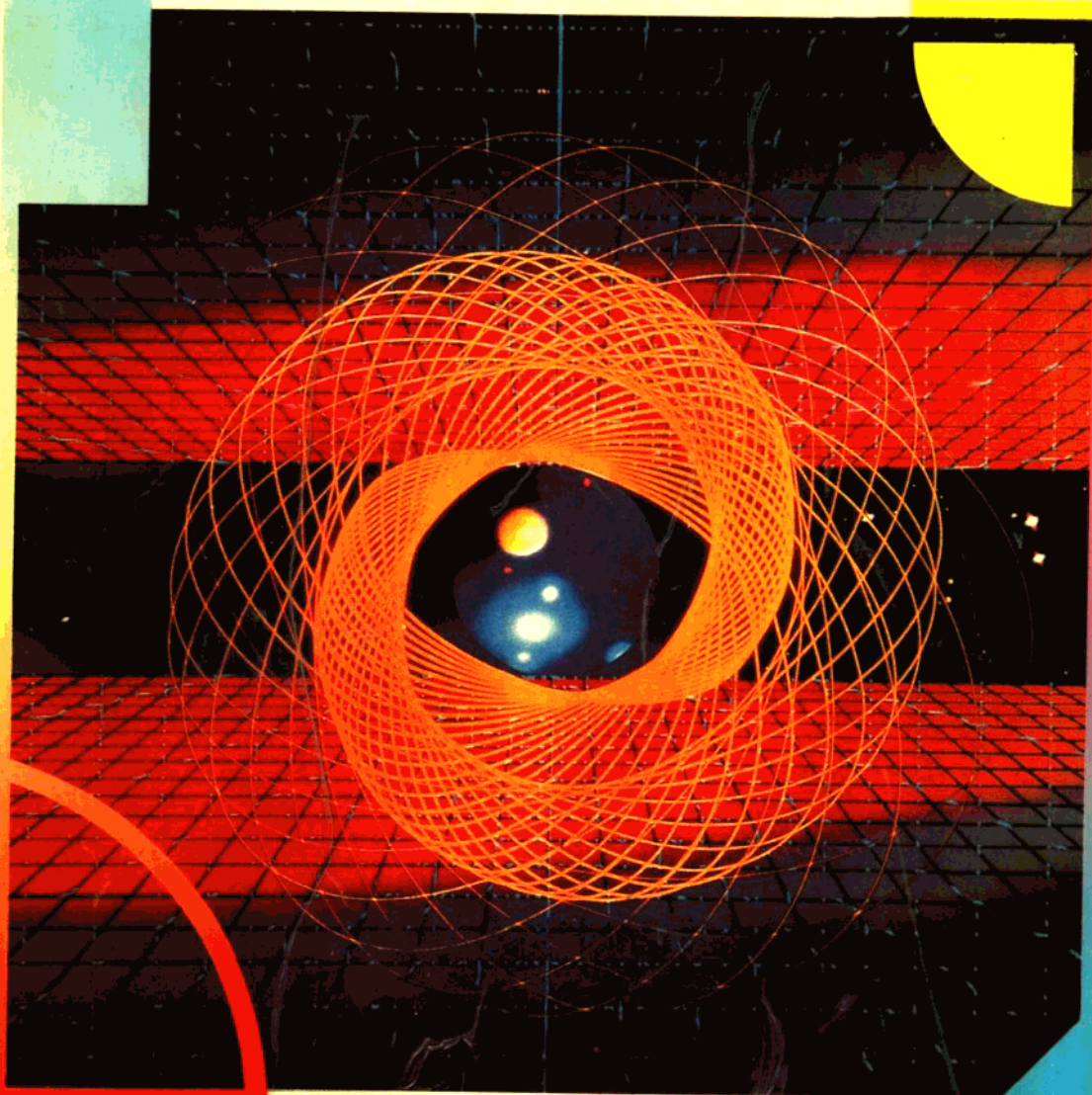


电能计量手册

《电能计量手册》编辑委员会

DIAN NENG JI LIANG SHOU CE



河南科学技术出版社

T4334-62

541777

5023



河南农大0259706

电能计量手册

《电能计量手册》编辑委员会

河南科学技术出版社



内 容 提 要

本书是电能计量方面的综合性大型技术工具书,主要内容包括计量基础知识;电能测量方法;交流功率电能标准;误差理论;各种类型电度表的工作原理、结构特点、特性分析、调整试验、零部件检修及检验装置;测量用互感器的种类、构造、特性及试验;电能计量装置的安装使用接线检查;电度表和互感器有关标准及规程等。本书囊括了国内外本专业领域的先进技术成果,汇集了上千幅技术图、表资料,提供了大量的技术数据、计算公式及应用实例。本书适合于有关专业工程技术人员作为工具书,并可供大专院校师生学习参考。

电能计量手册

《电能计量手册》编辑委员会

责任编辑 吴润燕

河南科学技术出版社出版

河南省第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 16开本 67印张 1374千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数1—4880册

ISBN 7-5319-0571-0/T·571

定价 35.8元

《电能计量手册》编辑委员会

主 编 唐佐樑

副主编 梁德正

编 委 (按姓氏笔划为序) 方吉六 王颂嘉 朱明宝 吴润燕 汪又雄
李友庆 陈 俪 陈启沧 林炳海 赵国权
赵修民 徐有升 奚伯温 麻 俊

执 笔 第1章:麻 俊(陕西机械学院副教授)、唐佐樑(西北电力试验研究所高级工程师)、赵国权(辽宁省计量局高级工程师)、方吉六(哈尔滨电表仪器厂高级工程师)。第2章:唐佐樑、麻俊。第3章:方吉六(哈尔滨电表仪器厂)、陈启沧(湖北电力试验研究所高级工程师)。第4章:王颂嘉(上海仪表综合公司高级工程师)、方吉六。第5章:陶汉铭(杭州仪表厂高级工程师)、丑建国(长沙电度表厂高级工程师)。第6章:王颂嘉、陈俪(能源部电力司高级工程师)、丑建国、王登科(天水长城电工仪器厂高级工程师)。第7章:梁德正(西北电力试验研究所高级工程师)。第8章:林炳海(哈尔滨电工仪表研究所高级工程师)、唐佐樑。第9章:朱淑琴(东北电管局用电处高级工程师)、唐佐樑。第10章:王颂嘉。第11章:吴识今(上海市电力工业局表计工厂高级工程师)、丑建国。第12章:赵修民(山西机械研究所高级工程师)、唐佐樑、刘鲁(北京互感器厂高级工程师)、王明明谦(沈阳变压器厂高级工程师)。第13章:赵修民、赵屹涛(山西机械研究所工程师)、梁宗正(西北电管局工程师)、王乐仁(武汉高压研究所高级工程师)。第14章:姚华峰(咸阳供电局工程师)。第15章:李友庆(电力科学研究院电测所高级工程师)、唐佐樑。第16章:奚伯温(上海供电局供电技术研究所 高级工程师)、姚华峰。第17章:林炳海、朱明宝(武汉高压研究所高级工程师)、张好义(山西机械研究所高级工程师)。

编者说明

- 一、《电能计量手册》包括基础理论,常用材料,电子电路,电度表与测量用互感器的原理、构造及试验方法,以及检验用的标准仪表和装置。手册对电能计量装置的使用、维修以及接线检查等有一定篇幅介绍,还编辑了国内外有关电度表、互感器的技术标准及规程。全书分17章,搜集了大量图表,包括附录在内约140万字,内容涉及与电能计量有关的理论、设计、制造、试验、使用、维修以及管理等方面。
- 二、手册编写人员以中国电机工程学会电能计量学组委员为主,并邀请一些制造厂、使用部门及研究单位专业技术人员,共25人参加编写。所有参加本手册的编写人员均为从事电能计量工作及有关的专家和学者。
- 三、手册由王颂嘉、赵修民、奚伯温、唐佐樑分别按专业对各章进行初审。而后学会进一步组织了会审,参加会审的有(按姓氏笔划为序)方吉六、王颂嘉、丑建国、朱良、朱明宝、朱淑琴、何震、李友庆、汪又雄、陈俪、陈伟、陈启沧、吴识今、吴润燕、周周易、赵修民、徐有升、陶汉铭、奚伯温、唐佐樑、麻俊、梁德正。
- 四、这部手册是我国第一部正式出版的有关电能计量的大型工具书。编写中,力图反映当前国内外有关电能计量的技术水平,并考虑我国实际情况,广泛搜集资料,以飨读者。但限于经验及水平,缺点在所难免,希望读者指正,以便不断修订再版,逐步改进。

《电能计量手册》编辑委员会

1988年11月

序

电能计量工作是电力工业企业管理的一项重要基础工作,考核电力生产的技术经济指标,对用电单位正确地计量和计划分配使用,都要依靠准确和完备的电能计量手段,因而电能计量工作在电力生产中占有重要地位。世界上各个国家的电力企业都对不断提高电能计量的管理和技术,对不断完善电能计量装置,给予极大的重视。

建国以来,我国的电能计量队伍不断扩大,电能计量工作有了很大发展。但是,过去相当长一段时间,我国把电力企业作为一个单纯的生产型企业,存在着重生产轻经营的偏向,在一定程度上影响了电能计量的管理、技术和队伍素质的提高。

随着经济体制的改革,电力工业从生产型向生产经营型转变,明确了电力工业既要以提高全社会的综合经济效益,也要以提高自身经济效益为目标,所以在当前严重缺电的情况下,采取行政的、经济的和技术的手段,对促进合理用电,提高两个效益,加速电力工业的发展都有很大作用。而提高电能计量水平对实现这些目标是十分重要的。

要改善和加强电能计量工作涉及很多问题,诸如完善和健全有关电能计量管理制度和技术标准,提高电能计量的性能和校验条件,健全电能计量量值传递系统,改进电能计量的工作质量等。而提高电能计量工作人员的技术和管理水平是一个关键。为了这个目的,中国电机工程学会电能计量学组组织编写了《电能计量手册》。这本手册包括了基础理论知识、计量方法、计量装置的原理和特性,使用调整、试验、检查、检修等内容,分别由各级电业及有关部门从事电能计量工作经验比较丰富的专业技术人员撰写。该手册既能做为电能计量工作人员的工具书,也能做为培养新的电能计量人员的教科书。望这本手册的出版将对提高电能计量工作起到一定的积极作用。

中国电机工程学会秘书长 温克昌

1988年12月

目 录

第一章 基础知识

1 计量单位和单位换算	(1)
1.1 计量单位和单位制	(1)
1.2 国际单位制	(2)
1.3 法定计量单位	(2)
2 数学公式	(10)
2.1 三角函数、双曲线函数	(10)
2.2 复数	(14)
2.3 微分、积分	(15)
2.4 几个重要的级数	(18)
2.5 拉普拉斯变换	(18)
2.6 概率论和数理统计	(20)
2.7 布尔代数	(23)
3 误差理论	(25)
3.1 误差的分类	(25)
3.2 系统误差	(26)
3.3 偶然误差	(27)
3.4 测量结果的表示方法	(30)
3.5 测量结果数值的化整	(31)
3.6 判断疏失误差的统计学方法	(32)
3.7 间接测量时误差的计算	(34)
3.8 间接测量中误差综合定律的扩展应用	(35)
3.9 微小误差准则	(37)
4 常用材料	(38)
4.1 电磁线	(38)
4.2 电阻合金线及电阻元件	(58)
4.3 软磁材料	(63)
4.4 永磁材料	(78)

4.5 宝石轴承	(82)
4.6 润滑油	(84)

第二章 电工基础及电子电路

1 电工基础	(86)
1.1 直流电路	(86)
1.2 电磁感应	(88)
1.3 正弦交流电路	(91)
1.4 线性电路的分析方法	(98)
1.5 三相交流电路	(105)
1.6 非正弦交流电	(109)
1.7 电路中的过渡过程	(120)
1.8 磁路和磁路计算	(126)
2 电子电路	(129)
2.1 电子器件的电路功能	(129)
2.2 放大电路	(136)
2.3 振荡电路	(148)
2.4 模拟运算电路	(167)
2.5 信号变换及信号处理电路	(171)
2.6 电压-频率变换电路	(179)
2.7 电源电路	(186)
2.8 数字电路	(196)

第三章 电能测量方法

1 概述	(216)
2 有功电能的测量	(217)
2.1 单相有功电能测量	(217)
2.2 Blondel 定律	(217)
2.3 三相三线电路有功电能的测量	(218)
2.4 三相四线电路的有功电能测量	(219)
3 无功电能的测量	(221)
3.1 单元件跨相法测量无功电能	(222)
3.2 两元件跨相法测量无功电能	(222)
3.3 两元件 60° 相角差的无功电度表测量无功电能	(223)
3.4 两元件差流线圈无功电度表测量无功电能	(224)
3.5 两元件分离线圈无功电度表测量无功电能	(225)

3.6 采用人工中性点接线方式测量无功电能	(226)
3.7 三元件表跨相接法测量无功电能	(227)
3.8 带自耦变压器的两元件无功电度表测量无功电能	(227)
3.9 正弦无功电度表测量无功电能	(228)
3.10 无功电能的测量误差	(229)
4 相位测量	(239)
4.1 电压与电流间相位角测量	(239)
4.2 测量电压 (或电流) 之间的相位角	(243)
4.3 电压对称度指示器	(244)

第四章 感应系电度表的工作原理及特性

1 感应系电度表的工作原理	(246)
1.1 概述	(246)
1.2 电度表的作用原理	(247)
1.3 电度表串联电路	(249)
1.4 电度表并联电路	(250)
1.5 相量图	(252)
2 感应系电度表的力矩	(253)
2.1 转动力矩	(253)
2.2 制动力矩	(255)
2.3 摩擦力矩	(256)
2.4 补偿力矩	(258)
2.5 自制动力矩	(260)
3 电度表的负载特性及基本误差	(260)
3.1 基本误差	(260)
3.2 负载特性	(261)
3.3 串联电路非线性误差	(262)
3.4 负载特性的改善	(263)
3.5 串联电路的磁分路	(264)
4 外界因素对感应系电度表特性的影响	(265)
4.1 电压影响	(265)
4.2 频率影响	(267)
4.3 温度影响	(271)
4.4 自热影响	(274)
4.5 波形影响	(275)

4.6 逆相序影响	(276)
4.7 负载不平衡影响	(278)
5 转动力矩的计算	(280)
5.1 双磁极感应系仪表的转矩	(280)
5.2 三磁极感应系电度表的转动力矩	(281)
5.3 四磁极感应系电度表的转动力矩	(282)
5.4 复杂磁极感应系电度表的转动力矩	(285)

第五章 感应型电度表的结构

1 电度表的分类	(287)
2 单相电度表的结构和部件	(287)
3 感应型电度表的电磁元件	(290)
3.1 全封闭式电磁铁心	(292)
3.2 半封闭式电磁铁心	(293)
3.3 分离式电磁铁心	(294)
3.4 电流铁心的磁分路	(297)
3.5 电压工作磁通磁化电流铁心磁路	(298)
4 感应型电度表的转动元件	(299)
4.1 电度表转动元件的组成	(299)
4.2 电度表的转矩与电磁元件及转动元件的关系	(306)
5 电度表的轴承	(302)
5.1 电度表上轴销	(302)
5.2 电度表下轴承	(303)
5.3 磁力轴承	(306)
6 电度表轻负载调整装置	(308)
7 电度表的内相角调整装置	(311)
7.1 电流元件相位角调整装置	(312)
7.2 电压元件相位角调整装置	(313)
8 电度表制动力矩调整装置	(315)
8.1 改变转盘切割磁力线的线速度调整制动力矩	(315)
8.2 改变穿过转盘磁通量的大小调整制动力矩	(317)
8.3 磁铁磁性稳定处理	(319)
9 电度表滑动力矩及防潜调整装置	(319)
10 电度表计度器	(321)
10.1 计度器的构造	(321)

10.2 双向计度器	(327)
11 三相有功电度表	(329)
11.1 概述	(329)
11.2 三相电度表结构布局	(329)
11.3 三相电度表的平衡调整装置	(331)
11.4 止逆器	(332)
12 无功电度表	(333)
12.1 正弦式无功电度表	(334)
12.2 三相三线带 60° 相角差的无功电度表	(334)
12.3 三相四线带附加串联线圈的无功电度表	(335)
13 电度表的罩壳、基架、端钮盒	(337)
13.1 罩壳	(337)
13.2 基架	(340)
13.3 端钮盒	(341)

第六章 特殊用途电度表及多功能电能表

1 电价和电费的计算	(344)
1.1 电价分类	(344)
1.2 电费的计算	(344)
2 各种电度表与电价的关系	(345)
3 直流电度表	(346)
3.1 电动式直流电度表	(346)
3.2 电子式直流电度表	(347)
4 Q-小时表	(348)
5 视在功率电度表	(349)
6 脉冲电度表	(351)
7 多费率电度表	(353)
7.1 机械式多费率计度器的多费率电度表	(353)
7.2 装有电子脉冲装置的多费率电度表	(356)
8 最大需量电度表	(357)
8.1 指针式需量指示器	(357)
8.2 积算式需量指示器	(357)
8.3 记录式需量指示器	(359)
9 多路最大需量表	(362)
10 损耗电度表	(363)

10.1 损耗的测量	(363)
10.2 铁损电度表	(363)
10.3 铁损电度表的检验	(365)
10.4 铜损电度表	(366)
10.5 铜损电度表的检验	(368)
11 预付费电度表	(370)
11.1 结构与原理	(370)
11.2 技术参数	(371)
12 电力定量器	(371)
12.1 功率型电力定量器	(372)
12.2 电能型电力定量器	(373)
13 电子式电能表	(378)
13.1 时分割乘法器	(379)
13.2 电子式电能表的原理	(380)
13.3 数字乘法器电子式功率表、电能表	(383)
14 TOU表及TOU系统	(388)
14.1 TOU表的组成部件	(388)
14.2 TOU计度器的功能	(389)
14.3 TOU系统	(390)
15 线路负载分析电度表(Analysed Load Meter)	(392)
15.1 线路负载分析电度表的组成部分	(392)
15.2 K300型表的功能	(392)
16 磁带负载记录器及数据处理机	(393)
16.1 磁带记录器的功能	(393)
16.2 磁带读出处理机	(394)
17 遥测装置	(395)
第七章 电度表的调整	
1 调整装置及其工作原理	(396)
1.1 一般概念	(396)
1.2 满载调整	(397)
1.3 轻载调整	(399)
1.4 功率因数调整	(401)
1.5 平衡调整	(404)
1.6 防潜调整	(404)

2 电度表调整中应注意的问题	(405)
2.1 装配位置和清洁	(405)
2.2 自热影响	(406)
2.3 环境温度的影响	(406)
2.4 互感器合成误差的影响	(407)
3 三相电度表调整的特点	(408)
3.1 三相电度表转矩不平衡的影响	(408)
3.2 相位误差的影响	(409)
3.3 电磁元件间的相互干扰	(409)
4 电度表调整的顺序和方法	(410)
4.1 单相电度表的调整	(410)
4.2 三相三线有功电度表的调整	(411)
4.3 三相四线有功电度表的调整	(412)
4.4 三相无功电度表的调整	(413)
5 用单相法调整三相电度表	(418)
6 同步调整法	(418)

第八章 电度表的试验

1 概述	(419)
2 周期试验和出厂试验	(420)
2.1 基本误差	(420)
2.2 潜动	(422)
2.3 起动电流	(423)
2.4 绝缘强度试验	(423)
2.5 走字试验	(426)
3 误差试验	(427)
3.1 标准电度表法(比较法)	(427)
3.2 瓦-秒法	(433)
3.3 接线系数 K_j	(434)
3.4 测定电度表误差的接线	(435)
3.5 检验装置的选用	(437)
3.6 同步法	(438)
3.7 光电检验法	(438)
3.8 闪频法	(439)
4 电度表特性试验	(440)

4.1 频率附加误差试验	(440)
4.2 电压附加误差试验	(440)
4.3 温度附加误差试验	(441)
4.4 波形畸变附加误差试验	(442)
4.5 倾斜附加误差试验	(443)
4.6 逆相序影响试验	(444)
4.7 外界磁场影响试验	(444)
4.8 附件磁场影响试验	(446)
4.9 机械负载影响试验	(446)
4.10 自热影响试验	(446)
4.11 短时过负载试验	(447)
4.12 功率消耗的测定	(448)
4.13 绝缘试验	(450)
4.14 抗运输环境性能试验	(451)
4.15 防尘试验	(452)
4.16 弹簧锤试验	(452)
4.17 计度器摩擦力矩测定	(453)
4.18 电度表寿命试验	(454)

第九章 电度表检验装置

1 电度表检验装置	(456)
1.1 电流、电压及相位调节装置的主要部件	(456)
1.2 单相、三相检验装置的典型线路	(467)
1.3 自动化检验装置	(477)
2 试验电源	(489)
2.1 电动发电机组	(489)
2.2 614型交流电子稳压器	(489)
2.3 WYP—4型音频稳定电源	(491)
2.4 高稳定度三相工频电源装置	(491)
2.5 合成频率信号源的工频电源装置	(503)
2.6 合成频率及计算技术结合的电源装置	(511)
3 小型变压器	(513)
3.1 铁心	(513)
3.2 线圈	(524)
3.3 屏蔽	(524)

3.4 小型变压器设计计算方法	(525)
3.5 电源变压器计算实例	(529)
3.6 音频变压器	(537)
3.7 校验装置的升压、升流器	(540)
第十章 交流功率、电能的标准	
1 概述	(543)
2 电动式功率、电能标准	(543)
2.1 ELLIOT电动式交直流转换器	(543)
2.2 JEMIC自平衡交直流转换器	(544)
2.3 联邦德国物理技术研究院(PTB)的交直流转换器	(545)
3 热电式功率、电能标准	(546)
3.1 热电变换器的工作原理	(546)
3.2 XF1型交直流检验装置	(547)
3.3 耗时较少的热电测量法	(547)
3.4 PTB热电式功率、电能标准	(548)
3.5 差动热电瓦特表	(549)
4 电流比较仪功率、电能标准	(550)
4.1 电流比较仪装置	(550)
4.2 电流比较仪电桥和功率比较仪电桥	(551)
5 采样处理瓦特表	(552)
5.1 采样处理瓦特表的工作原理	(553)
5.2 采样处理瓦特表的目前水平及其发展	(553)
6 感应型标准电度表	(553)
6.1 感应型标准电度表的特点	(554)
6.2 一些国外标准电度表的性能	(554)
6.3 标准电度表组成的电能参考标准	(555)
6.4 工频功率测量的国际比较	(556)
第十一章 电度表零部件的检查及故障检修	(557)
1 电度表各部件检查方法及仪器装置	(557)
1.1 计度器、齿轮	(557)
1.2 转盘	(563)
1.3 轴承	(565)
1.4 铁心	(566)
1.5 线圈	(568)

1.6 磁路气隙	(568)
1.7 基架	(569)
1.8 制动磁铁	(571)
1.9 其他零部件	(574)
2 常见的故障及其原因	(575)
2.1 计度器	(575)
2.2 转动元件	(576)
2.3 端钮盒	(577)
2.4 电磁元件	(577)
2.5 制动元件(永久磁钢)、电磁元件及调整装置	(578)
2.6 轴承	(579)
2.7 最大需量指示器	(579)
3 检修电度表的主要工具、设备及检修工序	(580)
3.1 工具和仪表	(580)
3.2 常用设备	(580)
3.3 一般检修工序	(581)
4 电度表各部件的检修	(581)
4.1 电度表外壳	(581)
4.2 计度器	(583)
4.3 转盘	(584)
4.4 铁心及线圈	(584)
4.5 永久磁钢	(587)
4.6 上下轴承	(587)
4.7 组装的技术要求	(588)
4.8 最大需量指示器的检修	(589)
5 电能计量修校部门的场所和设备	(590)
5.1 修校部门的一般场所	(590)
5.2 电度表检修和装配场所	(590)
5.3 电度表校验场所	(590)
5.4 互感器维修试验的条件	(590)

第十二章 测量用互感器

1 概述	(591)
2 电磁式电压互感器	(592)
2.1 等值电路和相量图	(592)

2.2 误差及计算	(593)
2.3 误差特性	(598)
2.4 误差的补偿	(600)
2.5 电压互感器的铁心和绕组设计	(603)
3 电流互感器	(610)
3.1 等值电路和相量图	(610)
3.2 误差及计算	(611)
3.3 误差特性	(615)
3.4 误差的补偿	(616)
3.5 电流互感器的铁心与绕组设计	(620)
4 电容式电压互感器 (或称电容分压器)	(626)
4.1 一般介绍	(626)
4.2 工作原理	(626)
4.3 几种电容分压器	(628)
4.4 标准电子分压器	(630)
5 电子补偿式互感器	(631)
5.1 一般介绍	(631)
5.2 电子补偿式电流互感器	(632)
5.3 电子补偿式电压互感器	(633)
6 直流互感器	(633)
6.1 一般介绍	(633)
6.2 工作原理	(634)
7 光电、无线电高压互感器	(635)
7.1 光电互感器	(635)
7.2 无线电电流互感器	(638)
8 互感器的构造	(639)
8.1 电压互感器的结构	(639)
8.2 电流互感器的结构	(645)
第十三章 测量用互感器试验及试验仪器	
1 概述	(649)
2 试验方法	(649)
2.1 误差试验	(649)
2.2 工频耐压试验	(664)
2.3 油试验	(665)