表明选择对象和给定值的数字。因此，遥调命令码中一部分是遥调对象码，另一部分是遥调数值码。遥调命令码的结构如图1-6。遥调对可靠性的要求不如遥控那样高，因此不采用回送复核方式。发电厂将遥调命令接收下来，认可后就选对象，并把给定值经“数-模转换”装置转换成模拟量，送给有关机组的调节器执行。

调度所发出的遥控和遥调是完全不同的两组信号，为了便于区别，每组都设有组码。遥控性质码开头的几个码位是遥控的组码。遥调数值码的开头几个码位是遥调的组码。

遥调的方框简图见图1-7。

远动装置除了完成遥信、遥测（包括选测）、遥控、遥调这些基本任务外，厂站端还可以进行“当地显示”，还可附有“越限报警”部分（图1-2），即装置可对某些量进行监视，当被监量超越规定的上限（或下限）时，就发出告警信号。

此外，为了对装置的运行性能进行检查，及时发现问题，便于调试和维修，装置中还设有自调自检部分。

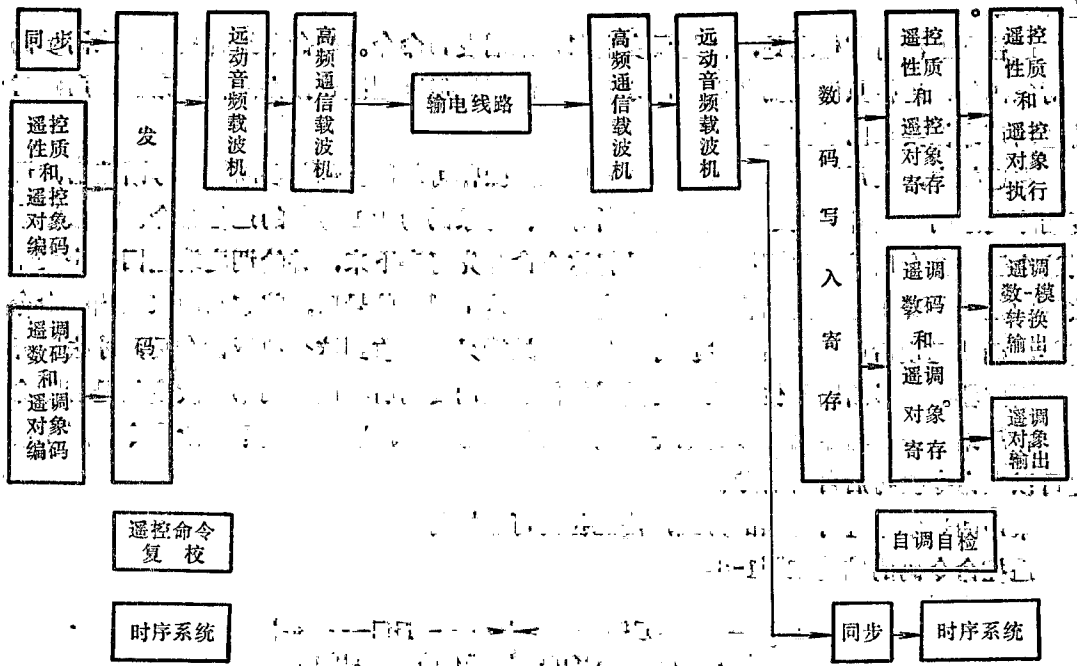


图 1-7 遥控、遥调框图

以上主要介绍了传统运动装置的工作概况。这种运动装置通常都是以专用的布线把逻辑元件按规定的要求连接起来以实现预定的功能。按这种方式构成的运动装置称为布线逻辑式或硬件式运动装置。随着电力事业的发展，自动化水平不断提高，对运动系统也就提出了更高的要求，而科学技术特别是计算技术的发展也为运动技术开辟了新的途径。目前，除硬件式运动装置外，已经出现按软件方式工作的运动装置，它的工作方式比较灵活，适应性较强，功能也有所扩大，除遥测、遥信、遥控和遥调外，尚可具有信息交换和再分配以及组织各种实时计算等的功能。关于软件化运动装置的基本情况，将在第五章至第八章中介绍。

第二章 时序系统

国内电力系统中应用的数字式运动装置，目前一般都采用“时分制”。运动信号按时间先后顺序，一步一步地在通道中传送。机器内部的各种操作和运算，也都是照预先规定好的程序有条不紊地进行。时间的先后顺序称为“时序”。

为使收发两端以及整个机器能协调地工作，运动装置在两端都设有主控振荡器（简称主振或脉冲发生器MF）的时序部件。由它产生“点”、“步”以及其它控制信号，它是运动装置中最基本的—个部件。

这一章主要讨论如何对主振脉冲进行分频，以获得“步”、“点”等控制信长。

第一节 分 频 器

在SZY-2和WYZ-III型运动装置中采用石英晶体振荡器作为时序脉冲的振荡源，这是为了使振荡频率高度稳定。主振的频率是10千赫（周期是0.1毫秒）。为获得较低频率的脉冲，就需进行分频。

利用双稳态触发器二进制计数电路来实现分频，是常用的分频方式。双稳态触发器有两个稳定状态，这可和二进制中的“0”和“1”相对应。一个双稳态触发器就相当于二进制的二位。

假定图2-1中的触发器Z原处于“0”态，触发器采用正跳变触发方式，并在计数输入端加入一串计数脉冲 m_{js} 。

当第一个脉冲到来时，触发器Z在计数脉冲 m_{js} 正跳变时翻转，由原来的“0”翻为“1”。当第二个脉冲到来时，触发器Z又在 m_{js} 正跳变时翻转，由“1”翻为“0”。输入脉冲不断到来，Z就不断翻转。由波形图可见，每输入两个脉冲就输出一个脉冲，即输入脉冲的频率是输出脉冲频率的两倍。一级二进制计数电路的分频系数是2。要获得更高的分频系数可采用多位二进制计数电路。

多位二进制计数电路是怎样工作的呢？我们知道，在二进制中是“逢二进位”，即1 + 1 = 10。就是说，每当遇到本位是1，又要加1时便使本位变0，同时向前位加1。如果从0开始计数，那么二进制计数次序如表2-1。仔细观察每位变化情况，可以发现第一位是每计一次，变化一次状态（由“0”变“1”、或由“1”变“0”）；以后各位是在它的低位由“1”变“0”，也就是低位有进位时状态才有变化。

表 2-1

十进制	个位	十位	百位	千位
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	0	0	0
3	1	0	0	0
4	0	0	0	0
5	1	0	0	0
6	0	0	0	0
7	1	0	0	0
8	0	0	0	0
9	1	0	0	0
10	0	1	0	0
11	1	0	0	0
12	0	1	0	0
13	1	0	0	0
14	0	1	0	0
15	1	0	0	0

表 2-1

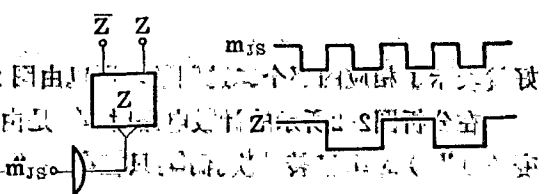


图 2-1 一级二进制计数电路

根据这个规律，我们可用四个触发器接成一个四位二进制计数器如图2-2。我们仍假定触发器采用正跳变触发。在计数开始前，各触发器都处于“0”态。然后在计数端加入一串计数脉冲 m_{js} 。

当第一个脉冲到来时，触发器 Z_1 由“0”翻为“1”，它的 Z_1 端由“0”变