

HUGANQI JISHU
SHIYONG SHOUC

互感器技术 实用手册

吴湛郁 王建国 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

互感器技术 实用手册

吴湛郁 王建国 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

前 言

互感器技术实用手册

互感器是输电线路中最基本的、也是最重要的检测设备之一，电力互感器在电能源领域具有不可替代的作用。互感器与继电保护和自动装置配合，可以实现对电网的自动控制；与测量仪表和计量装置配套，可以准确测量高电压和大电流。互感器作为一种国家强制检定计量器具，起到了“秤电”的作用，它的准确性直接影响电能计量的准确度。

我们编写此书就是传互感器技术之道，补充互感器专业领域读者群的要求，并向非专业领域拓展，达到拓宽读者知识面的目的。本书第一篇详解互感器概念以及互感器由初始至今的国内外发展的基本脉络，侧重介绍互感器测试的实用技术，以满足互感器实验室及现场测试人员的工作需要；第二篇详解互感器设备及其测试装置的设计选型基本知识，侧重介绍电力互感器设备结构及原理，努力满足互感器专业人员对电力互感器结构设计、选型、计算以及对互感器相关从业人员索求互感器设备应用知识方面的需求。

本书力求做到最新、实用、效率。依据最新的国家及行业标准，侧重体现互感器从业领域的测试、结构特点，面向电力计量、结构设计选型等工作岗位的知识人群，借助便捷的计算即可确定互感器的型号或具体技术参数，以适应实际工作的需要。

本书第一篇第二章由吴湛郁编著，第一篇第一章和第二

篇由王建国编著。

在编写过程中，作者始终恪守一种学习和交流的态度，具体内容得到了互感器专家的悉心指导。编写中参考了国内知名互感器专著的内容，同时也融会了作者的互感器从业心得体会。在编写过程中难免有引用未全注明处，在此表示由衷的敬意和感谢！

虽然编者倾心于编写的初衷，但限于编者的专业能力以及主观认识的片面性，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

互感器技术实用手册

前言

第一篇 互感器实用技术

第一章 互感器的分类及应用概况	3
第一节 互感器分类及方法	3
一、互感器分类及实际意义	3
二、互感器在电能计量中的角色	7
三、互感器在电力安全保护中的应用价值	8
第二节 互感器的原理	9
一、互感器基本组成及工作原理	9
二、互感器与变压器的应用比较	14
三、互感器与传感器	16
第三节 互感器应用的历史及发展前景	18
一、国内外互感器发展动态简介	18
二、电子互感器的发展前景	28
第二章 互感器实验室及现场检定	33
第一节 标准互感器	34
一、标准互感器的分类及工作原理	34
二、标准等级的规定及选用	38
三、互感器的误差要求	38
四、互感器的误差曲线	40

五、影响电流互感器误差的主要因素	42
六、电流互感器的补偿方法	44
七、电压互感器产生误差的主要原因	44
八、电压互感器的补偿方法	45
第二节 电流互感器的实验室检定	45
一、电流互感器的检定接线	45
二、电流互感器检定方法	50
三、电流互感器增加新变比的方法	54
四、电流互感器的化整原则	55
五、检定电流互感器的辅助设备	56
六、用模拟负荷测试电流互感器的误差	71
七、电流互感器检定时注意事项	75
第三节 电压互感器的实验室检定	75
一、电压互感器的检定接线及自校	75
二、电压互感器检定方法	82
三、电压互感器一般应注意事项	83
第四节 组合互感器的实验室检定	84
第五节 互感器的现场检定	85
一、互感器现场检定与实验室检定的区别	85
二、现场检定的设备要求	87
三、电力互感器检定中注意事项及预防措施	89

第二篇 电力互感器设备选型技术

第三章 电力互感器设备选型	93
第一节 电力互感器概述	93
一、有关电力互感器的国家标准	93
二、电力互感器选型原则	94
三、电力互感器选用与有关精度等级的要求	94

四、电力互感器选用与其结构型式的关系	94
第二节 电流互感器的选型	95
一、电流互感器结构简述	95
二、几种常用的电流互感器的结构	98
三、电流互感器的一次、二次选择依据和计算	108
四、电流互感器常见故障及处理	109
第三节 电压互感器的选型	112
一、电压互感器结构	112
二、电压互感器绝缘结构介绍	112
三、几种常见的电压互感器结构形式	114
四、电压互感器二次绕组容量选择及计算	117
五、电压互感器常见故障及处理	120
第四节 组合互感器的选型	121
一、组合互感器简介	121
二、组合互感器的分类	121
第五节 电力互感器设备的运行知识	122
一、电力互感器运行基本要求	122
二、电力互感器检修知识	124
第四章 互感器测试技术	143
第一节 互感器测试设备简介	143
一、关于测试设备的分类	143
二、互感器测试设备总的发展趋势	144
第二节 互感器测试设备选型	145
一、互感器测试设备概述	145
二、互感器测试设备选型	146
附录 互感器规程摘要	151
附录一 《JJG 313—1994 测量用电流互感器	

	检定规程》更新介绍	151
附录二	《JJG 314—1994 测量用电压互感器 检定规程》更新介绍	155
附录三	《JJG 1021—2007 电力互感器检定规程》 (摘要).....	162
附录四	《JJG 1021—2007 电力互感器检定规程》 解释.....	184
附录五	互感器型号的含义.....	199
附录六	互感器铁芯材料对比.....	200
参考文献		201

第一篇

互感器实用技术



第一章

互感器的分类及应用概况

第一节 互感器分类及方法

一、互感器分类及实际意义

1. 互感器定义

互感器有很多的定义，一般在教材中被定义为用来变换电流或者电压的电磁转换设备。互感器也叫变比器，包括电压互感器和电流互感器。电流互感器又被称为变流计、检流计，电压互感器还被通俗地理解为高精度变压器（电磁式电压互感器的工作原理与一般的变压器相同，仅在结构型式、所用材料、容量、误差范围等方面有所差别）。也有说互感器是一、二次系统间的联络元件，通常其一次绕组连接在一次电路内，二次绕组与测量仪表或继电器连接在二次电路内，分别向测量仪表、保护用继电器的电压、电流线圈供电，是变电站内供测量和保护用的重要特种变压器等。编者认为，这些定义都颇具有代表性，但都更偏重于对互感器应用来源的理解。随着互感器技术的发展，如在某些特定条件下，数字化变电站中的互感器已经成为了具有特定功能的设备，不仅具有传统互感器的角色功能，而且同时参与了需求侧电信号输出管理，成为一、二次电路信号的转换基准。如光电互感器（又称为电子互感器），虽然其基于电磁感应原理，但从严格意义上说与传统互感器电磁转换的概念已经大相径庭。因此，编者认为对互感器的定义应该得到重视，虽然不需要重新定义，但在概念的理解上应能发展且涵盖光电互感器，其不仅是用来变换电流、电

压,而且具有光、电信号传感变换的概念。更应该按照国家标准中对互感器的基本定义,如电流互感器、电压互感器、仪用互感器、电力互感器、组合互感器、光电互感器等为基础,在实践中准确理解和使用。

编者认为,互感器是按电、磁、光规律变换电压或电流,并将变换了的信息传递为具有一定准确度要求的低电压、小电流的信息给测量仪表及保护装置或需要取样为一定信号(光或电、磁)的一种特定电器具。互感器的功能是将高电压或大电流按特定比例变换成标准低电压(如100V、4V等)或标准小电流(5A或1A、100mA等,均指额定值),以便满足测量仪表、保护设备及自动控制设备的标准化、小型化的要求。

互感器与测量仪表和其他计量装置配套,可以准确测量高电压和大电流,当然也可以测量电能。互感器与继电保护和自动装置配合,可以自动实现对电网多重可能故障的电气保护并实现自动控制。从该定义中不难理解,互感器是重要的电信息传递电器具,具有一定的电能量测量基准地位,直接影响电能的计量准确度和继电保护装置动作的可靠性及电信号的准确传递,直接影响到电力贸易的公平和国民经济的健康运行的发展。因此,测量用电流互感器、电压互感器被列入《中华人民共和国强制检定的工作计量器具目录》。电力用互感器在电能源领域具有不可替代的作用。

2. 互感器的科学分类与应用

互感器的分类应遵循科学的分类原则,主要根据其功能和功能实现的工艺技术条件(包括其实现的结构方式)确定。在实际应用中,掌握其科学的分类方法是提高应用水平的主要理论依据。而所谓的科学分类具体又可以这样理解,从互感器诞生的那天起,经过了半个多世纪的实际使用和不断的改良、技术进步,各种新材料新工艺以及原理创新,使人们对互感器的认识、设计制造方式也发生了较为深刻地变化,因此,认识到这一点是很重要的。

为了体现本手册的特点和编写要求，将其制成表格的形式，同时也方便提高读者的阅读效率，见表 1-1。

表 1-1 互 感 器 分 类 表

序号	名 称		分类依据	作 用	
1	电流互感器 TA (CT)		概念	传递电流信息	
	电压互感器 TV (PT)			传递电压信息	
	传感器式电流和电压互感器			传递电信号	
2	电能计量用电流互感器		用途	传递标准电流值	
	测量用电流互感器				
	电能计量用电压互感器			传递标准电压值	
	测量用电压互感器				
3	保护用电流互感器			传递故障电流信息	
	保护用电压互感器			传递故障电压信息	
4	电磁式电流、电压互感器		电磁感应原理	实现电压、交直流电流变换	
	直流电流互感器				
	电容式电压互感器		电容分压原理	110kV 以上高压变换	
	电子式 电流 互感器	光学电流互感器	法拉第电磁效应原理	实现数字化管理 满足全电压等级	
		空心线圈电流互感器	罗戈夫斯基		
		铁芯线圈式低功率 电流互感器	电磁感应原理		
	电子式电压 互感器	光学电压互感器	电光 Pockels		
	阻容分压型电压互感器	效应			
5	单相电压互感器		线路制式	35kV 及以上电压等级	
	三相电压互感器			35kV 及以下电压等级	
	V 形接线式				
6	干式电流、电压互感器		绝缘介质	500V 及以下	
	浇注绝缘电流、电压互感器			35kV 及以下	
	油浸式绝缘电流、电压互感器			220kV 及以下	
	气体绝缘电流、电压互感器 SF ₆			110kV 及以上较高电压	

续表

序号	名 称	分类依据	作 用
7	户内型电流、电压互感器	环境使用 条件	35kV 及以下电压等级
	户外型电流、电压互感器		35kV 及以上电压等级
8	贯穿式电流互感器	安装方式	穿过屏板或墙壁
	支柱式电流互感器		安装在平面或支柱上 兼做一次电路导体
	套管式电流互感器		直接套装在绝缘的套管上
	母线式电流互感器		直接套装在母线上
	正立式电流互感器		二次绕组在下部
	倒立式电流互感器		二次绕组在上部
9	单匝式电流互感器	按电流大小	大电流
	多匝式电流互感器		中、小电流
10	单电流比电流互感器	按电流比	一、二次绕组匝数及 电流比固定
	多电流比电流互感器		一、二次绕组匝数及 电流比可变
	多个铁芯电流互感器		多个二次绕组且 有多个抽头
11	稳定特性型保护用电流互感器	状态误差	P、PR、RX 级等 保证稳态误差
	暂态特性型保护用电流互感器		IPX、TPY、TPZ、TPS 级等保证暂态误差
12	单级式电压互感器	磁路结构	35kV 及以上电压等级
	串级式电压互感器		66~220kV 电压 等级常用
13	组合式互感器 (CVTV)	型式	包括 GIS 组合电器

续表

序号	名 称	分类依据	作 用
14	零磁通电流互感器	由原理结构 按精度等级 精度高达 10^{-5} 以上	电流比例标准用来检定 标准电流互感器
	电流比较仪		
	双级电流互感器		
15	空载电压互感器	精度高达 10^{-5} 以上	电压比例标准用来检定 标准电压互感器
	双级电压互感器		
	感应分压器		
16	新型互感器	耦合方式不同	综合性能优异

从表中不难看出，互感器的名称可以从使用的用途、原理、结构、安全、安装方式、绝缘方式、运行状态、环境使用条件等顾名思义，把各种名称罗列出来进行归类可发现，电流、电压互感器虽然工作原理大致相同，但在制造及结构、工艺特点的区别很明显，虽然按作用的界限描述不是很精确，但这样可以很直观的理解互感器原理的应用状态和使用方法，也比较符合科学的分类，体现了理论与实践应用的统一。

有的著作中还有将电压互感器的一次绕组接地的、不接地的对地运行状态即单相一次末端接地或三相中性点接地、单相一次两端子或三相一次各部分对地绝缘的接地方式来划分电压互感器。编者认为，更细的划分比较适合于具体线路的实际需要，对加深对互感器的认识是有意义的。

按照互感器的发展要求会产生出一些新的名称，一律统称为新型互感器，国际上也称作非传统互感器（Non-conventional current and voltage transformers）。

二、互感器在电能计量中的角色

测量用互感器作为国家强制检定目录中的计量器具（世界各国都把它列入强制检定的计量器具目录），起到了“秤电衡具”的作用。按照《计量法》的规定，互感器必须能够起到精密测量

电能且能够实现量值传递的作用。我国规定采用国家四级计量传递标准，即国家级、省级、地市级和县级。

测量用互感器包括计量用电流互感器、测量用电压互感器和测量用电流、电压组合互感器。从变压器二次侧取电由测量用互感器与电能表组成线路电能测量单元。变压器用来确定用户使用电力的实际负荷，在变压器二次侧接电力互感器设备及电能表用来计量电能的实际消耗，发、供、用电能贸易结算依据。通俗一点说，通常用户用了多少电要查一下电表的示值，但是互感器却没有指示具体电量，在具体计算用电量时，就用到了互感器的倍率概念，也就是说，互感器所计量的电能是乘几十倍到几千倍参与电能核算的。例如，对于常用的 150/5A 的电流互感器，在电能表示值的基础上乘以 30 才是基本计费电能电量。可以得出一个基本的结论，要实现电能的准确计量，离不开测量用互感器。

三、互感器在电力安全保护中的应用价值

电力安全影响国民经济的安全运行。互感器根据其工作原理具有一、二次电隔离的性质，并且作为电磁转换、光转换等形式可以有效地保证电路安全系统的保护回路准确工作。在发电、输电、用电等安全设施中都被大量采用。即使在无人值守变电站，也有它作为守护神眼，所以命名为保护用电流、电压互感器。众所周知，电是“看不见摸得着”的危险物质，触电事故、停电事故屡见不鲜。无论国内外何种具体环境下，电力安全都是极其重要的。

保护用互感器在具体电力安全保护系统中作为继电保护的电源用，保护装置所反应的电气量值通常为短路电流和短路电压的幅值、平均值、比值、相位或增量等。而这些量值经过电流互感器、电压互感器变换后，若互感器暂态特性不良，则将使变换值误差加大，而难以正确反映一次短路电流、短路电压的数值和特性，严重时将使保护装置拒动或误动，后果可想而知。因此，互

感器在电力安全保护中的应用价值不可低估。

第二节 互感器的原理

一、互感器基本组成及工作原理

1. 电磁式电流、电压互感器

(1) 电流互感器工作原理。电流互感器的工作原理如图 1-1 所示。互感器的一次绕组串联在电力线路中，线路电流就是互感器的一次电流。互感器的二次绕组外部回路接有测量仪器、仪表或继电保护、自动控制装置等。在图 1-1 中，将这些串联的低电压装置的电流线圈阻抗以及连接线路的阻抗用一个集中的阻抗 Z_b 表示。当线路电流，也就是电流互感器的一次电流变化时，互感器的二次电流也相应发生变化，把线路变化的信息传递给仪器、仪表或继电保护、自动控制装置。

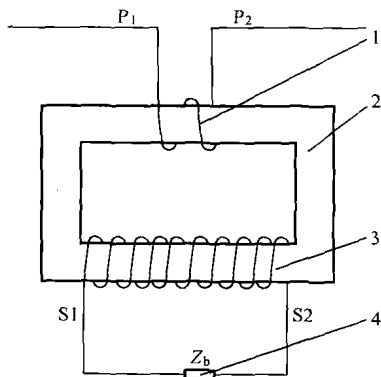


图 1-1 电流互感器工作原理图

1—一次绕组；2—铁芯；

3—二次绕组；4—负荷

根据电力线路电压等级的不同，电流互感器的一、二次绕组之间设置有足够的绝缘，以保证所有低压设备与高电压相隔离。

电力线路中的电流各不相同，通过电流互感器一、二次绕组匝数比的配置，可以将不同的线路电流变换成较小的标准电流值，一般是 5A 或 1A，这样可以减小仪表和继电器的尺寸，简化其规格。所以说电流互感器的主要作用是：①给测量仪器、仪表或继电保护、控制装置传递信息；②使测量、保护和控制装置与高电压相隔离；③有利于测量仪器、仪表或继电保护、控制装