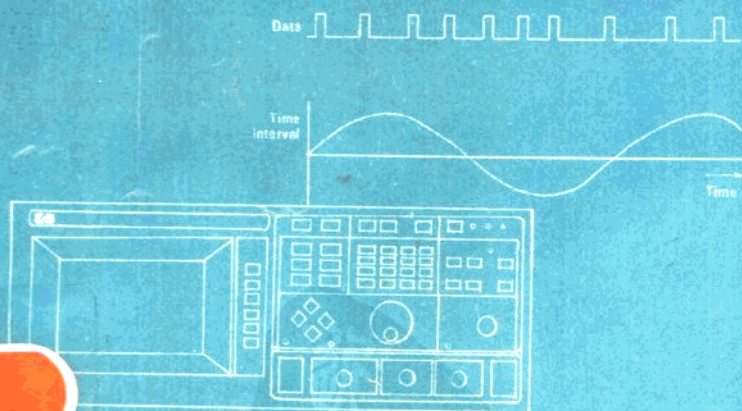


电信测量与仪器

戴宗泽



东南大学出版社

169031

TN806
4333

电信测量与仪器

戴宗泽 编

东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

内 容 提 要

本书以电子测量和计算机辅助测试理论为基础,分 10 章系统地讨论了电信测量的基本原理和主要方法且全面介绍各类电信测量仪器的组成结构及其工作原理。

本书可作为高等院校通信类专业测量课程的教材,也可供从事电信领域工作的工程技术人员阅读参考。对本书内容作适当删选后,也可作为中专、技校相关专业的教学用书。

责任编辑 雷家煜

电信测量与仪器

戴宗泽 编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210018)

南京邮电学院印刷厂印刷

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 8.5 字数 229 千

1995 年 4 月第 1 版 1995 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—4000 册

ISBN 7-81050-005-8/TN·2

定价:8.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

前 言

电信测量在发展电信建设事业中具有重要的地位和作用。电信测量技术的进步和测试仪器的更新换代将有助于加快电信科学技术及生产现代化的步伐。同时,电信事业的飞速发展,特别是新型通信方式的不断采用,又会进一步促进电信测量水平的提高和新一代测试仪器的产生。

作为电子测量的一个重要分支,电信测量在电子测量基本理论的基础上,为适应电信发展的需要,通过融合计算机和数字信号处理等高新技术,采用大规模集成电路等新型器件,已形成了一整套比较完整的测量手段和相应的测试仪器系列。本书就是根据这一特点,通过将一般电子测量的重点内容与电信测量内容综合为一体,并以计算机辅助测试为主线,来全面系统地介绍电信测量及相关仪器的基础知识。

本书共 10 章,内容分为两大部分,第一部分(1~5 章)阐述了电信测量的基本概念和以畴域划分的主要测量技术,并从测量信号源、信号特性分析仪器以及数字式仪器等几个方面重点介绍了通用电信测量仪器。第二部分(6~10 章)通过对模拟通信、数字通信、数据通信和光纤通信等几种主要通信系统测量内容和方法的讨论,分门别类地介绍专用的电信测量仪器。最后以通用接口系统为重点简要给出自动测试系统的组建过程。

本书在编写上采用由浅入深、由旧到新、由个别到系统的循序渐进方式,并注意叙述的条理性、系统性,力求做到内容丰富、层次分明、简明扼要、重点突出。本书可供通信专业的工程技术人员阅读参考,也可作为有关大中专院校师生的教学用书。

本书承蒙郭世满教授和朱滋浩副教授审阅,在此表示诚挚感

谢。

作者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

作者

1995 年元月

目 录

1 绪论	1
1.1 电信测量的基本概念	1
1.1.1 电信测量的内容和特点 1.1.2 电信测量的技术与发展	
1.2 电信测量仪器及系统	5
1.2.1 电信测量仪器的类型和特点 1.2.2 电信测量仪器的组成与发展 1.2.3 电信测量系统的组建	
1.3 测量误差的基本概念	10
1.3.1 测量误差的主要来源 1.3.2 测量误差的表示方法 1.3.3 测量误差的分类	
思考题	14
2 基本电信测量技术	15
2.1 时域测量技术	16
2.1.1 时域测量的基本原理 2.1.2 时域测量的主要方法 2.1.3 常用的时域测量仪器 2.1.4 通用示波器 2.1.5 取样示波器 2.1.6 时域测量技术的应用	
2.2 频域测量技术	33
2.2.1 频域测量的基本原理 2.2.2 频域测量的主要方法 2.2.3 常用的频域测量仪器 2.2.4 频率特性测试仪 2.2.5 频域测量技术的应用	
2.3 数据域测量技术	41
2.3.1 数据域测量的基本原理 2.3.2 数据域测量的主要方法 2.3.3 常用的数据域测量仪器 2.3.4 数据域测量技术的应用	

2.4	随机测量技术	46
2.5	调制域测量技术	48
	思考题	51
3	电信测量信号源	52
3.1	合成信号源	52
3.1.1	直接合成法	
3.1.2	锁相合成法	
3.1.3	数字合成法	
3.1.4	程控频率合成器	
3.1.5	合成信号源的使用与误差	
3.2	扫频信号源	66
3.2.1	扫频信号源的工作特性	
3.2.2	扫频信号源的组成原理	
3.3	脉冲信号源	68
3.4	函数发生器	70
3.5	数字信号源	71
3.5.1	数字信号源的组成原理	
3.5.2	伪随机序列发生器	
3.5.3	数字信号源的工作特性	
3.5.4	数字信号的微机产生	
3.6	测量信号源的正确使用	75
	思考题	76
4	电信测量信号与网络分析仪	78
4.1	失真度测量仪	78
4.1.1	基波抑制法(单音法)	
4.1.2	交互调制法(双音法)	
4.1.3	白噪声法(动态法)	
4.1.4	现代失真测量系统	
4.1.5	失真度测量仪的使用与误差	
4.2	调制度测量仪	85
4.2.1	调制参数的测量方法	
4.2.2	调制度仪的组成结构	
4.2.3	调制度仪的使用与误差	
4.2.4	调制度测量的智能化	
4.3	频谱分析仪	91
4.3.1	模拟式频谱分析仪	
4.3.2	数字式频谱分析仪	
4.3.3	频谱仪的工作特性	
4.3.4	频谱分析的自动化	
4.3.5	频谱仪的使用与误差	
4.4	网络分析仪	99
4.4.1	网络分析仪的功能	
4.4.2	低频网络分析仪的工作原理	

4.4.3	网络分析的自动化	
4.5	信号分析仪器的正确使用	102
	思考题	103
5	数字式电信测量仪器	104
5.1	数字计数/计时器	104
5.1.1	基本计数电路	
5.1.2	通用计数器的的工作模式	
5.1.3	通用计数器的误差分析	
5.1.4	数字计数器的智能化	
5.2	数字相位计	112
5.2.1	相位测量的数字化	
5.2.2	数字相位计工作原理	
5.3	数字电压/多用表	113
5.3.1	电压测量的数字化	
5.3.2	直流数字电压表	
5.3.3	数字电压表的工作特性	
5.3.4	数字电压表的干扰与防护	
5.3.5	数字多用表的组成原理	
5.3.6	数字多用表的智能化	
5.4	数字存储示波器	122
5.4.1	数字存储示波器的组成结构	
5.4.2	数字存储示波器的工作原理	
5.4.3	数字存储示波器的工作特性	
5.4.4	数字存储示波器的性能特点	
	思考题	128
6	模拟通信测量与仪器	129
6.1	概述	129
6.2	通信线路测量的基本内容和方法	130
6.2.1	定期测量	
6.2.2	障碍测量	
6.3	电平振荡器	136
6.3.1	电平振荡器的组成结构	
6.3.2	差频振荡器的工作原理	
6.3.3	锁相式电平振荡器	
6.4	选频电平表	139
6.4.1	电平表的组成结构	
6.4.2	选频测量的原理	
6.4.3	锁相式选频电平表	
6.5	传输测试器	141
6.5.1	传输测试器的组成	
6.5.2	传输测试器的统调	
6.5.3	传输	

测试器的工作特性 6.5.4 选频测量的自动化	
6.6 杂音测试器	145
6.6.1 杂音测试器的工作原理 6.6.2 杂音测试器的组成结构	
6.6.3 杂音测试器的性能指标和应用	
6.7 线路障碍脉冲测试器	149
6.7.1 线障脉冲测试器的工作原理 6.7.2 线障脉冲测试器的组成结构 6.7.3 线障脉冲测试器的数字化	
6.8 通信线路测量的自动化	152
思考题	153
7 数字通信测量与仪器	155
7.1 概述	155
7.2 PCM 通路特性主要指标及测试	156
7.2.1 话路特性指标测试 7.2.2 2048Kb/s 接口指标测试	
7.3 PCM 通路特性测量仪表	166
7.3.1 PCM 话路特性测量仪 7.3.2 PCM 通路特性测量智能化	
7.3.3 PCM 通路特性测量智能化	
7.4 误码率测试仪	169
7.4.1 误码率测试仪的作用 7.4.2 误码率测试仪的组成结构	
7.4.3 误码率测试仪的工作原理 7.4.4 误码率测试仪的测试方法	
7.4.5 智能化误码分析仪	
7.5 相位抖动测试仪	176
7.5.1 相位抖动测试仪的作用 7.5.2 相位抖动测试仪的组成结构	
7.5.3 相位抖动测试仪的工作原理 7.5.4 相位抖动测试仪的测试方法 7.5.5 智能化相位抖动分析仪	
思考题	188
8 数据通信测量与仪器	189
8.1 概述	189
8.2 数据传输特性测量及仪器	192
8.2.1 传输信道的测试 8.2.2 调制解调器的测试 8.2.3 数据传输特性测试仪器的种类及特点 8.2.4 调制解调器测试仪的特点	

8.3	数据终端设备测量及仪器	202
8.3.1	数据通信协议的基本概念	
8.3.2	数据通信协议的测试方法	
8.3.3	协议分析仪及其应用	
8.4	逻辑分析仪	209
8.4.1	逻辑分析仪的基本组成	
8.4.2	逻辑分析仪的工作方式	
8.4.3	逻辑分析仪的触发与跟踪	
8.4.4	逻辑分析仪的性能特点	
8.4.5	逻辑分析仪的发展状况	
	思考题	217
9	光纤通信测量与仪器	218
9.1	概述	218
9.2	光纤传输特性的测量	220
9.2.1	光纤损耗的测量	
9.2.2	光纤频带宽度的测量	
9.2.3	光纤色散的测量	
9.3	光源	225
9.4	光功率计	226
9.5	光时域反射仪(OTDR)	228
	思考题	231
10	自动电信测试系统	232
10.1	概述	232
10.2	标准接口系统	234
10.2.1	概述	
10.2.2	GPIB系统的基本性能	
10.2.3	GPIB系统的 母线结构	
10.2.4	GPIB系统的组成结构	
10.2.5	GPIB系统的接口 功能	
10.2.6	GPIB系统的消息传递	
10.2.7	GPIB系统的接口实现	
10.3	自动测试用计算机	241
10.4	自动测试软件	244
10.4.1	测试软件的编制	
10.4.2	BASIC语言的扩充	
10.5	测量仪器的程控	247
10.5.1	可编程仪器的程控方法	
10.5.2	可编程仪器的寻址和远控/ 本控切换	
10.5.3	仪器消息的编码格式	
10.6	自动测试系统的组建	251

10.7 典型的自动测试系统示例.....	253
思考题.....	257
参考文献.....	259

1 绪 论

1.1 电信测量的基本概念

科学是建立在严格数量观念之上的。而测量就是利用专门的技术工具,通过实验的方法获得客观事物定量信息的过程。这样,测量仪器与技术就成为认识和改造自然,促进生产力发展必不可少的工具和手段。

在当今“信息”社会时代,利用电子技术来进行的电子测量,在高科技、尖端技术和现代化生产等各个领域中更是发挥着重要的作用。各种电子测量仪器已成为现代化建设最基础的设备之一。

同样,作为电子测量的一个分支,电信测量技术和仪器也是发展现代通信最有力的手段与工具。其技术进步和发展的水平将直接影响到通信建设事业的发展、通信设备的技术改造以及通信质量的进一步提高。并且,电信测量工具与手段的现代化已成为电信科学技术及生产现代化的重要条件和明显标志。

1.1.1 电信测量的内容和特点

广义上讲,凡是借助电信号来完成信息传输的系统均可视为通信系统。但通常根据信道的传输媒介不同,将通信系统分为有线电信和无线电通信两大类,本书所讨论的电信测量主要是指对有线电信系统的测量。

电信测量主要是对电信系统中的传输、交换、终端等设备进行测试。尽管各类电信系统的通信方式不一,要求进行的具体测试项

目会有所不同,但测试的对象和所采用的测试技术及方法往往带有相关性。一般需要测试的内容有:

(1) 电信设备中电路及元、器件的电气参数。如电路的阻抗和电抗、晶体管或集成器件的特性参数等。

(2) 电信设备的工作状态。如信号的波形、频谱、电平、频率、相位和调制度等。

(3) 电信系统的特性与技术参数。如传输特性、频率响应、回波损耗以及数字通信电路的时序与逻辑等。

(4) 电信系统的性能与质量指标。如失真度、串杂音、信噪比、相位抖动、传码率和误码率等。

随着现代化电信技术的飞跃发展,电信测量具有如下特点:

(1) 频率范围较宽。从直流电报、明线音频电话至大容量频分制载波电话系统,测量频率的覆盖范围可达几兆赫。并且,随着数字通信中大容量时分复用系统的引入,使得测量向更高频率上发展。

(2) 灵敏度高、动态范围宽。电信系统中的信号电平通常很低,输出功率微小,而有用信号电平与串杂音的电平之间可以相差好多个数量级,这就需要能进行高灵敏度、多量程、宽动态范围的测量。

(3) 精确度高。现代电信技术对工作参数和性能指标的要求比较严格。如对多路复用系统中的相干解调载波频率或定时抽样脉冲周期的稳定性和准确度要求很高,这就需要具备能进行高精度测量的手段。

(4) 速度快、实时性强。由于电信系统中信息传输的速率不断提高,各种调节、补偿、均衡技术广泛应用,加之邮电通信具有不间断性,所以需要能进行快速、实时的在线测量。

根据获得测量结果的方式不同,电信测量的方法分为直接测量、间接测量和组合测量三种。

(1) 直接测量法。是指对待测量进行直接获取量值的测量方

式。利用直读式或比较式测量仪器所进行的都是直接测量,其精度主要取决于仪表或标准元件的精度。

(2) 间接测量法。是指先对与待测量相关的量进行直接测量,再由它们之间的关系式换算出待测量的测量方式。由于计算过程中的误差积累,其测量精确度不如直接测量法。

(3) 组合测量法。是指同时运用直接和间接测量法,综合两者结果得出待测量的测量方式。

由于直接测量误差积累少,精确度高,且简便易行,故电信测量大都采用直接测量的方法。但对那些不宜直接测量的量,也采用间接测量的方法。

1.1.2 电信测量的技术与发展

在当今世界上,各种各样的新技术、新成果和新产品层出不穷。在这些高新科学技术的带动下,电信也正朝着数字化、大容量、高速率、多功能和计算机控制以及智能化方向发展。同时,为了适应这种发展趋势,新的电信测量技术不断产生,测量设备不断更新,测量水平不断提高。伴随着电信科学技术的发展,电信测量也正朝着宽频带、全量程、高精度、高效率、低成本、快速实时和全自动化、智能化方向发展。

由于新的通信方式和手段的不断出现,给电信测量带来了许多新的课题,同时,也对电信测量提出了更高的要求,促使电信测量技术与设备不断更新换代。

近年来,数字通信、数据通信和计算机通信网技术的迅速发展,使得传统的模拟域(时域和频域)测量技术已不能满足对数据域测量的需求。为了解决这个矛盾,相应的数据域测量技术及仪器正在蓬勃兴起。

在现代通信系统中,所使用的调制技术和电路越来越复杂,传统的测量技术已很难胜任对这些容限越来越严格的系统所进行的全面测试工作。为了解决这些难以用传统方式或不可能用传统方式解决的问题,新兴的调制域测量技术已经问世。它为快速定性

或定量观测那些在现代通信系统中使用得越来越多的各种复杂信号提供了一种新方法,并建立起一个崭新的测量领域。

随着通信容量的不断扩大,为了确保多路通信的畅通无阻,经常需要对每一通路的诸多特性参数同时进行监测,这很难由人工测试完成,必须实现自动化测量。而由计算机与可编程测量仪器通过接口设备组合而成的自动测试系统,能够完成这类多参数、高精度、快速实时的自动化测量。因而,在电信测量领域内,各种各样的自动测试系统及设备正应运而生,逐步发展和完善起来。

随着数字技术、微电子学与计算技术的深入发展和相互渗透,超大规模集成电路和微处理机已进入了电信测量仪器及系统,电信系统的计算机辅助测试(CAT)也作为一门新技术开始在电信科学研究与工程技术等各个领域内得到重视和应用。

目前,计算机辅助测试主要包含下列三方面内容:

(1) 在测量仪器中装入微处理器系统,充分利用其控制、存储和运算处理能力,使仪器功能具有一系列智能化的新特点,构成智能仪器。

(2) 借助标准接口系统,将计算机与可编程测量仪器结合在一起,构成由计算机执行自动测试软件,实行程控测试,数据采集以及运算处理的自动测试系统。

(3) 用标准通用的个人计算机代替每台智能仪器中的微处理器和人机接口,并采用插入式结构把个人计算机与仪器的插入式测试功能模块连在一起,构成个人计算机仪器系统。

总之,计算机辅助测试技术已为电信测量领域开辟了广阔的前景。在微计算机软、硬件资源的支持下,新颖的测量技术、方法和设备将不断涌现,使电信测量的面貌焕然一新,能够适应现代电信发展的需要。

1.2 电信测量仪器及系统

1.2.1 电信测量仪器的类型和特点

从不同的观点与角度出发,电信测量仪器可以有各种不同的分类方法。如果按所能应用的范围,电信测量仪器可分为通用的和专用的两大类。

(1) 通用电信测量仪器

电信业需要的测量仪器门类极其广泛,基本上涵盖了全部的电子测量仪器。大部分通用的电子测量仪器,如信号源、电压表、频率计、示波器等,都可视为通用的电信测量仪器。

通用电信测量仪器还可以按其仪器功能,再分为信号发生器、电压测量仪器、频率时间测量仪器、元件参数测试仪器、信号特性分析仪器和电路与系统特性分析仪器等几大类。

通用电信测量仪器按其待测量所在畴域的特性与分析处理方法的不同,又可分为频域的、时域的、数据域的、调制域的等多种类别。

通用电信测量仪器还可以按工作频段、按测量原理、按测量精度、按结构特点、按操作方式或按使用条件等方法来进行分类。

(2) 专用电信测量仪器

与有较宽适用范围的通用仪器不同,专用仪器是为特定目的而专门设计的,它只能适用于特定的测试对象及测试条件。如交换机传输衰耗测试仪、话路图示仪、信令监测仪、ISDN 线路测试仪等,这些只能用于电信业的测量仪表一般都视为专用的电信测量仪器。

专用电信测量仪器按其特定的设计目的和用途的不同,又可以分为载波通信、数字通信、数据通信、光纤通信、通信线路等几种类型。

电信测量仪器,无论是通用的还是专用的,根据仪器的工作原

理不同,都可分为模拟式和数字式两大类。模拟式仪器把具有连续特性的被测量变换成具有连续特性的模拟量,以得到被测量的数值。而数字式仪器是通过模—数变换器,把具有连续特性的被测量变换成具有离散特性的数字量,从而获得被测量的数值。

应该注意到,现代电信测量仪器日益趋向于多功能和多用途化,各种综合测量仪器的出现已突破了传统分类的界限。采用主辅方式、交错地按各种方法、互为补充地进行分类,已成为现代电信测量仪器最主要的分类方法。

电信测量仪器作为电信测量技术的物质基础,为满足电信业对测量的需求,通常具有以下特点:

(1) 工作频率复盖范围较宽。这是由电信测量频率较宽的特点所决定的。

(2) 量程宽广、动态范围大。这是因为电信系统中信号电平的大小可以相差甚远,为了能以同样的精确度测量这些大小悬殊的信号,需要尽可能多的档级复盖足够宽的量程,并能提供较大的动态范围。如选频电平表在测量时可以有十几档供选择量程使用,测量范围达 $-80\sim+20\text{dB}$ 。

(3) 灵敏度与分辨力高。这是由于电信系统中信号电平低,测量时需要有检测微弱信号的能力。如选频电平表最低可读至 -95dB 。

(4) 精确度高、可靠性强。这是因为现代电信技术与设备的复杂性,使得对测量结果的误差容限要求越来越严格,为保障电信系统的正常工作,测量必须准确、可靠。

(5) 响应时间短。这是由于电信测量具有快速、动态、实时的特点,为达到这一目标,仪器的响应时间必须尽可能短。

(6) 测量距离长。这是因为电信网络纵横千里,经常需要进行远地端对端之间或长途线路的长距离测量。所以仪器应具有运距遥测能力。

(7) 更新速度快。这是因为电信测量对新技术十分敏感,而电