



中华人民共和国国家标准

GB/T 20840.8—2007

互 感 器 第 8 部分：电子式电流互感器

Instrument transformers—
Part 8: Electronic current transformers

(IEC 60044-8:2002, MOD)

2007-01-16 发布

2007-08-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	Ⅶ
1 范围	1
1.1 概述	1
1.2 电子式电流互感器的通用框图	1
1.3 数字量输出型电子式电流互感器的通用框图	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	4
3.1 通用定义	4
3.2 测量用电子式电流互感器的补充定义	11
3.3 保护用电子式电流互感器的补充定义	11
3.4 数字量输出的补充定义	13
3.5 模拟量电压输出的补充定义	14
3.6 主要定义和缩写符号索引	14
4 正常和特殊使用条件	15
4.1 一般要求	15
4.2 正常使用条件	15
4.3 特殊使用条件	16
4.4 系统接地方式	17
5 额定值	17
5.1 通用额定值	17
5.2 额定相位偏移的标准值	20
5.3 数字量输出的额定值	20
5.4 模拟量电压输出的额定值	20
6 设计要求	21
6.1 一般设计要求	21
6.2 数字量输出的设计要求	27
6.3 模拟量电压输出的设计要求	40
7 试验分类	41
7.1 一般要求	41
7.2 型式试验	41
7.3 例行试验	42
7.4 特殊试验	42
8 型式试验	42
8.1 短时电流试验	42
8.2 温升试验	43
8.3 一次端的冲击试验	43
8.4 户外型电子式电流互感器的湿试验	44
8.5 无线电干扰电压(RIV)试验	44

8.6	传递过电压试验	44
8.7	低压器件的耐压试验	45
8.8	电磁兼容(EMC)试验	45
8.9	准确度试验	47
8.10	保护用电子式电流互感器的补充准确度试验	49
8.11	防护等级的验证	49
8.12	密封性能试验	49
8.13	振动试验	49
8.14	数字量输出的补充型式试验	50
9	例行试验	51
9.1	端子标志检验	51
9.2	一次端的工频耐压试验和局部放电测量	51
9.3	低压器件的工频耐压试验	51
9.4	准确度试验	51
9.5	密封性能试验	51
9.6	电容量和介质损耗因数测量	51
9.7	数字量输出的补充例行试验	51
9.8	模拟量输出的补充例行试验	51
10	特殊试验	51
10.1	一次端的截断雷电冲击试验	51
10.2	机械强度试验	52
10.3	谐波准确度试验	52
10.4	依据所采用技术需要的试验	52
11	标志	52
11.1	端子标志——通则	52
11.2	铭牌标志	54
12	测量用电子式电流互感器的补充要求	55
12.1	准确级的标称	55
12.2	额定频率下的电流误差和相位误差限值	56
12.3	对谐波的准确度要求	56
13	保护用电子式电流互感器的补充要求	57
13.1	准确级	57
13.2	对谐波的准确度要求	57
14	咨询、招标和订货须知	57
14.1	规范内容	57
14.2	可靠性	58
15	运输、储存和安装规则	58
15.1	运输、储存和安装时的条件	58
15.2	安装	58
15.3	拆箱和起吊	58
15.4	组装	58
15.5	运行	59
15.6	维修	59

16 安全性	61
16.1 电气方面	61
16.2 机械方面	61
16.3 热学方面	61
附录 A (资料性附录) 本部分章条编号与 IEC 60044-8:2002 章条编号对照	62
附录 B (资料性附录) 本部分与 IEC 60044-8:2002 技术性差异及其原因	63
附录 C (规范性附录) 电子式电流和电压互感器的频率响应和谐波准确度要求	65
C.1 概述	65
C.2 一般要求	65
C.2.1 电网的正常使用条件	65
C.2.2 电网的非正常使用条件	65
C.2.3 信噪比要求	65
C.2.4 频带宽度要求	65
C.2.5 其他的考虑	66
C.3 包含数字数据传输或数据处理的电子式电流和电压互感器的要求	66
C.3.1 抗混叠滤波器的要求	66
C.3.2 抗混叠滤波器的实例	67
C.4 谐波的准确度要求	67
C.4.1 普通准确级	67
C.4.2 专用准确级	68
C.5 试验方案和试验电路	69
C.5.1 谐波准确度试验	69
C.5.2 正常抗混叠性能的类型试验	70
附录 D (资料性附录) 模拟量输出型电子式电流互感器的技术信息	71
D.1 范围	71
D.2 二次输出的数学描述	71
D.3 二次直流偏移电压($U_{s,dc}$)	71
D.4 稳态准确度测量的试验电路	71
D.5 铁心线圈式低功率电流互感器的信息	71
D.5.1 范围	71
D.5.2 应用	72
D.5.3 原理	72
D.5.4 输出特性	73
D.6 单独式空心线圈和空心线圈的一般信息	73
D.6.1 范围	73
D.6.2 原理	73
D.6.3 测量使用要点	76
附录 E (资料性附录) 数字量输出型电子式电流互感器的技术信息	77
E.1 范围	77
E.2 数字量输出的工作原理	77
E.3 数据通道的其他分配	77
E.4 数字量输出的数学描述	78
E.5 合并单元的时间同步	79

E.6 误差测量	79
E.6.1 数字接口的相位误差定义	79
E.6.2 试验布置和程序	80
E.6.3 误差计算的数学求值方法	82
E.7 模拟量输出与数字量输出的电流互感器/电压互感器的系统总准确度比较	84
附录 F (资料性附录) IEC 60044-8:2002 标准的海拔	85
F.1 海拔	85
附录 G (资料性附录) 准确度要求的图形说明	86
附录 H (资料性附录) 电子式电流互感器的暂态特性	87
H.1 引言	87
H.2 电网中的短路电流	87
H.3 短路时电流互感器的等效电路	88
H.4 电磁式电流互感器的准确级	89
H.4.1 一般要求	89
H.4.2 稳态准确级	89
H.4.3 GB 16847 的暂态准确级	90
H.5 TPE 级	90
H.6 TPE 级与传统暂态性能级的比较	91
图 1 单相电子式电流互感器的通用框图	2
图 2 数字接口的框图示例	2
图 3 曼彻斯特编码	28
图 4 光脉冲特性	29
图 5 光脉冲试验电路	29
图 6 铜线接口	30
图 7 眼形图	31
图 8 菊花链结构	32
图 9 依据 FT3 的帧格式	33
图 10 状态字 #1 (StatusWord #1)	37
图 11 状态字 #2 (StatusWord #2)	38
图 12 通用帧	39
图 13 时钟输入的脉冲波形	40
图 14 供电磁兼容试验的部件示例	46
图 15 温度循环准确度试验	48
图 C.1 数字数据获取系统	67
图 D.1 稳态准确度测量的试验电路	72
图 D.2 铁心线圈式互感器	73
图 D.3 电压输出的铁心式电流互感器等效电路	73
图 D.4 单独的空心线圈	74
图 D.5 电压输出的单独式空心线圈电流互感器的等效电路	75
图 D.6 单独式空心线圈的相量图	75
图 E.1 电子式电流和电压互感器组合构成的数字量输出	77
图 E.2 设备间隔 1 和设备间隔 2 的电流同步样本,分别由设备间隔 1 和设备间隔 2 的非同步	

样本推算出	79
图 E. 3 用公共时钟同步采样的设备间隔 1 和设备间隔 2 的电流样本	79
图 E. 4 数字接口的相位误差定义	80
图 E. 5 试验布置	81
图 E. 6 传统计量系统与数字量输出的电子式电流和电压互感器计量系统的误差比较	84
图 F. 1 海拔校正因数	85
图 G. 1 多用途电子式电流互感器的准确度限值	86
图 H. 1 电网的等效电路	87
图 H. 2 短路时较复杂的等效电路	88
图 H. 3 短路时电磁式电流互感器的等效电路	88
图 H. 4 无剩磁电流互感器的励磁电抗	88
图 H. 5 有剩磁电流互感器的励磁电抗	89
图 H. 6 TPZ 级电流互感器的励磁电抗示例	90
图 H. 7 TPY 级电流互感器的励磁电抗示例	90
表 1 温度类别	16
表 2 互感器的温升限值	18
表 3 直流(DC)电压	19
表 4 交流(AC)电压	19
表 5 数字量输出的额定值	20
表 6 低电压耐受能力	21
表 7 给定污秽等级的爬电距离	22
表 8 抗扰度要求和试验	23
表 9 静态承受试验载荷	25
表 10 兼容性光纤传输系统	28
表 11 兼容性铜线传输系统,用于单工制点对点链接	30
表 12 DataSetName=01 的数据通道映射,通用用途	34
表 13 接插件	41
表 14 一次端子上施加试验载荷的方式	52
表 15 端子标志	53
表 16 铭牌标志	54
表 17 误差限值	56
表 18 特殊用途电流互感器的误差限值	56
表 19 误差限值	56
表 20 误差限值	57
表 21 电子式电流互感器的规范内容	57
表 A. 1 本部分章条编号与 IEC 60044-8:2002 章条编号对照	62
表 B. 1 本部分与 IEC 60044-8:2002 技术性差异及其原因	63
表 E. 1 DataSetName=FE H 的数据通道特定分配应用实例:用于 1½ 断路器布置中各断路器 两侧有组合 ECT/EVT 的线路保护和同步	78

前 言

《互感器》拟分为以下几个部分：

- 第1部分：通用技术要求；
- 第2部分：电流互感器；
- 第3部分：电磁式电压互感器；
- 第4部分：组合互感器；
- 第5部分：电容式电压互感器；
- 第6部分：保护用电流互感器暂态特性技术要求；
- 第7部分：电子式电压互感器；
- 第8部分：电子式电流互感器。

本部分为《互感器》的第8部分。

本部分修改采用 IEC 60044-8:2002《互感器 第8部分：电子式电流互感器》(英文版)。

本部分根据 IEC 60044-8:2002 起草。在附录 A 中列出了本部分章条编号与 IEC 60044-8:2002 章条编号的对照一览表。

考虑到我国国情，在采用 IEC 60044-8:2002 时，本部分做了一些修改。有关技术差异已编入正文中，并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 B 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

为了便于使用，对 IEC 60044-8:2002 本部分还做了下列编辑性修改：

- a) “本标准”一词改为“本部分”；
- b) 删除了 IEC 60044-8:2002 的前言和参考文献；
- c) 第2章的引导语按 GB/T 1.1—2000 的要求做了修改；
- d) 小数点由“,”改为“.”；
- e) 部分电器图形符号按 GB/T 4728.6—2000 进行了调整；
- f) 表 16 中的“适用=×”改为“○表示适用”。

本部分的附录 C 为规范性附录，附录 A、附录 B、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 和附录 H 为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国互感器标准化技术委员会(SAC/TC 222)归口。

本部分起草单位：沈阳变压器研究所、传奇电气(沈阳)有限公司、南京新宁电力技术有限公司、清华大学、武汉高压研究所、中国电力科学研究院、西安同维电力技术有限责任公司、南京南瑞继保电气有限公司、武汉长江通信集团股份有限公司、华中科技大学、哈尔滨工程大学、大连第一互感器有限责任公司、上海 MWB 互感器有限公司、厦门 ABB 开关有限公司、保定天威互感器有限公司、沈阳互感器有限责任公司、靖江互感器厂、江苏精科互感器有限公司、中山泰峰电气有限公司、西安高压电器研究所、大连北方互感器厂、郑州祥和集团电气设备有限公司、西安信源电力技术有限责任公司。

本部分主要起草人：高祖绵、魏朝晖、尹秋帆、罗承沐、叶国雄、卢勇、陆天健、罗苏南、杨先明、李红斌、安作平、王政文、艾睿、牛传裕、薛晚道、林贵文、熊江咏、王金良、何见光、李涛昌、任稳柱、张伟政、孙振权、王仁焘。

本部分为首次制定。

互 感 器

第 8 部分:电子式电流互感器

1 范围

1.1 概述

本部分适用于新制造的电子式电流互感器,它具有模拟量电压输出或数字量输出,供频率为 15 Hz~100 Hz 的电气测量仪器和继电保护装置使用。

注:本部分考虑了频带宽度所需的补充要求。对谐波的准确度要求见附录 C。

第 12 章所列的准确度要求,适用于电气测量仪器用电子式电流互感器。

第 13 章所列的准确度要求,适用于继电保护装置用电子式电流互感器,特别是那些以电流达额定电流很多倍时仍保持其准确度为主要要求的保护方式。如有要求,电子式电流互感器在电力系统故障时的暂态准确度也列于本章。

测量和保护两用的电子式电流互感器应遵循本部分的所有条款,且被称为多用途电子式电流互感器。

这种互感器技术可以用带有电子器件的光学装置,采用空心线圈(有或无内置积分器)或内装并联电阻的铁心线圈作为电流变电压的转换器,它们可单独使用或配装电子器件。

对于模拟量输出,电子式电流互感器可包括二次信号电缆。采用空心线圈及内装并联电阻的铁心线圈的电子式电流互感器技术实例,列于附录 D。

对于数字量输出,本部分采纳电子式互感器到电气测量仪器和电气装置为点对点链接(见附录 E)。

为了保证这种点对点链接对整个变电站通讯系统的兼容性,从而允许所有各类变电站装置之间的数据交换,增加了一些内容。这些内容建立了所谓点对点串行链接的链路层映射。总线通讯正在考虑中。

此映射允许不同制造单位的设备可以交互使用。

本部分既不规定特定的实施方案或产品,也不限定计算机系统的各种实施方案和接口。本部分规定各种实施方案的外部可见功能,以及这些功能所应遵守的要求。

注 1:将电流互感器和电压互感器的模拟量要求转变为数字量参数(例如比特数和采样速率)更为合理,原因在于对传统电流互感器和电压互感器模拟量要求的规定是基于有局限性的常规技术,并非依据使用电流电压信息的设备的实际需要。

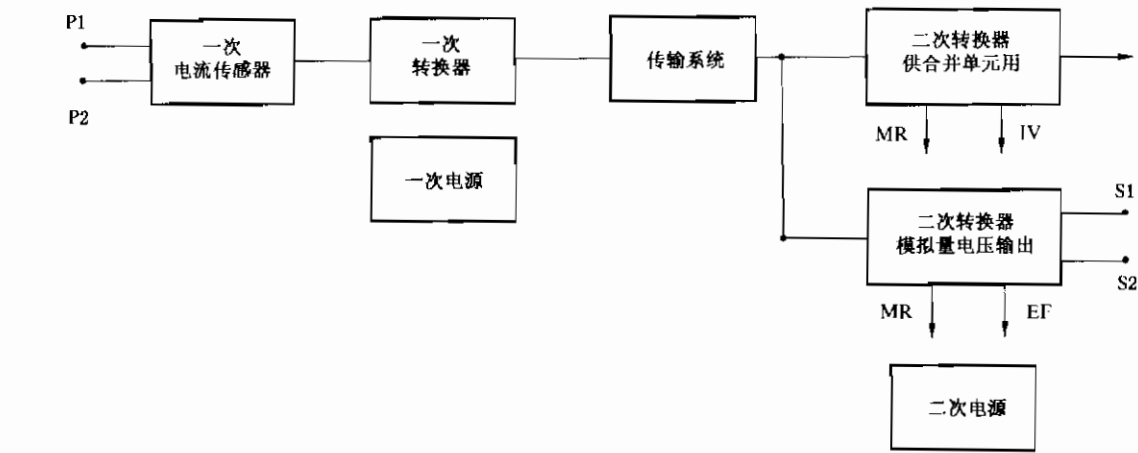
注 2:选定的途径着重于探讨二次设备的需要和性能如何校验。基本观念是与总线相兼容。

1.2 电子式电流互感器的通用框图

依据所采用的技术确定电子式电流互感器所需的部件,即图 1 和图 2 中列出的所有部件并非皆为互感器必不可缺的。

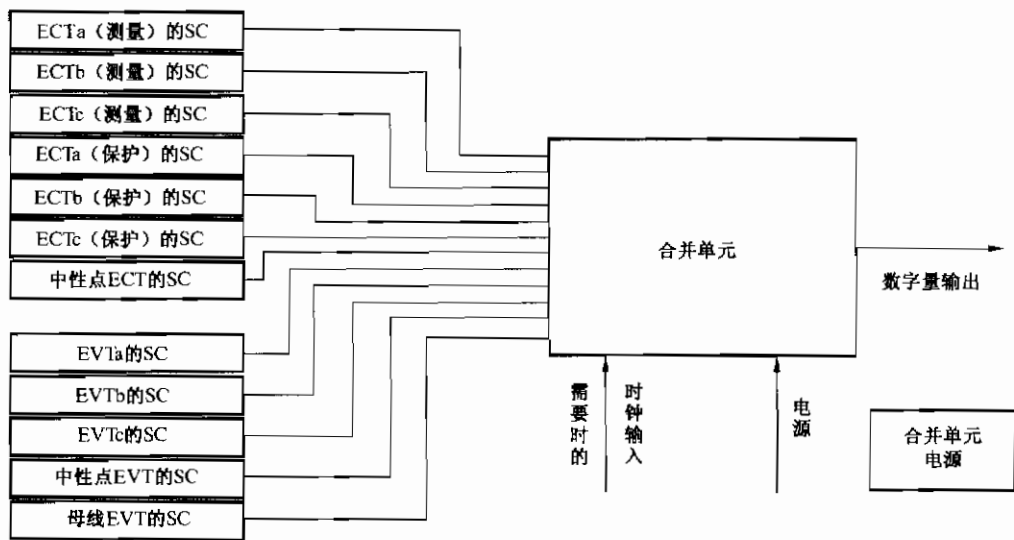
1.3 数字量输出型电子式电流互感器的通用框图

采用一台合并单元(MU)汇集(合并)多达 12 个二次转换器数据通道。一个数据通道传送一台电子式电流互感器或一台电子式电压互感器采样测量值的单一数据流(见图 2)。在多相或组合单元时,多个数据通道可以通过一个物理接口从二次转换器传输到合并单元。合并单元对二次设备提供一组时间相关的电流和电压样本。二次转换器也可从传统电压互感器或电流互感器获取信号,并可汇集到合并单元。



符号
IV——输出无效；
EF——设备故障；
MR——维修申请。

图 1 单相电子式电流互感器的通用框图



EVTa 的 SC, 为 a 相电子式电压互感器的二次转换器(见 GB/T 20840.7)。ECTa 的 SC, 为 a 相电子式电流互感器的二次转换器。可能有其他数据通道映射(见 6.2.4)。

图 2 数字接口的框图示例

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合(neq IEC 60071-1;1993)

GB 1208—2006 电流互感器(IEC 60044-1;2003,Instrument transformers—Part 1;current transformers,MOD)

GB 1984 高压交流断路器(GB 1984—2003,IEC 62271-100;2001,MOD)

- GB/T 2423.10—1995 电工电子产品环境试验 第二部分:试验方法 试验 Fc 和导则:振动(正弦)(idt IEC 60068-2-6:1982)
- GB/T 2423.23—1995 电工电子产品环境试验 试验 Q:密封
- GB/T 2900.15—1997 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器(neq IEC 60050-421:1990, IEC 60050-321:1986)
- GB/T 2900.50—1998 电工术语 发电、输电及配电 通用术语(neq IEC 60050-601:1985)
- GB/T 2900.57—2002 电工术语 发电、输电和配电 运行(eqv IEC 60050-604:1987)
- GB/T 3954 电工圆铝杆
- GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)(GB 4208—1993,eqv IEC 60529:1989)
- GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容(IEC 60050-161:1990,IDT)
- GB/T 4798.3—1990 电工电子产品应用环境条件 有气候防护场所固定使用
- GB/T 4798.4—1990 电工电子产品应用环境条件 无气候防护场所固定使用(neq IEC 60721-3-4)
- GB 4824—2004 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 电磁骚扰特性 限值和测量方法(CISPR 11:2003,IDT)
- GB 5585.1—1985 电工用铜、铝及其合金母线 第1部分:一般规定(neq IEC 60028:1925)
- GB/T 5465.2 电气设备用图形符号(GB/T 5465.2—1996,idt IEC 60417:1994)
- GB 6995.1—1986 电线电缆识别标志 第一部分:一般规定(neq IEC 60304:1982)
- GB 6995.2—1986 电线电缆识别标志 第二部分:标准颜色(neq IEC 60304:1982)
- GB 6995.4—1986 电线电缆识别标志 第四部分:电气装备电线电缆绝缘线芯识别标志(neq IEC 60304:1982)
- GB/T 11020—1989 测定固体电气绝缘材料暴露在引燃源后燃烧性能的试验方法(eqv IEC 60707:1981)
- GB/T 11021—1989 电气绝缘的耐热性评定和分级(eqv IEC 60085:1984)
- GB/T 11022—1999 高压开关设备和控制设备标准的共同技术要求(eqv IEC 60694:1996)
- GB/T 13540—1992 高压开关设备抗地震性能试验
- GB/T 14598.3—1993 电气继电器 第五部分:电气继电器的绝缘试验(eqv IEC 60255-5:1977)
- GB/T 14598.13—1998 量度继电器和保护装置的电气干扰试验 第1部分:1 MHz 脉冲群干扰试验(eqv IEC 60255-22-1:1988)
- GB 16847 保护用电流互感器暂态特性技术要求(GB 16847—1997,idt IEC 60044-6:1992)
- GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第1部分:一般试验要求(eqv IEC 60060-1:1989)
- GB/T 16935.1—1997 低压系统内设备的绝缘配合 第一部分:原理、要求和试验(idt IEC 60664-1:1992)
- GB/T 17626.1 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论(GB/T 17626.1—2006,IEC 61000-4-1:2000,IDT)
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验(GB/T 17626.2—2006,IEC 61000-4-2:2001,IDT)
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(GB/T 17626.3—2006,IEC 61000-4-3:2006,IDT)
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(GB/T 17626.4—1998, idt IEC 61000-4-4:1995)
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验(GB/T 17626.5—1999, idt IEC 61000-4-5:1995)

GB/T 20840.8—2007

GB/T 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则(GB/T 17626.7—1998, idt IEC 61000-4-7:1991)

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验(GB/T 17626.8—2006, IEC 61000-4-8:2000, IDT)

GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验(GB/T 17626.9—1998, idt IEC 61000-4-9:1993)

GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验(GB/T 17626.10—1998, idt IEC 61000-4-10:1993)

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验(GB/T 17626.11—1999, idt IEC 61000-4-11:1994)

GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验(GB/T 17626.12—1998, idt IEC 61000-4-12:1995)

GB/T 17626.13 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验(GB/T 17626.13—2006, IEC 61000-4-13:2002, IDT)

GB/T 17626.29—2006 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验(IEC 61000-4-29:2000, IDT)

GB/T 20840.7—2007 互感器 第7部分:电子式电压互感器(IEC 60044-7:1999, MOD)

JB/T 5895—1991 污秽地区绝缘子 使用导则(neq IEC 60815:1986)

IEC 60068-2-75:1997 电工电子产品环境试验 第2部分:环境测试锤击试验

IEC 60255-24:2001 电气继电器 第24部分:电力系统瞬变特性交换的通用格式

IEC 60296:2003 电工液体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油

IEC 60376:1971 新六氟化硫的验收和技术规范

IEC 60376B:1974 新六氟化硫的验收和技术规范 第2号修改单 第26条

IEC 60480:1974 电气设备中取出的六氟化硫检验导则

IEC 60794(所有各部分) 光纤缆

IEC 60812:1985 系统可靠性分析技术 故障模式与后果分析程序(FMEA)

IEC 60870-5-1:1990 远动设备和系统 第5部分:传输协议 第1章:传输帧格式

IEC 61025:1990 故障树分析(FTA)

IEC/TS 61462:1998 复合绝缘子 户内和户外电气设备用空心绝缘子 定义、试验方法、验收准则和推荐结构

IEC 61850-3 变电站的通信网络和系统 第3部分:通用要求

IEC 61850-7-4 变电站的通信网络和系统 第7-4部分:适用于变电站和馈线装置的基本通信结构—兼容性逻辑节点分级和数据分级

IEC 61850-9-1 变电站的通信网络和系统 第9-1部分:专用通信系统映射(SCSM) 串行单向多站点对点链接

EIA RS-485 用于平衡数字量多点系统的发生器和接收器的电气特性标准

EN 50160:2000 公共配电系统供电的电压特性

3 术语和定义

GB/T 2900.15、GB/T 2900.50 和 GB/T 2900.57 中确立的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1 通用定义

3.1.1

电子式互感器 electronic instrument transformer

一种装置,由连接到传输系统和二次转换器的一个或多个电流或电压传感器组成,用以传输正比于

被测量的量,供给测量仪器、仪表和继电保护或控制装置。在数字接口的情况下,一组电子式互感器共用一台合并单元完成此功能。

3.1.2

电子式电流互感器 electronic current transformer; ECT

一种电子式互感器,在正常使用条件下,其二次转换器的输出实质上正比于一次电流,且相位差在联结方向正确时接近于已知相位角。

3.1.3

一次端子 primary terminals

被测电流通过的端子。

3.1.4

一次电流传感器 primary current sensor

一种电气、电子、光学或其他装置,产生与一次端子通过电流相对应的信号,直接或经过一次转换器传送给二次转换器。

3.1.5

一次转换器 primary converter

一种装置,将来自一个或多个一次电流传感器的信号转换成适合于传输系统的信号。

3.1.6

一次电源 primary power supply

一次转换器和/或一次电流传感器的电源(可以与二次电源合并,见 3.1.10)。

3.1.7

传输系统 transmitting system

一次部件和二次部件之间传输信号的短距或长距耦合装置。依据所采用的技术,传输系统也可用以传送功率。

3.1.8

二次转换器(SC) secondary converter; SC

一种装置,将传输系统传送的信号转换为供给测量仪器、仪表和继电保护或控制装置的量,该量与一次端子电流成正比。对于模拟量输出型电子式电流互感器,二次转换器直接供给测量仪器、仪表和继电保护或控制装置。对于数字量输出型电子式互感器,二次转换器通常接至合并单元后再接二次设备。

3.1.9

维修申请(MR) maintenance request; MR

指示设备需要维修的信息。

3.1.10

二次电源 secondary power supply

二次转换器的电源(可以与一次电源合并(见 3.1.6),或其他互感器的电源合并)。

3.1.11

额定辅助电源电压 rated auxiliary supply voltage

U_{cr}

本部分的技术要求所依据的辅助电源电压值。

3.1.12

额定电源电流 rated supply current

I_{ar}

在额定条件下,要求辅助电源供给的电流值,如有要求时还包括 MU 所需电源在内。

3.1.13

最大电源电流 maximum supply current $I_{a\max}$

在最恶劣条件下,要求辅助电源供给的最大电流值,如有要求时还包括 MU 所需电源在内。

3.1.14

二次电路 secondary circuit

接收电子式互感器二次转换器(或合并单元)输出信号的外部电路。

3.1.15

二次端子 secondary terminals

二次转换器(或合并单元)的二次电路输出端子。

3.1.16

联结点 connecting point

供现场安装及试验装置连接电缆的联结点。采用屏蔽电缆时,仅认为外部屏蔽是一联结点。各联结点由制造方规定。

3.1.17

低压器件 low-voltage components

与全值额定耐压水平的一次电路相隔开的所有电气或电子器件。

3.1.18

额定频率 rated frequency f_r

本部分的技术要求所依据的基波频率值。

3.1.19

稳态一次电流 primary current in steady-state condition

在稳态下,一次电流用下式规定:

$$i_r(t) = I_r \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_r) + i_{p\text{res}}(t)$$

式中:

 I_r ——一次电流基波的方均根值; f ——基波频率; φ_r ——一次相位移; $i_{p\text{res}}(t)$ ——一次剩余电流,包括谐波和次谐波分量及一次直流电流; t ——时间瞬时值;稳态下, f 、 I_r 、 φ_r 为常数。

3.1.20

额定一次电流 rated primary current I_{pr} 一次电流的额定频率 f_r 分量方均根值,为电子式电流互感器性能的依据。

3.1.21

稳态二次输出 secondary output in steady-state condition

对模拟量输出:在稳态下,二次电压用下式规定:

$$u_s(t) = U_s \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t - \varphi_s) + U_{sdc} + u_{s\text{res}}(t)$$

式中:

 U_s —— $U_{sdc} + u_{s\text{res}}(t) = 0$ 时二次转换器输出的方均根值;

f ——基波频率;
 φ_s ——二次相位移;
 U_{sdc} ——二次直流电压;
 $u_{s, res}(t)$ ——二次剩余电压,包括谐波和次谐波分量;
 t ——时间瞬时值;
 稳态下, f 、 U_s 、 φ_s 为常数。
 对数字量输出:

$$i_s(n) = I_s \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t_n + \varphi_s) + I_{sdc}(n) - i_{s, res}(t_n)$$

式中:

i_s ——合并单元输出的数字量,代表一次电流的实际瞬时值;
 I_s —— $I_{sdc}(n) + i_{s, res}(t_n) = 0$ 时该合并单元数字量输出的方均根值;
 f ——基波频率;
 φ_s ——二次相位移;
 $I_{sdc}(n)$ ——二次直流输出;
 $i_{s, res}(t_n)$ ——二次剩余输出,包括谐波和次谐波分量;
 n ——数据样本的计数;
 t_n ——一次电流(及电压)第 n 个数据集采样完毕的时间;
 稳态下, f 、 I_s 、 φ_s 为常数。

3.1.22

额定二次输出 rated secondary output

对模拟量输出,二次电压输出(U_s)的 f_r 频率分量方均根值,为电子式电流互感器性能的依据。
 对数字量输出,数字侧用 16 进制数代表额定一次电流。

3.1.23

实际变比 actual transformation ratio

K_n 和 K_d

对模拟量输出,为电子式电流互感器实际一次电流方均根值与实际二次输出的方均根值之比(缩写: K_n)。对数字量输出,为实际一次电流方均根值与实际二次输出的方均根值数值之比(缩写: K_d)。

注 1: 对于单独式空心线圈,这些定义仅在稳态下额定频率纯正弦波时正确。当一次电流的频率 f 与额定频率 f_r 不同时,实际变比按 $K_n(f) = f/f_r \times K_n$ (或 $K_d(f) = f/f_r \times K_d$) 计算。

注 2: 测量瞬时误差和复合误差时,单独式空心线圈必须采用积分器。这种情况下, K_n (或 K_d) 为一次电流与积分器二次输出之比。

3.1.24

额定变比 rated transformation ratio

K_{ra} 和 K_{rd}

变比的额定值。

3.1.25

电流(比值)误差 current error (ratio error)

ϵ

电子式电流互感器测量电流时出现的误差,它由于实际变比不等于额定变比而产生的。

对模拟量输出,电流误差百分数用下式表示:

$$\epsilon = \frac{K_{ra} \cdot U_s - I_p}{I_p} \times 100, \%$$

式中:

K_{ra} ——额定变比;

I_p —— $i_{p, res}(t)=0$ 时实际一次电流的方均根值;

U_s —— $U_{sdc} + u_{s, res}(t)=0$ 时二次转换器输出的方均根值。

注: 此定义仅涉及在额定负荷和额定频率下的一次电流和二次电压两个量。此定义与 GB 1208 中的定义对应。

对数字量输出, 电流误差百分数用下式表示:

$$\epsilon = \frac{K_{rd} \cdot I_s - I_p}{I_p} \times 100, \%$$

式中:

K_{rd} ——额定变比;

I_p —— $i_{p, res}(t)=0$ 时实际一次电流的方均根值;

I_s —— $I_{sdc}(n) + i_{s, res}(t_n)=0$ 时数字量输出的方均根值。

注: 电流误差是数字量计算的结果(见附录 E)。

3.1.26

相位差 phase displacement

φ

对模拟量输出, 为一次电流相量和二次输出相量的相位之差, 相量方向选定为在额定频率下理想互感器的相位差角等于其额定值。当二次输出相量超前于一次电流相量时相位差为正值。它通常用分或厘弧表示。

$$\varphi = \varphi_s - \varphi_p$$

式中:

φ_p ——一次相位移;

φ_s ——二次相位移。

对数字量输出, 为一次端子某一电流的出现瞬时与所对应数字数据集在 MU 输出的传输起始瞬时之时间差(用额定频率的角度单位表示)。

注 1: 此定义仅在正弦波电流时严格正确。

注 2: 对模拟量输出和数字量输出, 理想互感器的相位差 φ (见 E.6.1 和 3.1.29)皆可认为由两个分量组成: 额定相位偏移 φ_{or} 和额定延迟时间 t_{dr} 。

注 3: 相位差计算的详细说明见附录 E。

3.1.27

额定延迟时间 rated delay time

t_{dr}

(例如)数字数据处理和传输所需时间的额定值。

3.1.28

额定相位偏移 rated phase offset

φ_{or}

电子式电流互感器的额定相位移, 依据所采用的技术, 它不受频率影响。

3.1.29

相位误差 phase error

φ_e

相位误差, 等于相位差 φ 减去由额定相位偏移和额定延迟时间构成的相位移。相位误差是对额定频率而言。

$$\varphi_e = \varphi - (\varphi_{or} - \varphi_{ldr}) \text{ 和 } \varphi_{ldr} = -2\pi f t_{dr}$$

由于数字量输出要求与时钟脉冲同步, 相位误差是时钟脉冲与数字量传输值对应的一次电流采样

瞬时之时间差(用额定频率的角度单位表示)。

相位误差通常用分或厘弧表示。

注:相位误差的解释和说明图形,见附录 E。

3.1.30

准确级 accuracy class

对电子式电流互感器给定的等级,互感器在规定使用条件下的误差应在规定的限值内。

3.1.31

设备最高电压 highest voltage for equipment

U_m

最高相间电压方均根值,它是电子式电流互感器绝缘设计的依据。

3.1.32

额定绝缘水平 rated insulation level

一组耐受电压值,它表示电子式电流互感器绝缘所能承受的耐压强度。

3.1.33

中性点绝缘系统 isolated neutral system

除了中性点经保护或测量用的高阻抗接地外,其他中性点均不接地的系统。

3.1.34

(中性点)共振接地系统 resonant earthed (neutral) system

有一个或多个中性点通过电抗接地的系统,借以近似补偿单相对地故障电流的电容性分量。

3.1.35

接地故障因数 earth-fault factor

在一定的系统布置中,当发生一相或多相的接地故障时,三相系统中某一给定点的非故障相的相对地最高工频电压方均根值与该点在无故障时的相对地工频电压方均根值之比。

3.1.36

(中性点)直接接地系统 solidly earthed (neutral) system

一个或多个中性点直接接地的系统。

3.1.37

(中性点)阻抗接地系统 impedance earthed (neutral) system

一个或多个中性点通过阻抗接地以限制接地故障电流的系统。

3.1.38

中性点接地系统 earthed neutral system

中性点直接接地或通过足够小的电阻或电抗接地的系统,此电阻或电抗值应小到能抑制暂态振荡,且又能给出足够的电流供选择接地故障保护用。

a) 某一指定点处的中性点有效接地系统,是指该点的接地故障因数不超过 1.4。

注:如整个系统布置中的零序电抗与正序电抗之比小于 3,并且零序电阻与正序电抗之比小于 1,则该条件一般均能得到。

b) 某一指定点处的中性点非有效接地系统,是指该点的接地故障因数超过 1.4。

3.1.39

暴露安装 exposed installation

设备会遭受大气过电压的一种安装。

注:这种安装通常是直接或经过一段短电缆与架空输电线连接,且无避雷器保护。

3.1.40

非暴露安装 non-exposed installation

设备不会遭受大气过电压的一种安装。

3.1.41

额定短时热电流 rated short-time thermal current

I_{th}

电子式电流互感器能够承受 1 s 而无损伤的一次电流方均根值。

3.1.42

额定动稳定电流 rated dynamic current

I_{dyn}

电子式电流互感器能够承受其电磁力作用而无电气或机械损伤的一次电流峰值。

3.1.43

额定连续热电流 rated continuous thermal current

I_{cth}

一次端子允许连续流过而温升不超过规定值的电流,模拟量二次输出时连接额定负荷。

3.1.44

唤醒时间 wake-up time

有些电子式电流互感器是由线路电流提供电源。这种互感器电源的建立需要在一次电流接通后延迟一定时间。此延时称为“唤醒时间”。在此延时期间,电子式电流互感器的输出为零。

3.1.45

唤醒电流 wake-up current

唤醒电子式电流互感器所需的最小一次电流方均根值。

3.1.46

IP 代码 IP code

一种代码系统,表示防止接触危险零件、防止固体异物进入和防止进水的外壳防护等级,并给出这种防护相关的补充信息。

3.1.47

防护等级 degree of protection

防止接触危险零件及防止固体异物进入和/或防止进水的外壳防护程度,由标准试验方法验证。

3.1.48

气体绝缘的额定充气压强 p_n (或密度 ρ_n) rated filling pressure for gas insulation p_n (or density ρ_n)

气体绝缘电子式电流互感器投运前充气的,或自动补气的,用帕(Pa)为单位的压强(或密度),以 +20℃ 和 101.3 kPa 标准大气条件为参考,可用相对值或绝对值表示。

3.1.49

气体绝缘的报警压强 p_{ac} (或密度 ρ_{ac}) alarm pressure for gas insulation p_{ac} (or density ρ_{ac})

提供监示信号指示须在较短时间补气的绝缘气体压强(Pa)(或密度),以 +20℃ 和 101.3 kPa 标准大气条件为参考,可用相对值或绝对值表示。

3.1.50

气体绝缘的最低工作压强 p_{mc} (或密度 ρ_{mc}) minimum functional pressure for gas insulation p_{mc} (or density ρ_{mc})

电子式电流互感器保持其额定性能和有补气需要的绝缘气体最低压强(Pa)(或密度),以 +20℃ 和 101.3 kPa 标准大气条件为参考,可用相对值或绝对值表示。

3.1.51

绝对泄漏率 absolute leakage rate

F

单位时间的气体逸出量,以 Pa · m³/s 表示。

3.1.52

相对泄漏率 relative leakage rate

F_{rel}

在额定充气压强(或密度)下,相对于系统气体总量的绝对泄漏率,以每年或每日的百分数表示。

3.2 测量用电子式电流互感器的补充定义

3.2.1

测量用电子式电流互感器 measuring electronic current transformer

传输信息信号至指示仪器、积分仪表和类似装置的电子式电流互感器。

3.2.2

额定扩大一次电流 rated extended primary current

保证准确度与额定一次电流下准确度相同的更大值一次电流,但不超过额定连续热电流 I_{eth} 。

3.2.3

额定扩大一次电流系数 rated extended primary current factor

K_{per}

额定扩大一次电流与额定一次电流的比值。

3.3 保护用电子式电流互感器的补充定义

3.3.1

保护用电子式电流互感器 protective electronic current transformer

传输信息信号至继电保护和控制装置的电子式电流互感器。

3.3.2

额定准确限值一次电流 rated accuracy limit primary current

在稳态下,保护用电子式电流互感器能满足复合误差要求的最大一次电流值。

3.3.3

准确限值系数 accuracy limit factor

K_{ali}

在稳态下,额定准确限值一次电流与额定一次电流的比值。

3.3.4

复合误差 composite error

ϵ_c

在稳态下,复合误差为下列两者之差的方均根值:

一次电流的瞬时值,和

实际二次输出的瞬时值乘以额定变比,一次电流和二次输出的正符号须与端子标志规定一致。

对模拟量输出,复合误差 ϵ_c 通常按下式表示为一次电流方均根值的百分数:

$$\epsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [K_{ra} u_s(t) - i_p(t - t_{dr})]^2 dt}, \quad \%$$

式中:

K_{ra} ——额定变比;

I_p ——一次电流方均根值;

i_p ——一次电流;

u_s ——二次电压;

T ——一个周波的周期;

t ——时间瞬时值;

t_{dr} ——额定延迟时间。

注1:对于单独式空心线圈,二次输出是在积分器的输出上测量(见 K_{ra} 和 K_{rd} 的定义,及附录 D)。

对数字量输出,复合误差 ϵ_c 通常按下式表示为一次电流方均根值的百分数:

$$\epsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{T_s}{kT} \sum_{n=1}^{kT/T_s} [K_{rd} i_s(n) - i_p(t_n)]^2}, \quad \%$$

式中:

K_{rd} ——额定变比;

I_p ——一次电流方均根值;

i_p ——一次电流;

i_s ——二次的数字量输出;

T ——一个工频周波的周期;

n ——样本的计数;

t_n ——一次电流(及电压)第 n 个数据集采样完毕的时间;

k ——累计周期数;

T_s ——一次电流两个样本之间的时间间隔。

注 2: 实用上复合误差是数字量计算的结果,其算法见附录 E。

3.3.5

暂态特性的额定一次短路电流 **rated primary short-circuit current for transient performance**

I_{psc}

在暂态下,电子式电流互感器额定准确度性能所依据的一次对称短路电流方均根值。

3.3.6

暂态特性的额定对称短路电流倍数 **rated symmetrical short-circuit-current factor for transient performance**

K_{ssc}

在暂态下,比值:

$$K_{ssc} = I_{psc} / I_{pr}$$

3.3.7

暂态特性的额定一次时间常数 **rated primary time constant for transient performance**

τ_{pr}

在暂态下,电子式电流互感器性能所依据的一次电流直流分量时间常数额定值。

3.3.8

无电流时间 **dead time**

t_{tr}

在断路器自动重合闸工作循环中,一次短路电流从切断到再出现的间隔时间(亦参照 GB 1984)。

3.3.9

额定工作循环(C-O 和/或 C-O-C-O) **rated duty cycle(C-O and/or C-O-C-O)**

在工作循环的各规定通电期间,一次电流假定为“全偏移”,并具有额定一次时间常数(τ_{pr})和额定幅值(I_{psc})。

各工作循环如下:

单次通电:C- t' -O

双次通电:C- t' -O- t_{tr} -C- t'' -O

(两次通电时的磁通极性相同)

其中: t' 是第一次电流通过时间;

t'' 是第二次电流通过时间。

3.3.10

暂态响应 transient response

二次输出对一次电流暂态变化的响应。

3.3.11

暂态一次电流 primary current in transient condition

$i_p(t)$

在暂态下,一次电流用下式规定:

$$i_p(t) = I_{psc} \sqrt{2} \cdot [\sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_p) - \sin(\varphi_p) \cdot e^{-t/\tau_p}] + i_{p\text{ res}}(t)$$

式中:

I_{psc} ——一次电流对称分量方均根值;

f ——基波频率;

τ_p ——一次时间常数;

φ_p ——一次相位移;

$i_{p\text{ res}}(t)$ ——一次剩余电流,包括谐波和次谐波分量及一次直流电流;

t ——时间瞬时值。

3.3.12

瞬时误差电流 instantaneous error current

$i_e(t), i_e(n)$

二次输出乘以额定变比与一次电流两者瞬时值之差。

对模拟量输出,瞬时误差电流定义在 $t \geq t_{dr}$,用下式表示:

$$i_e(t) = K_{ra} \cdot u_s(t) - i_p(t - t_{dr})$$

注1:对于单独式空心线圈,电压 $u_s(t)$ 是在积分器的输出上测量(见 K_{ra} 和 K_{rd} 的定义,及附录 D)。

对数字量输出,瞬时误差电流定义在 $t \geq t_{dr}$,用下式表示:

$$i_e(n) = K_{rd} \cdot i_s(n) - i_p(t_n)$$

注2:实用上复合误差是数字量计算的结果,其算法见附录 E。

注3:对于单独式空心线圈,二次输出是在积分器的输出上测量。积分器可以在求值单元中实现数字化。由于积分器可能影响延迟时间,在这种试验配置中,允许其额定延迟时间与被试互感器的正常额定延迟时间不相同。

3.3.13

最大峰值瞬时误差 maximum peak instantaneous

$\hat{\epsilon}$

在规定工作循环中,用额定一次短路电流峰值的百分数表示的最大瞬时误差电流:

$$\hat{\epsilon} = 100 \cdot \hat{i}_e / (\sqrt{2} \cdot I_{psc}), \quad \%$$

3.4 数字量输出的补充定义

3.4.1

数字量输出 digital output

数字量输出是由合并单元上的光学或电气输出接口生成的。

它以电流和/或电压数据的数字编码时间相关数组,供给测量仪器、仪表和继电保护或控制装置。

3.4.2

合并单元(MU) merging unit; MU

用以对来自二次转换器的电流和/或电压数据进行时间相关组合的物理单元。合并单元可以是互感器的一个组成件,也可以是一个分立单元,例如装在控制室内(见图2)。

3.4.3

合并单元的时钟输入 merging unit clock input

合并单元的电气或光学的时钟信号输入,如果需要,它用于对多个合并单元进行同步。

3.4.4

合并单元电源 merging unit power supply

合并单元的电源(可以与二次电源合并,见 3.1.10)。

3.4.5

数据速率 data rate

$1/T_s$

电流和/或电压数据集的每秒传输数量。

3.4.6

输出无效(IV) output invalid; IV

指示电子式电流互感器输出信号为无效的信息。

3.5 模拟量电压输出的补充定义

3.5.1

设备故障(EF) equipment failed; EF

指示设备已有故障的信息。

3.5.2

负荷 burden

二次电路的阻抗,用欧姆表示,其功率因数为 1。

3.5.3

额定负荷 rated burden

R_{br}

技术规范中准确度要求所依据的负荷值。

3.5.4

二次直流偏移电压 secondary direct voltage offset

U_{sdc0}

电子式电流互感器在 $I_p(t)=0$ 时的二次电压直流电压分量。

注:对于是由一次电流供给电源的一次转换器,本定义不适用。这种情况下,评估的方法须由制造方和用户商定(见附录 D)。

3.5.5

单独式空心线圈 stand-alone air-core coil

依据无内置积分器的空心线圈技术制成的互感器(见附录 D)。

3.6 主要定义和缩写符号索引

ECT	电子式电流互感器,定义 3.1.2
EVT	电子式电压互感器,见 GB/T 20840.7
EF	设备故障,定义 3.5.1
IV	输出无效,定义 3.4.6
MR	维修申请,定义 3.1.9
MU	合并单元,定义 3.4.2
R_{br}	额定负荷,定义 3.5.3
SC	二次转换器,定义 3.1.8
f_r	额定频率,定义 3.1.18
K_m, K_{rd}	电子式电流互感器的额定变比,定义 3.1.24

K_{pcr}	额定扩大一次电流系数, 定义 3.2.3
K_{alf}	准确限值系数, 定义 3.3.3
K_{esc}	额定对称短路电流倍数, 定义 3.3.6
t	时间瞬时值, 定义 3.1.19
t_{dr}	额定延迟时间, 定义 3.1.27
t_{fr}	无电流时间, 定义 3.3.8
T_{s}	两个数据集之间的时间, 数据速率的倒数, 定义 3.4.5
U_{m}	设备最高电压, 定义 3.1.31
U_{sr}	模拟量输出的额定二次输出, 定义 3.1.22
U_{sdc0}	二次直流偏移电压, 定义 3.5.4
U_{ar}	额定辅助电源电压, 定义 3.1.11
I_{ar}	额定电源电流, 定义 3.1.12
$I_{\text{a max}}$	最大电源电流, 定义 3.1.13
I_{th}	额定短时热电流, 定义 3.1.41
I_{ctn}	额定连续热电流, 定义 3.1.43
I_{dyn}	额定动稳定电流, 定义 3.1.42
I_{psc}	暂态的额定一次短路电流, 定义 3.3.5
I_{p}	$i_{\text{p res}}(t)=0$ 时的一次电流方均根值, 定义 3.1.19
I_{pr}	额定一次电流, 定义 3.1.20
$i_{\text{p}}(t)$	一次电流, 定义 3.1.19 和 3.3.11
$i_{\text{f res}}(t)$	一次剩余电流, 包括谐波和次谐波分量, 定义 3.1.19
$i_{\text{e}}(t), i_{\text{e}}(n)$	暂态下瞬时误差电流, 定义 3.3.12
φ	相位差, 定义 3.1.26
φ_{or}	额定相位偏移, 定义 3.1.28
φ_{e}	相位误差, 定义 3.1.29
ε	稳态下电流误差, 定义 3.1.25
ε_{c}	复合误差, 定义 3.3.4
$\hat{\varepsilon}$	最大峰值瞬时误差, 定义 3.3.13
τ_{pr}	额定一次时间常数, 定义 3.3.7
$p_{\text{re}}, \rho_{\text{re}}$	气体绝缘的额定充气压强或密度, 定义 3.1.48
$p_{\text{ae}}, \rho_{\text{ae}}$	气体绝缘的报警压强或密度, 定义 3.1.49
$p_{\text{me}}, \rho_{\text{me}}$	气体绝缘的最低工作压强或密度, 定义 3.1.50

4 正常和特殊使用条件

4.1 一般要求

除非另有规定, 高压电子式电流互感器额定性能的使用条件是 4.2 所列的正常使用条件。

如果实际使用条件与正常使用条件不同, 则高压电子式电流互感器应设计为符合用户要求的任何特殊使用条件, 或者须作适当调整(见 4.3)。

注 1: 为了保证电子元件的正常运行, 这些元件应该符合 GB/T 2423 的环境要求。

注 2: 有关环境条件分类的详细资料见 GB/T 4798.3(户内)和 GB/T 4798.4(户外)。

4.2 正常使用条件

4.2.1 环境温度

电子式电流互感器分为 3 种类别, 列于表 1。

表 1 温度类别

类 别	最低温度/℃	最高温度/℃
—5/40	—5	40
—25/40	—25	40
—40/40	—40	40

注：在选择温度类别时，贮存和运输条件亦应考虑。

4.2.2 海拔

海拔不超过 1 000 m。

4.2.3 振动或轻微地震

开关操作或短路电动力可能产生振动。电子式电流互感器由于外部原因引起的振动(例如断路器开关操作等)，必须列入正常使用条件。电子式电流互感器在这种场合下是否能正确运行，应进行试验验证(见 8.13)。由轻微地震造成的振动按特殊使用条件考虑。

4.2.4 户内型电子式电流互感器的其他使用条件

其他使用条件如下：

- a) 日照辐射影响可以忽略。
- b) 环境空气无明显灰尘、烟、腐蚀性气体、蒸气或盐等污秽。
- c) 湿度条件如下：
 - 1) 24 h 内测得的相对湿度平均值不超过 95%；
 - 2) 24 h 内水蒸气压强平均值不超过 2.2 kPa；
 - 3) 一个月内相对湿度平均值不超过 90%；
 - 4) 一个月内水蒸气压强平均值不超过 1.8 kPa。

在这些条件下，凝露可能会偶尔出现。

- 注 1：在高湿度期间，凝露可能在温度突然变化时出现。
- 注 2：为了保证能承受高湿和凝露的作用，防止绝缘击穿或金属件腐蚀，电子式电流互感器应按此条件设计。
- 注 3：可采用特殊设计的外壳(房屋)，也可采取适当的通风和加热、或者使用除湿设备防止凝露。

4.2.5 户外型电子式电流互感器的其他使用条件

其他使用条件如下：

- a) 24 h 内测得的环境气温平均值不超过 35℃。
- b) 日照辐射达 1 000 W/m²(晴天中午)时应予考虑。
- c) 环境空气可能有灰尘、烟、腐蚀性气体、蒸气或盐污秽。污秽等级见表 7。
- d) 风压不超过 700 Pa(相当于风速为 34 m/s)。
- e) 应考虑出现凝露或降水。

4.2.5.1 局部户外型电子式电流互感器

对于某些部分为户内和部分为户外的电子式电流互感器，制造方应指明设备的哪些部分是户内型，哪些部分是户外型。

4.3 特殊使用条件

4.3.1 一般要求

当电子式电流互感器使用在不同于 4.2 所列的正常使用条件时，用户应参照下述规定的内容提出要求。

4.3.2 海拔

安装处海拔超过 1 000 m 时，在标准大气条件下的弧闪距离应由使用处要求的额定耐受电压乘以按 GB 311.1 规定的海拔校正因数确定。如用户另有要求，海拔校正因数可参照附录 F 的规定选取，但

应在定货合同中注明。

注：内绝缘的电介质强度不受海拔影响，外绝缘的检查方法按 GB 311.1 的规定。

4.3.3 海拔对温升的影响

安装处海拔超过 1 000 m 时，在正常大气压空气中的部件，其温升应按下式校正：

$$\Delta\theta_c = \Delta\theta_m \left[1 - 0.03 \frac{(H - 1\,000)}{1\,000} \right]$$

式中：

$\Delta\theta_c$ ——校正后的温升值；

$\Delta\theta_m$ ——低海拔处测得的温升值；

H ——使用地区的海拔，m。

注：如海拔低于 2 000 m，低压辅助和控制设备无需采取特殊措施。对于更高海拔，见 GB/T 16935.1。

4.3.4 环境温度

安装地点的环境温度明显超出 4.2.1 所列的正常使用条件范围时，优先的最低和最高温度范围应规定为：

- a) 特别寒冷的气候—50℃和—40℃；
- b) 特别炎热的气候—5℃和—50℃。

在频繁出现湿热风的某些地区，可能发生温度的突然变化以致凝露，即使在户内也如此。

注：在某些日照辐射条件下，可能需要采取例如遮盖、吹风等适当措施，以避免温升超过规定。

4.3.5 地震

其要求和试验正在考虑中。

注：对于可能发生地震的安装地点，应由用户按照 GB/T 13540 规定其相应的烈度水平。

4.4 系统接地方式

所考虑的系统接地方式为：

- a) 中性点绝缘系统(见 3.1.33)；
- b) 共振接地系统(见 3.1.34)；
- c) 中性点接地系统(见 3.1.38)；
 - 1) 中性点直接接地系统(见 3.1.36)；
 - 2) 中性点阻抗接地系统(见 3.1.37)。

5 额定值

5.1 通用额定值

5.1.1 额定一次电流(I_{pr})的标准值

额定一次电流标准值为：

10 A、12.5 A、15 A、20 A、25 A、30 A、40 A、50 A、60 A、75 A 以及它们的十进制倍数或小数。

有下划线者为优先值。

5.1.2 额定扩大一次电流系数(K_{per})的标准值

K_{per} 的标准值为：

1.2、1.5、2.5、10、20、50、100。

有下划线者为优先值。

5.1.3 额定连续热电流(I_{eth})

额定连续热电流应不小于额定一次电流，或是有规定时的额定扩大一次电流。

5.1.4 短时电流的额定值

5.1.4.1 对称短路电流的标准值

5.1.4.1.1 标准准确限值系数(K_{alf})

标准准确限值系数为:

3、5、7.5、10、12.5、15、17.5、20、25、30、40、63、80 及其十进制倍数。

5.1.4.1.2 额定短时热电流(I_{th})

按 GB 16847,其方均根值标准值为:

6.3 kA、8 kA、10 kA、12.5 kA、16 kA、20 kA、25 kA、31.5 kA、40 kA、50 kA、63 kA、80 kA、100 kA。

5.1.4.1.3 额定动稳定电流(I_{dyn})

额定动稳定电流(I_{dyn})值通常为额定短时热电流(I_{th})的 2.5 倍,如与此值不同时应在铭牌上标出(见 3.1.42)。

5.1.4.2 暂态特性的标准值

5.1.4.2.1 额定对称短路电流倍数(K_{sc})的标准值

K_{sc} 的标准值为:

3、5、7.5、10、12.5、15、17.5、20、25、30、40、63、80 及其十进制倍数。

有下划线者为优先值。

5.1.4.2.2 额定一次短路电流(I_{psc})

优先值由上述条款所列值选取的 I_{pr} 和 K_{sc} 之乘积得出。额定一次短路电流应小于或等于 I_{th} (GB 16847)。

5.1.4.2.3 额定一次时间常数(τ_{pr})的标准值

额定一次时间常数标准值(GB 16847)为:

40 ms、60 ms、80 ms、100 ms、120 ms。

注:对于某些使用情况,可能要求更高值的额定一次时间常数。例如大型气轮发电机电路。

5.1.5 标准频率范围

电子式电流互感器应在标准频率范围内满足其准确级要求。标准频率范围:对测量用准确级应为额定频率(f_n)的 99%~101%,对保护用准确级应为额定频率的 96%~102%(GB/T 20840.7)。

如果有要求,标准频率范围之外的准确度按照附录 C 的规定。

5.1.6 温升限值

电子式电流互感器在其端子通过的一次电流为额定热连续电流,及(模拟量电压输出)连接额定负荷时,其温升应不超过表 2 所列的相应值。这些值是以第 4 章给定的使用条件为依据。

如果规定的环境温度超过 4.2 的给定值,表 2 的允许温升应减去环境温度的超过值。

如果电子式电流互感器规定在海拔超过 1 000 m 的地区使用,而试验处海拔低于 1 000 m,则表 2 的温升限值应按 4.3.3 修正减小。

电子式电流互感器的温升由所用技术的最低绝缘等级限定。各绝缘等级的最高温升列于表 2。

对电子式电流互感器预期最热部位的温升应进行代表性测量。此测量随所用技术而定(即绕组的电阻测量,一次导体的温度测量)。

表 2 互感器的温升限值

绝缘等级 (依据 GB/T 11021)	最高温升/K
浸于油中的所有等级	60
浸于油中且全密封的所有等级	65
充填沥青胶的所有等级	50

表 2(续)

绝缘等级 (依据 GB/T 11021)	最高温升/K
不浸油或不充沥青胶的各等级	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135

注：对某些材料(例如树脂)，制造方应指明其相应的绝缘等级。

5.1.7 额定辅助电源电压(U_w)

额定辅助电源电压是指装置运行时在其自身电源端口测得的电压，如有必要，包括制造方提供的或要求装入的串联辅助电阻或附件，但不包括连接电源的导体。

额定辅助电源电压应在表 3 和表 4 所列的标准值中选取。

表 3 直流(DC)电压 单位为伏

24
<u>48</u>
60
<u>110</u> 或 125
<u>220</u> 或 250

注：有下划线者为优先值。

表 4 交流(AC)电压 单位为伏

三相三线或三相四线制系统	单相三线制系统	单相二线制系统
—	120/240	120
220/380	—	(220)
230/400	—	230
(240/415)	—	(240)
277/480	—	277

注 1：第一栏中的较低值是对中性点的电压，较高值是相间电压。第二栏中的较低值是对中性点的电压，较高值是线间电压。

注 2：230/400 V 将是未来唯一的 IEC 标准电压，并推荐在新系统上采用。IEC 标准化工作将在下阶段考虑把现有系统中的 220/380 V 和 240/415 V 这些不同电压归入 230/400 V($1\pm 10\%$)范围内。

5.1.8 额定辅助电源频率

额定电源频率的标准值为直流、50 Hz 和 60 Hz。

5.1.9 辅助电源电压的标准参考范围

辅助电源电压的标准参考范围由表 8 所列电压慢变化的要求规定。

5.1.10 温度的标准参考范围

除非另有规定，温度的标准参考范围应为第 4 章所列环境气温的下限值到上限值。

5.1.11 唤醒时间的标准参考范围

在额定一次电流下唤醒时间的标准最大值为：
无、1 ms、2 ms、5 ms。

在唤醒时间内,模拟量输出为0,数字量输出为无效。必须注意,在此延时期间保护继电器不得有动作判断。

5.2 额定相位偏移的标准值

额定相位偏移的标准值为:

0°和90°(例如单独式空心线圈)。

5.3 数字量输出的额定值

5.3.1 数字量输出额定值

额定二次输出的标准方均根值列于表5。

表5 数字量输出的额定值

额定值	测量用 ECT (比例因子 SCM)	保护用 ECT (比例因子 SCP)	EVT (比例因子 SV)
(range-flag=0)	2D41 H (十进制 11 585)	01CF H (十进制 463)	2D41 H (十进制 11 585)
量程标志(range-flag=1)	2D41 H (十进制 11 585)	00E7 H (十进制 231)	2D41 H (十进制 11 585)

注1: 所列16进制数值,在数字侧代表额定一次值(皆为方均根值)。

注2: 保护用ECT能测量电流高达50倍额定一次电流(0%偏移)或25倍额定一次电流(100%偏移),而无任何溢出。测量用ECT和EVT能测量达2倍额定一次值而无任何溢出。

注3: 如果互感器的输出是一次电流的导数,其动态范围与电流输出的动态范围不同。电流互感器的最大量程与暂态过程的直流分量有关。微分后,此低频分量的幅值减小。因而,例如range-flag=0时,电流导数输出的保护用ECT能测量无直流分量(0%偏移)的50倍额定一次电流,或全直流分量(100%偏移)的25倍额定一次电流。

注4: 对保护用ECT,当range-flag置位时,不发生溢出的一次电流最大可测量值增加一倍。

5.3.2 额定延迟时间(t_{dr})的标准值

延迟时间的标准值为:

$2T_s$ 、 $3T_s$ (T_s 为数据速率的倒数)

注1: 如果数据帧仅包含测量用数据,允许更大的延迟时间以获得最佳的抗混叠滤波,但限于最大3.3 ms。

注2: 如果合并单元采用同步脉冲,对所有数据速率的延迟时间皆为0.3 ms~3 ms,因为它与相位误差无关。

5.3.3 数据速率($1/T_s$)的额定值

数据速率的额定值为:

在 $f_r = 50$ Hz 或 60 Hz 时 $80f_r - 48f_r - 20f_r$

及在 $f_r = 16\frac{2}{3}$ Hz 时 $48f_r$

注1: $20f_r$ 和 $48f_r$, 不能满足所有准确级对谐波的全部准确度要求(见附录C)。

注2: 对馈送数据速率高于所需值的系统,二次设备应该采用 IEC 60255-24(电力系统暂态数据交换的通用格式)所述的采样抽取技术。

注3: 如用户有要求时,可采用更高的数据速率,如: $96f_r \sim 200f_r$ 等。

5.4 模拟量电压输出的额定值

5.4.1 额定延迟时间(t_{dr})的标准值

额定延迟时间的标准值为:

无, 50 μ s, 100 μ s, 200 μ s, 500 μ s。

5.4.2 额定二次电压(U_{sr})的标准值

在额定一次电流下的额定二次电压 U_{sr} 方均根值,其标准值为:

22.5 mV, 150 mV, 200 mV, 225 mV, 4 V。

对于在中压系统中通常不使用二次转换器的情况(传输系统直接连接到低压设备,见图 1),其标准额定值为:

- 22.5 mV 和 225 mV,用于输出电压正比于电流的电子式电流互感器(例如带内装负荷的铁心式互感器)。
- 150 mV,用于输出电压正比于电流导数的电子式电流互感器(例如空心线圈)。

注:额定二次电压 40 mV、100 mV 和 1 V 可用于现有设计。

对于使用二次电子转换器的情况(见图 1),其标准额定值:在保护用时为 200 mV,在测量用时为 4 V。

注:ANSI 标准还推荐额定二次电压 200 mV 用于保护用模拟量输出。对于测量用输出,因量程是 4 倍 I_{pr} ,ANSI 标准推荐为额定二次电压 2 V。如果 I_{pr} 的规定值选择得当,这些标准值是兼容的。

5.4.3 额定负荷(R_{br})

额定负荷的标准值以欧姆表示为:

2 k Ω 、20 k Ω 、2 M Ω 。

总负荷须等于或大于额定负荷。

注:应注意到电气测量仪表或继电保护装置的并联电容。

6 设计要求

6.1 一般设计要求

6.1.1 绝缘要求

6.1.1.1 一次端的额定绝缘水平

(见 GB 1208—2006 的 6.1.1)

6.1.1.2 一次端的其他绝缘要求

(见 GB 1208—2006 的 6.1.2)

6.1.1.2.1 工频耐受电压

(见 GB 1208—2006 的 6.1.2.1)

6.1.1.2.2 局部放电

(见 GB 1208—2006 的 6.1.2.2)

6.1.1.2.3 截断雷电冲击耐受电压

(见 GB 1208—2006 的 6.1.2.3)

6.1.1.2.4 电容量和介质损耗因数

(见 GB 1208—2006 的 6.1.2.4)

6.1.1.2.5 多次截断雷电冲击

(见 GB 1208—2006 的 6.1.2.5)

6.1.1.3 低压器件的电压耐受能力

低压器件如合并单元和二次转换器,通常包含彼此电气绝缘的多个独立电路。其绝缘应能满足表 6 的要求。

表 6 低电压耐受能力

被试端口	结构和引用标准	电压耐受能力	冲击电压耐受能力
电源输入	按照 GB 11022—1999 的 6.2.10	交流电源输入: 交流 2.0 kV,1 min 或 直流电源输入: 直流 2.8 kV,1 min	5 kV,1.2/50 μ s

表 6(续)

被试端口	结构和引用标准	电压耐受能力	冲击电压耐受能力
输出和输入 接到开关站区与控制柜 区之间的电气链接 (见图 14)	结构 1: 双屏蔽双绞线电缆,其一层或两 层屏蔽和信号线用电缆的组合 插头与二次设备连接,仅一层屏 蔽连接互感器	交流 1.5 kV,1 min 或 直流 2.1 kV,1 min	5 kV,1.2/50 μs
	其他结构: (按照 GB 11022—1999 的 6.2.10 和 GB/T 14598.3—1993 的第 8 章)	交流 2.0 kV,1 min 或 直流 2.8 kV,1 min	5 kV,1.2/50 μs
其他输出和输入 (见图 14)	(按照 GB/T 14598.3—1993 的 第 6 章和 IEC 61850-3)	交流 500 V,1 min 或 直流 700 V,1 min	
注: 直流试验仪推荐用于电子设备。			

6.1.1.4 外绝缘要求

6.1.1.4.1 一般要求

如电子式电流互感器采用瓷绝缘子时,绝缘子应符合 JB/T 5895 的要求。如电子式电流互感器采用空心复合绝缘子时,绝缘子应符合 IEC 61462 的要求。

6.1.1.4.2 污秽

对带有易受污秽的高电压瓷绝缘子的户外型电子式电流互感器,其给定各污秽等级的爬电距离列于表 7。

表 7 给定污秽等级的爬电距离

污秽等级		最小标称爬电比距 mm/kV ^{a,b}	爬电距离/弧闪距离
I	轻	16	≤3.5
II	中	20	
III	重	25	≤4.0
IV	严重	31	
注 1: 公认绝缘子的形状对其表面绝缘特性有非常大的影响。			
注 2: 在极轻的污秽地区,根据运行经验可采用标称爬电比距低于 16 mm/kV,但最小约为 12 mm/kV。			
注 3: 对特别严重的污秽情况,标称爬电比距 31 mm/kV 可能不满足要求。根据运行经验和/或试验室试验结果,可采用更大的爬电比距,但在某些情况下可能需要考虑冲洗的可能性。			
^a 爬电比距为相对地的爬电距离除以设备最高电压(相对相)方均根值(见 GB 311.1)。			
^b 有关爬电距离的其他要求和制造公差见 JB/T 5895。			

6.1.2 温升的一般要求

- 电子式电流互感器的设计和构造,应能承受下述条件的热效应而温升不超过规定限值且无损伤:
- 规定的最高环境温度;
 - 额定频率;
 - 额定连续热电流;
 - 辅助电源电压和二次负荷的综合作用,使二次转换器具有最大的内部功率消耗。

6.1.3 无线电干扰电压要求

无线电干扰电压要求的目的是检验电子式互感器上电晕放电的发射。电晕放电的主要原因是高电

压零件和绝缘子箱体表面的局部放电。此试验适用于 $U_m \geq 126$ kV 的电子式互感器。

其要求和试验程序见 GB 1208。

6.1.4 传递过电压要求

传递过电压要求的目的是检验传递过电压从电子式互感器一次向二次输出、合并单元或电源的传播状态。

过电压的主要起因是高电压设备的开关操作。如果传输系统采用绝缘体,则此要求不适用。

其要求和试验程序见 GB 1208。

6.1.5 电磁兼容要求

6.1.5.1 一般要求

电磁兼容(EMC)是一种性能,表示一台设备或一个系统在它的电磁环境下能满意地运行,且不对该环境中的任何物件产生过量的电磁骚扰[GB/T 4365]。为了评定电子式互感器在此特定电磁环境中的特性,需要确定发射和抗扰度的适当限值。各有关试验的目的分述如下。

6.1.5.2 发射要求

除了无线电干扰电压试验(RIV 试验)和传递过电压试验所包含的发射要求之外,GB 4824 所考虑的发射限值也适用于电子式互感器,且应进行相应的试验。

6.1.5.3 抗扰度要求

表 8 列出适用于电子式互感器的各项型式试验及其严酷等级和评价准则。与此有关的其他试验仍在考虑之中。

表 8 抗扰度要求和试验

试 验	引用标准	严酷等级	评价准则
谐波和间谐波抗扰度试验 ^a	GB/T 17626.13	2	A
电压慢变化抗扰度试验 ^a	GB/T 17626.11	+10%~-20%	A
电压慢变化抗扰度试验 ^b	GB/T 17626.29	-20%~-20%	A
电压暂降和短时中断抗扰度试验 ^a	GB/T 17626.11	30%暂降×0.1s ^c 中断×0.02s ^c	A
电压暂降和短时中断抗扰度试验 ^b	GB/T 17626.29	50%暂降×0.1s ^c 中断×0.05s ^c	A
浪涌(冲击)抗扰度试验	GB/T 17626.5	4	B
电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	GB/T 17626.4	4	B
振荡波抗扰度试验	GB/T 17626.12	3	B
静电放电抗扰度试验	GB/T 17626.2	2	B
工频磁场抗扰度试验	GB/T 17626.8	5	A
脉冲磁场抗扰度试验	GB/T 17626.9	5	B
阻尼振荡磁场抗扰度试验	GB/T 17626.10	5	B
射频电磁场辐射抗扰度试验	GB/T 17626.3	3	A
A: 满足准确度规范限值以内的正常性能(稳态下,在额定一次电流或其较低值)。 B: 允许与保护无关的测量性能暂时下降或能够自动恢复的自诊断运作。不允许复位或重新启动。不允许输出过电压超过 500 V。对于保护用电子式互感器,不允许性能下降致使继电保护装置误动。			
^a 仅适用于带交流电源端口的电子式互感器。 ^b 仅适用于带直流电源端口的电子式互感器。 ^c 适合于普通继电保护装置的数值。			

6.1.5.3.1 谐波和谐间波抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对其低压电源谐波和谐间波分量的抗扰度。本试验要求仅适用于采用交流电源的电子式互感器。

6.1.5.3.2 电压慢变化抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对其低压电源电压缓慢变化的抗扰度。本试验要求适用于交流或直流电源。

6.1.5.3.3 电压暂降和短时中断抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对其低压电源电压暂降和短时中断的抗扰度。本试验要求适用于交流或直流电源。

6.1.5.3.4 浪涌(冲击)抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对电网中操作和雷击(直接或间接)过电压引起单向性瞬变过程的浪涌(冲击)的抗扰度。本试验要求对于高压和中压设备非常重要,因为它们遭受雷击的概率高。

6.1.5.3.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对极快瞬变脉冲群的抗扰度。其起因是小感性负载切合、继电器接触颤动(传导干扰),或者高压开关操作——尤其是 SF₆ 或真空开关(发射干扰)。

6.1.5.3.6 振荡波抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对高压和中压电站低压电路出现重复性阻尼振荡波的抗扰度。其起因是开关操作(高压/中压露天电站的隔离开关,尤其是对高压母线的合分),或者是高压或中压电网发生故障。

6.1.5.3.7 静电放电抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对静电放电(ESD)的抗扰度,放电发生在操作者(直接或通过工具)触及设备或其邻近物。这通常不必过于担忧,因为电子式互感器的电子器件部分,无论在户外或户内一般皆坐落在裸露的混凝土地面上,也不靠近合成材料的地毯或器具。但为了安全,电子器件通常要装在与良好接地网牢固连接的金属箱内,这样就会使静电放电的概率非常小。

6.1.5.3.8 工频磁场抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对工频磁场的抗扰度。此磁场是由邻近的电力线路、变压器等在正常运行或故障条件下产生。本试验要求很重要,因为电子式互感器的电子器件部分预计要靠近电力回路。

6.1.5.3.9 脉冲磁场抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对建筑物、金属构架和接地网遭雷击所产生脉冲磁场的抗扰度。本试验要求适合于易受雷击的高压和中压设备。

6.1.5.3.10 阻尼振荡磁场抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对隔离开关合分高压母线所产生阻尼振荡磁场的抗扰度。本试验要求主要适用于安装在高压变电站的电子设备。

6.1.5.3.11 射频电磁场辐射抗扰度

本试验要求的目的是检验电子式互感器对无线电发射机或其他装置发射电磁波所产生电磁场的抗扰度。对于高压和中压设备,最为严重的作用在于可能使用步话机和移动电话,而接近广播电台或业余无线电的概率通常很低。

6.1.6 信噪比

在制造方规定的频带宽度内,电子式电流互感器输出的最小信噪比应为 30dB(相对于额定二次输出)。

6.1.7 唤醒电流

如果涉及,唤醒电流应由制造方规定。

6.1.8 机械强度要求

这些要求仅适用于 $U_m \geq 72.5$ kV 的独立型电子式电流互感器。

表 9 列出了电子式电流互感器应能承受的静态载荷控制值。其数值包含风力和覆冰作用的载荷。规定的试验载荷定可施加于一次端子的任意方向。

表 9 静态承受试验载荷

设备最高电压 U_m /kV	静态承受试验载荷 F_R /N	
	I 类载荷	II 类载荷
72.5	1 250	2 500
126	2 000	3 000
252~362	2 500	4 000
≥ 550	4 000	6 000

注 1: 常规运行条件下所加载荷的总和不得超过规定承受试验载荷的 50%。

注 2: 在某些应用情况下, 电子式电流互感器的通电流端子, 应能承受很少有的急剧动态载荷 (例如短路), 它不超过静态试验载荷的 1.4 倍。

注 3: 在某些应用情况下, 一次端子可能需要抗扭转。试验时施加的扭矩由制造方和用户商定。

6.1.9 可靠性和可信赖性

制造方应按有关标准, 例如 IEC 60812 和 IEC 61025, 提供电子式电流互感器的可靠性和可信赖性资料。其内容包括可维修各主件预期的平均无故障时间 (MTTF) 和平均无故障间隔时间 (MTBF), 以及故障模式与后果分析 (FMEA)。提供框图说明各分部件之间的关系, 怎样管理如果有的冗余度。可维修各件及其维修方法必须清楚表示。

注: 改善可靠性和可信赖性的一种方法可能是采用适当的冗余度。

制造方应尽力提供所有必需的控制, 避免因电源丧失或电源不足、内部元器件丧失或元器件故障引起的任何虚假运行。

电子式电流互感器的可靠性和可信赖性状况与变电站所用电子器件相类似。所以, 电子式电流互感器的可靠性和可信赖性也应同样对待。

至少, 电子式电流互感器应能在某些元器件更换后无需校准仍保持其准确级。容许更换的元器件仅是电子式电流互感器制造方指定的元器件。

现场可更换且无需校准的器件 (分部件) 应以适当标志特别标明。此工作能力应由试验验证。

其余的器件更换时, 则需要整个电子式电流互感器重新校准。

6.1.10 设备中液体介质的要求

制造方应规定设备所用液体介质的类型及其数量、品质要求, 并向用户提供更新液体介质和保持其数量、品质要求所必需的说明书。

6.1.10.1 液位

适合时, 设备应带有指示正常运行允许最低和最高限位的液面检查装置, 或类似的检查装置。

6.1.10.2 液体介质的品质

设备所用液体介质应符合制造方的说明书。

对于油浸式设备, 新绝缘油应符合 IEC 60296 的要求。

6.1.11 设备中气体介质的要求

制造方应规定设备所用气体介质的类型及其数量、品质和密度要求, 并向用户提供更新气体介质和保持其数量、品质要求所必需的说明书, 但全封闭死的压力系统除外。

对于充六氟化硫的设备, 新六氟化硫应符合 IEC 60376 的要求。

为防止凝露,在所充气体为绝缘要求的额定充气密度 ρ_n 的设备内,其最大容许含水量,对应于在 20℃ 下测量的露点应不高于 -25℃ (或更低)。在其他温度下的测量值须作适当校正。露点的测量和确定见 IEC 60376B 和 IEC 60480。

高压设备容纳压缩气体的零部件,应符合有关标准的要求。

制造方对密闭压力电子式电流互感器所规定的密封特性,应符合维修量和检验量最小的原则。

密闭压力电子式电流互感器的气密性,用相对泄漏率 F_{rel} 规定,应不超过每年 0.5%。

注:这些数值可用于计算补气的间隔时间 T ,但不适用于极端温度状态或频繁操作情况。

对充气式电子式电流互感器,应提供其在运行时安全地进行补气的方法。

注:应注意遵守有关压力容器的地方法规。

6.1.12 设备的接地

对于电子式电流互感器,每台设备装置的座架均应提供可靠的接地端子,且具有供适合于在规定故障条件下连接接地导体的紧固螺丝或螺栓。

紧固螺丝或螺栓的直径不小于 8 mm,对安装在 $U_m \geq 40.5$ kV 开关站区的装置则不小于 12 mm。

金属外壳连接接地系统的零件可认为是一个接地导体。

6.1.13 外壳的防护等级

对于高压设备的包含电源电路零件并可从外部透入的所有外壳,以及所有高压设备装置的低电压控制电路和/或辅助电路及机械操作机构的外壳,皆应按照 GB/T 4208 规定其防护等级。

防护等级适应于设备的使用条件。

注:对于例如维修、试验等其他情况,可以有不同的防护等级。

6.1.13.1 防止触及危险零件的人身防护和防止固体异物进入的设备防护

防止触及电源电路、控制和/或辅助电路的危险件及任何危险运动件(不包括平稳转动的轴和缓慢移动的连杆),外壳的人身防护等级应按 GB 4208 规定的标志方式表示。

第一位特征数字表示的外壳防护等级,是关于人身防护,以及防止固体异物进入外壳的设备防护。

如果仅要求防止触及危险零件的防护,或要求比第一位特征数字所表示的防护等级更高时,可以采用 GB 4208 规定的补充字母。

GB 4208 列出了各防护等级外壳所“阻止”物体的详细内容。术语“阻止”表示:固体异物不能完全进入外壳,及人体的某部分或手持物件或者是不能进入外壳,或即使进入也能保持适当间距使之不会触及危险件。

6.1.13.2 防止进水的防护

规定不用 IP 代码的第二位特征数字表示防止有害进水的防护等级(第二位特征数字用 X 代替)。

户外设备有附加防雨和其他气候条件防护的要求时,规定用补充字母 W 加在第二位特征数字之后,或加在如果有附加字母之后。

6.1.13.3 正常使用条件下抗机械冲击的设备防护

封闭设备的外壳应有足够的机械强度(可有的相应试验在 8.11.2 规定)。

对户内装置,建议冲击水平为 2 J。

对无附加机械防护的户外装置,可规定更高的冲击水平,由制造方与用户商定。

6.1.14 可燃性

在可能之处,材料应按 GB/T 11020 的分类进行选择,设计的零件应能阻滞设备中因意外过热所产生火焰的蔓延。

6.1.15 振动

保护用电子式电流互感器的输出,应在承受与其使用状态相应的振动水平时仍运行正确。电子式电流互感器的不同部件可以承受不同的振动水平。

测量用电子式电流互感器的输出,仅进行振动寿命试验。

6.1.16 传输系统和输出链接的要求

6.1.16.1 一般要求

如传输系统和/或输出链接采用光缆,它应符合 IEC 60794 的要求。光缆应防水,且应与电缆隔离,安装在专用管道内。

传输系统和输出链接的缆线应具有防止啮齿类动物破坏的保护。

6.1.16.2 光学接插件

户外光纤接插件不允许没有适当的保护外套。

6.1.16.3 光纤端子盒

采用光纤端子盒时,它应是便于在地面直接进行检验。

6.1.16.4 缆线总长度

电子式电流互感器能够在制造方规定的传输系统缆线和输出链接的最大长度下运行。

注:对于超高电压的露天变电站,制造方必须考虑缆线总长度可能达 1 km。

6.1.17 维修

某些电子式电流互感器结构需要维修。为了估计这种维修的复杂性和为了能够有效地进行维修,制造方应依据 15.6.2 提供维修手册。

6.1.18 故障检出和维修的告示

当自动检测出电子式电流互感器故障时,应使模拟量输出为零,或者触发数字量输出数据无效标志。至少,传输系统故障应能自动检出,或允许传输系统用继电器监视。在因电源中断造成输出中止的特定情况下,输出应是电压输出为零和数字量输出为无效。随着电子式电流互感器电源恢复,应自动恢复其运行。当检测出电子式电流互感器要求维修时,应有告示。对数字量输出,这将触发维修申请标志(见 6.2.4.1.11)。

6.1.19 可操作性

为了方便电子式电流互感器的操作和维修,凡是用户易接近的零部件的位置应由用户和制造方商定。这些零部件可以包括开关、插口、熔断丝、输入和输出等。

6.2 数字量输出的设计要求

6.2.1 一般要求

有关数字接口的物理层和链路层,允许有两种技术方案。一种采用 IEC 61850-9-1 所述的以太网,另一种在此描述。两种方案的应用层相同。实现在此所述的方案,可采用同步脉冲或者插值法,从多个合并单元得到时间相关的一次电流和电压样本。依据 IEC 61850-9-1 的以太网链接通常采用同步脉冲。

6.2.2 物理层

合并单元到二次设备的联结,可用光纤传输系统或铜线型传输系统实现。在以下条款中,分别叙述这两种系统。

通用帧的标准传输速度为 2.5 Mbit/s。采用曼彻斯特编码。首先传输 MSB(最高位)。

曼彻斯特编码:从低位转移到高位为二进制 1,从高位转移到低位为二进制 0,见图 3 说明。

注 1:数字量输出的通用信息见附录 E。

注 2:高位和低位的定义按 6.2.2.1 和 6.2.2.5 的规定。

6.2.2.1 光纤传输

如采用光纤传输系统,兼容接口是合并单元的光纤接插件。接插件类型见表 10 规定。此表提供的一些导则有助于建立可靠的光纤传输链接。其他的机械工程规范,例如安装位置和光缆布局,由制造方规定。

高位定义为“光线亮”,低位定义为“光线灭”。

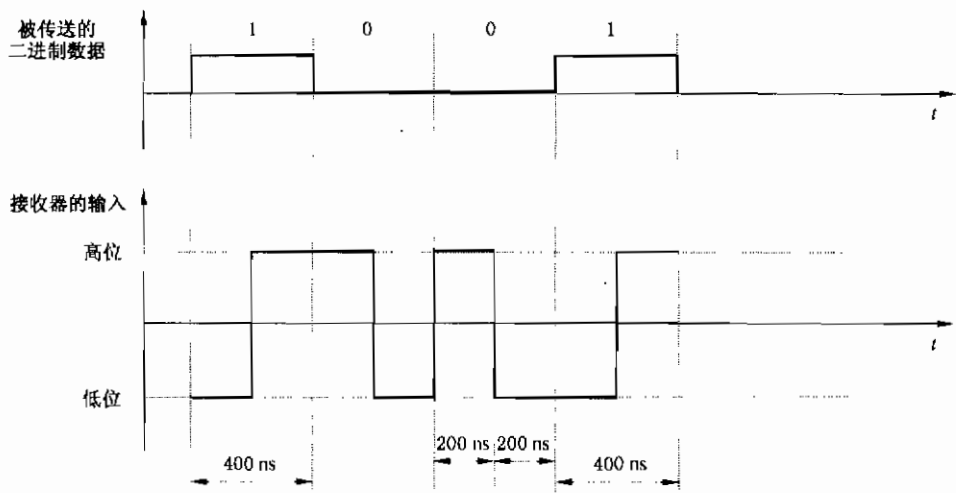


图 3 曼彻斯特编码

6.2.2.2 光驱动器特性

6.2.2.2.1 接收器的上升和下降时间

信号的上升和下降时间,由幅值的 10% 和 90% 两点确定,应小于 20 ns。

表 10 兼容性光纤传输系统

特 征	塑料光纤	玻璃光纤
接插件	BFOC/2.5 ^a	BFOC/2.5 ^a
光缆类型	阶跃折射率 980/1 000 μm	渐变折射率 62.5/125 μm ^b
典型距离	达 5 m	达 1 000 m
光波长	660 nm	820 nm~860 nm
最大传输功率 ^{d,e}	-10 dBm	-15 dBm
最小传输功率 ^{d,e}	-15 dBm	-20 dBm
最大接收功率 ^d	-15 dBm	-15 dBm
最小接收功率 ^d	-25 dBm	-30 dBm
系统储备量 ^f	最小 +3 dB	最小 +3 dB

^a LSH 接插件可用于严酷环境。

^b 可采用 50/125 μm 光纤。如采用此型光纤,可输入的传输功率会下降,因而应分别规定其距离、接收功率和系统储备量。

^c HP 塑料接插件可用于塑料光纤,也可以采用 ST 接插件。

^d 各功率值是 50% 占空比的平均值。

^e 传输光功率应在 10 m 长(硅 62.5/125 μm)或 1 m 长(塑料)光纤的输出处测量。0 dBm 定义为光功率方均根值 1 mW。

^f 设计传输链接时,须注意接收器上的光功率瞬时(峰)值不得超过其最大额定值。如超过最大额定值,接收器不可能正确检测比特流(因为它已无识别能力),因而传输线上发送信号会出现大量错误(亦见 6.2.2.2.2)。

6.2.2.2.2 光脉冲特性

过冲值应小于光脉冲标称输出的 30%,在脉冲后半部的脉动值限制为光脉冲标称输出的 10%。

过冲和脉动按图 4 定义。

过冲百分数定义为 $\{ [\text{过冲量} (P_{\text{峰值}} - P_{10\%})] / P_{10\%} \} \times 100$

脉动百分数定义为 $\{ [\text{最大的} | P(100 \text{ ns} < t < 200 \text{ ns}) - P_{100\%} |] / P_{100\%} \} \times 100$

注：进行这些测量，是为了检验接收器不受过高光功率的影响，和检验发送器输出的稳定性以满足良好的光功率检测。

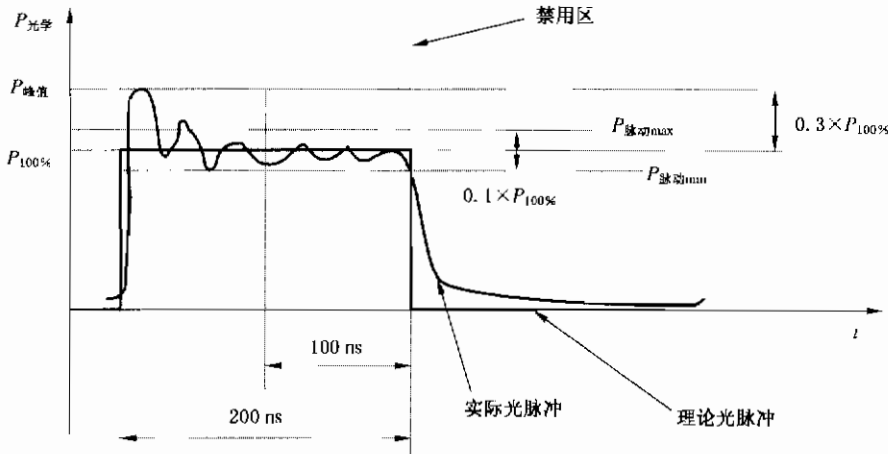


图 4 光脉冲特性

6.2.2.2.3 光脉冲试验电路

光脉冲试验电路见图 5。

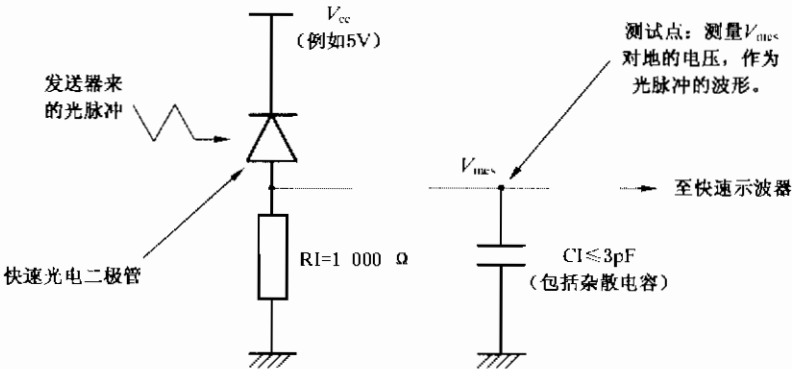


图 5 光脉冲试验电路

- 注 1：此电路未表示电源 V_{cc} 所需的去耦合网络。
注 2：示波器及其探头的频带宽度应至少为 500 MHz。
注 3：试验电路所用光电二极管的上升和下降时间应非常小，典型值 $\leq 1.5 \text{ ns}$ 。例如 BPX65。
注 4：光脉冲应在 10 m 长(石英 62.5/125 μm)或 1 m 长(塑料)光纤的输出上获取。

6.2.2.3 光接收器特性

6.2.2.3.1 接收器的上升和下降时间

信号的上升和下降时间，由幅值的 10% 和 90% 两点确定，应小于 20 ns。

6.2.2.3.2 脉冲宽度失真

脉冲宽度失真应小于 25 ns。

6.2.2.4 光传输的定时准确度

6.2.2.4.1 时钟抖动

半电压点测得的数据跳变应发生在标称时钟周期的 $\pm 10 \text{ ns}$ 以内。

6.2.2.5 铜线接口

铜线接口见图 6。

作为上述光纤传输系统的替换选择,铜线型传输系统可用在合并单元与电气测量仪器和继电保护装置之间(见表 11)。此传输系统应符合 EIA RS-485 标准。

在此用途中,仅用于电子式电流互感器到二次设备的单向性链接。由于 EIA RS-485 标准规定的特性,在一条物理线上最多可连接 32 个单元负荷。

表 11 兼容性铜线传输系统,用于单工制点对点链接

链 接	参 数
接插件	D 型,9 针
电缆类型	屏蔽双绞线
典型距离	达 250 m

注 1: 作为替换,可采用具有适当电磁兼容防护的 RJ-45 型接插件。

注 2: 多点联结的情况很复杂:一些扼要介绍见 6.2.2.6.4.3。

EIA RS-485 标准不规定所用电缆的类型。但 EIA RS-485 标准的附录 A.2.2 列有电缆选用导则。无论如何,中继电缆应是屏蔽电缆,且特性阻抗在频率 5 MHz 时为 $90\ \Omega\sim 120\ \Omega$ 。

所有其他的机械工程规范由制造方规定。

线路驱动器输出为 3 点式电缆(亦见 11.1.2)。低位定义为 A 点电压(V_a)高于 B 点电压(V_b), $V'_a-V'_b$ (接收器输入) $>200\text{ mV}$ 峰值。高位定义为 A 点电压(V_a)低于 B 点电压(V_b), $V'_a-V'_b$ (接收器输入) $<-200\text{ mV}$ 峰值。

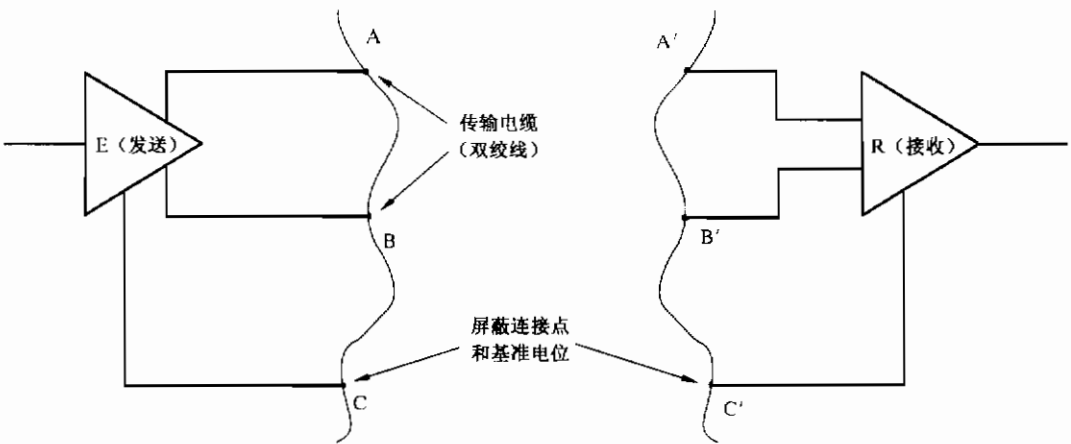


图 6 铜线接口

注 1: 铜线型传输系统对电磁干扰的敏感性远高于光纤型系统。含有铜线型传输系统应不得降低电气测量仪器和继电保护装置的运行性能。

注 2: 也可采用 RS 422 型通讯的设计电路,但必须经制造方和用户双方同意。

注 3: 对于多个接收器通过菊花链方式链接一个发送器的情况,特别要注意电缆的机械联结技术要求。

注 4: 接收器的最低灵敏度由 6.2.2.6.2.3 的要求规定。

6.2.2.6 铜线传输的电气要求

注: 波形、电磁兼容要求和试验电路的详细信息见 EIA RS-485 标准。

6.2.2.6.1 线路驱动器特性

6.2.2.6.1.1 输出阻抗

线路驱动器应具有平衡输出的内阻抗为 $110\times(1\pm 20\%)\ \Omega$,它是 0.1 MHz~6 MHz 频率下在其连接传输线的端子上测得。

6.2.2.6.1.2 信号幅值

信号幅值应为 3 V~10 V 峰对峰值,它是在输出端子所接的电阻($110\times(1\pm 1\%)\ \Omega$)上测得,且无

任何中继电缆。

6.2.2.6.1.3 上升和下降时间

最大上升和下降时间,由幅值的 10% 和 90% 两点确定,应为 20 ns,它是在线路驱动器输出端子所接的 110 Ω 电阻上测得。

6.2.2.6.2 线路接收器特性

6.2.2.6.2.1 接收器输入阻抗

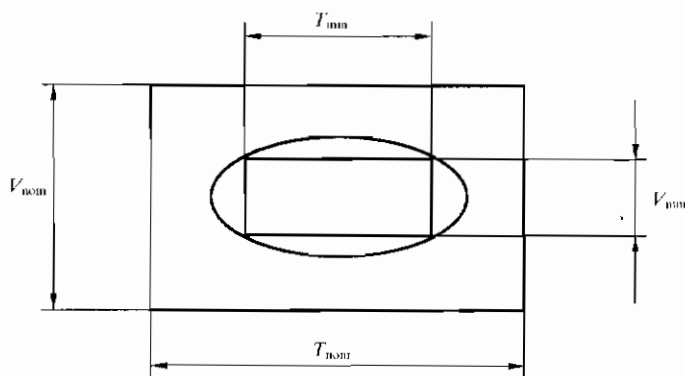
接收器最小输入电阻应为 12 k Ω 。

6.2.2.6.2.2 最大输入信号

接收器与 6.2.2.6.1.2 所规定极限电压之间工作的线路驱动器直接连接时,应能正确解译数据。

6.2.2.6.2.3 最小输入信号

当某随机输入信号产生的眼形图(见图 7),其特征为 V_{min} 是 200 mV 和 T_{min} 等于 50% 码元周期时,接收器应能正确解译数据。



符号:

V_{nom} 为 6.2.2.6.1.2 规定的范围(信号幅值);

$V_{min} = 200$ mV;

$T_{nom} = 200$ ns;

$T_{min} = 0.5 \times 200$ ns = 100 ns。

图 7 眼形图

6.2.2.6.3 定时准确度

6.2.2.6.3.1 时钟抖动

半电压点测得的数据跳变应发生在标称时钟周期的 ± 10 ns 以内。

6.2.2.6.4 其他

6.2.2.6.4.1 线路终端阻抗的匹配

为了保证传输线路正常运行,尤其是在高速率下,惯例是对传输线路添加终端阻抗。此终端阻抗防止线路上的任何反射,避免信号品质下降。这种情况的通用规则是线路驱动器输出阻抗和各接收器总输入阻抗与电缆线路特性阻抗相匹配。根据所选用的电缆,此特性阻抗值可能会有微小变化,但不超过本标准设定的限值。作为通用规则,输出和输入阻抗两者与特性阻抗的最佳匹配将保证最佳的传输品质。

6.2.2.6.4.2 单工制点对点联结

这是由一个驱动器和一个接收器组成。这种情况下,最简易的方法是适当地在接收器输入端并联一个电阻作为线路终端,该电阻值与线路特性阻抗相匹配。

6.2.2.6.4.3 单工制多点联结

这是由一个驱动器和传输线路不同点上连接的多个接收器组成。这种情况的优先结构是菊花链联

结。星形结构虽然简单和容易增补,但不能保证互感器应用时信号传输的正常品质。菊花链结构见图 8。

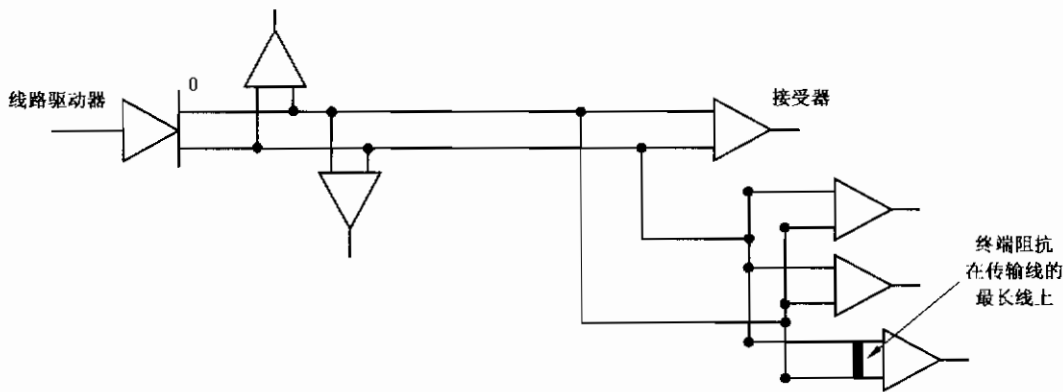


图 8 菊花链结构

为了建立可靠的传输链路,需遵守以下一些简明原则:

- 仅以线路电缆最远处为终端。其他传输链路按短线考虑,因而限制其长度(与主传输链路相比,短线的典型长度应小于 10 m)。
 - 由驱动器看,所有负荷(阻抗)之和(包括各接收器输入阻抗,终端电阻等)最小为 60 Ω。
- 注:寻找适用于多路点对点联结的接插件,比适用于单工制联结的较为困难。但是,例如 Worldfipbus、Profibus、Interbus、Bitbus、CAN 等现场总线所用的接插件可以采用。必须特别注意电缆屏蔽的连接。

6.2.3 链路层

此链路层选定为 IEC 60870-5-1 的 FT3 格式(见图 9)。此格式的优点是:

- 良好的数据完整性;
- 其帧结构使它有可能用于高速率的多点网络同步数据链接。

链接服务类别为 S1:SEND/NO REPLY(发送/不回答)。这实际上反映了互感器连续和周期性地传输其数值并不需要二次设备的任何认可或应答。

传输规则:

R1 空闲状态是二进制 1。两帧之间按曼彻斯特编码连续传输此值 1,为了使接收器的时钟容易同步,由此提高通讯链接的可靠性。两帧之间应传输最少 70 个空闲位。

R2 帧的最初两个八位字节代表起始符。

R3 16 个八位字节用户数据由一个 16 比特校验序列结束。需要时,帧应填满缓冲字节,以完成给定的字节数。

R4 由下列多项式生成校验序列码:

$$X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} - X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$$

此规范生成的 16 比特校验序列是取反的。

R5 接收器检验信号品质、起始符、各校验序列和帧长度。如果这些检验中任一项有误,该帧将废弃,反之交付给用户。

注 1: 规则 R1:推荐在两帧之间填满尽可能多的空闲位;某些接收器的同步方法可利用紧接起始符前的小空白间隔,使接收器为传输来临做好准备。

注 2: 因为所用的服务类别是 S1,故对 IEC 60870-5-1 的规则 R5 和 R6 已作修改;由于发送器无法知道接收器是否检测出错误,所以不需要 IEC 60870-5-1 对 R5 规定的最小空闲状态,否则会导致不必要的高数据速率。规则 R1 规定了最小空闲状态,并可供检验使用。

	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
起始符	0	0	0	0	0	1	0	1
	0	1	1	0	0	1	0	0
有效数据 1 (16 个字节)								
CRC	msb	有效数据 1 的 CRC						lsb
有效数据 2 (16 个字节)								
CRC	msb	有效数据 2 的 CRC						lsb
有效数据 3 (16 个字节)								
CRC	msb	有效数据 3 的 CRC						lsb

其中: CRC 为“循环冗余码”, msb 为“最高位”, lsb 为“最低位”。

图 9 依据 FT3 的帧格式

6.2.4 应用层

为了与未来的标准 IEC 61850-9-1 相一致,定义了数据帧所包含的几个识别符(例如,逻辑节点名和逻辑设备名)。

6.2.4.1 数据类型规范

6.2.4.1.1 数据集长度

Length_i = UI 16[1..16], <0..65535>

长度字段包括跟随的数据集的长度。长度用八位字节给出,其计算按照不包括帧头的数据集的长度(长度和数据群)。本部分所定义的点对点链接的长度是 44(十进制)。

6.2.4.1.2 逻辑节点名(LNName)

LNName = ENUM 8 <0..255>

本标准定义的点对点链接的逻辑节点名(LNName)值是 02。

6.2.4.1.3 数据集名(DataSetName)

DataSetName = ENUM 8 <0..255>

DataSetName 是一个特定数,用于标识数据集结构,即数据通道分配。其允许值为 01 和 FE H(十进制 254)。

表 12 规定了 DataSetName=01 时对各信号源的 DataChannel 数据通道分配。

当表 12 的标准通道映射不适用时,DataSetName=FE H(十进制 254)表示采用可按照各种用途调整的特定通道映射。制造方必须提供数据通道映射对应于表 12(各数据通道的数值、参考值和比例因子)的信息,以便正确配置二次设备。实例见 E.3。

运行时 DataSetName 的数值不能改变,即由设计或发货前的配置固定了数据通道分配。

表 12 DataSetName=01 的数据通道映射,通用用途

DataSetName	01			
	信号源	对象引用	参考值	比例因子(见表 5)
DataChannel # 1	A 相电流,保护	PhsATCTR, Amps	额定相电流	SCP
DataChannel # 2	B 相电流,保护	PhsBTCTR, Amps	额定相电流	SCP
DataChannel # 3	C 相电流,保护	PhsCTCTR, Amps	额定相电流	SCP
DataChannel # 4	中性点电流	NeutTCTR, Amps	额定中性点电流	SCM
DataChannel # 5	A 相电流,测量	PhsA2TCTR, Amps	额定相电流	SCM
DataChannel # 6	B 相电流,测量	PhsB2TCTR, Amps	额定相电流	SCM
DataChannel # 7	C 相电流,测量	PhsC2TCTR, Amps	额定相电流	SCM
DataChannel # 8	A 相电压	PhsATVTR, Volts	额定相电压	SV
DataChannel # 9	B 相电压	PhsBTVTR, Volts	额定相电压	SV
DataChannel # 10	C 相电压	PhsCTVTR, Volts	额定相电压	SV
DataChannel # 11	中性点电压	NeutTVTR, Volts	额定相电压	SV
DataChannel # 12	母线电压	BBTVTR, Volts	额定相电压	SV
注: 在 IEC 61850-9-1 中,对象引用依据 <LNName><DataName> 格式;LNName 为<LNPrefix><LNClassName><LNInstanceID>;DataName 和 LNClassName 已标准化,其余的可以配置。按此表的上列内容,TCTR 和 TVTR 为 LNClassName;Amps 和 Volts 为 DataName;其余是如何配置命名的实例。				

6.2.4.1.4 逻辑设备名(LDName)

LDName = UI 16, <0..65535>

逻辑设备名(LDName)是一个特定数,用在变电站中标识数据集的信号源。LDName可以参数化,例如,在安装时给定其参数。

6.2.4.1.5 额定相电流(PhsA, Artg)

PhsA, Artg = UI 16 <0..65535>

注:按照未来的 IEC 61850-7-4,各相可以有自身的额定值。现选择 A 相,就通用数据集包含的信息作一示范。

额定相电流以安培(方均根值)数给出。

注:此值的传输为任选。如果不发送,则应以传输 0 值代替。在这种情况下,接收器必须参数化,如同对待传统互感器那样明确。如果传输不需要接收器参数化,则不良配置设备的危险性下降,并且设置简化。

6.2.4.1.6 额定中性点电流(Neut, Artg)

Neut, Artg = UI 16 <0..65535>

额定中性点电流以安培(方均根值)数给出。

注:此值的传输为任选。如果不发送,则应以传输 0 值代替。在这种情况下,接收器必须参数化,如同对待传统互感器那样明确。如果传输不需要接收器参数化,则不良配置设备的危险性下降,并且设置简化。

6.2.4.1.7 额定相电压和额定中性点电压(PhsA, Vrtg)

PhsA, Vrtg = UI 16 <0..65535>

注:按照未来的 IEC 61850-7-4,各相可以有自身的额定值。现选择 A 相,就通用数据集包含的信息作一示范。

额定电压以 $1/(\sqrt{3} \times 10)$ kV(方均根值)数给出。

额定相电压和额定中性点电压皆乘以 $\sqrt{3}$ 进行传输,避免舍位误差。

例如:一台 EVT 的额定电压 $U_r = 110/\sqrt{3}$ kV,在数据帧的额定相电压值为:

$$(110/\sqrt{3}) \times \sqrt{3} \times 10 = 1\ 100$$

注:此值的传输为任选。如果不发送,则应以传输 0 值代替。在这种情况下,接收器必须参数化,如同对待传统互感器那样明确。如果传输不需要接收器参数化,则不良配置设备的危险性下降,并且设置简化。

6.2.4.1.8 额定延迟时间

tdr = UI 16 <0..65535>

额定延迟时间以微秒(μ s)数给出。

6.2.4.1.9 数据通道 DataChannel #1 至 DataChannel #12

DataChannel #n = I 16 <-32768..32767> (即 16 比特线型 2 s 补码)

DataChannel #1 至 DataChannel #12 各数据通道给出测得的即时值,分别为

——相电压;

——相电流,保护用;

——相电流,测量用;

——中性点电流;或

——中性点电压。

对测量值的数据通道分配,依据 6.2.4.1.3 和 E.3 所述的 DataSetName 赋值。

保护用和测量用的相电流数据的比例

如果数据通道为相电流占用,其比例由测量用电子式电流互感器的额定输出值或保护用电子式电流互感器的额定值规定(见表 5)。

比例的实例:

如一台保护用电子式电流互感器,额定一次电流 4 000 A(方均根值),按表 5 规定,额定输出为 SCP

$=01CF\text{ H}$ (方均根值, RangFlag=0)。

例如,对应于样本 2DF0 H 的即时模拟量电流值为: $(2DF0/01CF) \times 4\,000\text{ A} = 101\,598\text{ A}$ 。

如果发生溢出,正溢出必须用 7FFF H 码指示,负溢出必须用 8 000 H 码指示。

保护用和测量用的导数相电流数据的比例

如果数据通道为相电流导数占用,其比例由测量用电子式电流互感器的额定输出值或保护用电子式电流互感器的额定值(见表 5)及一次电流的额定角频率($\omega = 2\pi f_r$)规定。

中性点电流数据的比例

中性点电流可以用单独的互感器测量,或用三个相电流叠加计算。其比例由测量用电子式电流互感器的 SCM 额定输出值规定(见表 5),但与 RangFlag 的设置无关。

如果发生溢出,正溢出必须用 7FFF H 码指示,负溢出必须用 8 000 H 码指示。当中性点电流值由三个相电流叠加计算时,如有一相电流溢出也必须指示溢出。

注:中性点电流的额定准确度可以与相电流的规定准确度不相同。

电压数据(相电压、中性点电压或母线电压)的比例

如果数据通道为 A、B、C 相及中性点或母线测得的即时电压占用,其比例由 SV 额定输出值规定(见表 5)。

母线电压可以传输一相的母线值供同步用。

比例的实例:

如一台 EVT,额定一次电压 $220\text{ kV}/\sqrt{3}$ (方均根值),按表 5 规定,额定输出为 $SV = 2D41\text{ H}$ (方均根值)。

例如,对应于样本 2DF0 H 的即时模拟量电压值为: $(2DF0/2D41) \times 220\text{ kV}/\sqrt{3} = 129\text{ kV}$ 。

如果发生溢出,正溢出必须用 7FFF H 码指示,负溢出必须用 8 000 H 码指示。当中性点电压值由三个相电压叠加计算时,如有一相电压溢出也必须指示溢出。

注:在一些带滞留电荷重合闸的情况下(见 GB/T 20840.7—2007 的 C.4),数字量电压值可能高达溢出。

6.2.4.1.10 样本计数器(SmpCnt)

$\text{SmpCnt} = \text{UI } 16[1..16] <0..65535>$

$<0..65535> :=$ 顺序计数

此 16 位计数器用以检查连续更新的帧数。此计数应在每出现一个新帧时加 1。连续运行中一旦溢出,它应以 0 值重新开始。

采用同步脉冲进行各合并单元同步时,计数应随每一个同步脉冲出现时置零。一次电流采样与同步脉冲重合时的数据集应赋值为 0。

6.2.4.1.11 状态字(StatusWord #1 和 StatusWord #2)

$\text{StatusWord} \#n = \text{BS } 16$

状态字 StatusWord #1 和 StatusWord #2 的说明见图 10 和图 11。

如果一个或多个数据通道不使用,相应的状态标志应设置为无效,相应的数据通道应填入 0000 H。

如果互感器有故障,相应的状态标志应设置为无效,并应设置要求维修标志(LPHD, PHHealth)。

如为预防性维修,所有配置信号皆有效,可以设置要求维修标志(LPHD, PHHealth)。

当因在唤醒时间期间而数据无效时,应设置无效标志和唤醒时间指示的标志。

在下列逻辑条件满足时: [[同步脉冲消逝或无效] 和 [合并单元内部时钟漂移超过其相位误差额定限值的一半]], 应设置同步脉冲消逝或无效比特(比特 4)。

	说明		注释
比特 0	要求维修 (LPHD, PHHealth)	0:良好 1:警告或报警(要求维修)	
比特 1	LLN0, Mode	0:接通(正常运行) 1:试验	
比特 2	唤醒时间指示 唤醒时间数据的有效性	0:接通(正常运行),数据有效 1:唤醒时间,数据无效	在唤醒时间期间应设置
比特 3	合并单元的同步方法	0:数据集不采用插值法 1:数据集适用于插值法	
比特 4	对同步的各合并单元	0:样本同步 1:时间同步消逝/无效	如合并单元用插值法也要设置
比特 5	对 DataChannel #1	0:有效 1:无效	
比特 6	对 DataChannel #2	0:有效 1:无效	
比特 7	对 DataChannel #3	0:有效 1:无效	
比特 8	对 DataChannel #4	0:有效 1:无效	
比特 9	对 DataChannel #5	0:有效 1:无效	
比特 10	对 DataChannel #6	0:有效 1:无效	
比特 11	对 DataChannel #7	0:有效 1:无效	
比特 12	电流互感器输出类型 $i(t)$ 或 $d(i(t))/dt$	0: $i(t)$ 1: $d(i(t))/dt$	对空心线圈应设置
比特 13	RangeFlag	0:比例因子 SCP=01CF H 1:比例因子 SCP=01E7 H	比例因子 SCM 和 SV 皆无作用
比特 14	供将来使用		
比特 15	供将来使用		

图 10 状态字 #1(StatusWord #1)

	说明		注释
比特 0	对 DataChannel # 8	0:有效 1:无效	
比特 1	对 DataChannel # 9	0:有效 1:无效	
比特 2	对 DataChannel # 10	0:有效 1:无效	
比特 3	对 DataChannel # 11	0:有效 1:无效	
比特 4	对 DataChannel # 12	0:有效 1:无效	
比特 5	供将来使用		
比特 6	供将来使用		
比特 7	供将来使用		
比特 8	供专用		
比特 9	供专用		
比特 10	供专用		
比特 11	供专用		
比特 12	供专用		
比特 13	供专用		
比特 14	供专用		
比特 15	供专用		

图 11 状态字 #2(StatusWord #2)

6.2.4.2 帧的存储内容

帧的存储内容见图 12。

		2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
字节 1	帧头	msb	数据集长度						
字节 2			(=44 十进制)						lsb
字节 3	数据集	msb	LNName (<=02)						lsb
字节 4		msb	DataSetName						lsb
字节 5		msb	LDName						
字节 6									lsb
字节 7		msb	额定相电流						
字节 8			(PhsA.Artg)						lsb
字节 9		msb	额定中性点电流						
字节 10			(Neut.Artg)						lsb
字节 11		msb	额定相电压						
字节 12			(PhsA.Vrtg)						lsb
字节 13		msb	额定延迟时间						
字节 14			(t _{dr})						lsb

字节 1	数据集	msb	DataChannel#1						
字节 2									lsb
字节 3		msb	DataChannel#2						
字节 4									lsb
字节 5		msb	DataChannel#3						
字节 6									lsb
字节 7		msb	DataChannel#4						
字节 8									lsb
字节 9		msb	DataChannel#5						
字节 10									lsb
字节 11		msb	DataChannel#6						
字节 12									lsb
字节 13		msb	DataChannel#7						
字节 14									lsb
字节 15		msb	DataChannel#8						
字节 16									lsb

字节 1		msb	DataChannel#9						
字节 2									lsb
字节 3		msb	DataChannel#10						
字节 4									lsb
字节 5		msb	DataChannel#11						
字节 6									lsb
字节 7		msb	DataChannel#12						
字节 8									lsb
字节 9		msb	StatusWord#1						
字节 10									lsb
字节 11		msb	StatusWord#2						
字节 12									lsb
字节 13		msb	SmpCnt						
字节 14									lsb
字节 15		msb	为 IEC 61850-9-1 未来的规范保留						
字节 16			为 IEC 61850-9-1 未来的规范保留						lsb

图 12 通用帧

注：某些电压或电流值不使用时，相应的字段应为 0000 H，且相应的状态字应设置为无效标志。

6.2.5 合并单元的时钟输入

如果规定时钟输入,可以是电信号的或光信号,应遵循以下规范:

- 时间触发:在低到高的脉冲上升沿。触发阈值如下所述。
- 时钟速率:每秒 1 个脉冲。
- 合并单元应作合理性检查,验明输入脉冲是否有误。

图 13 表示脉冲的图形。

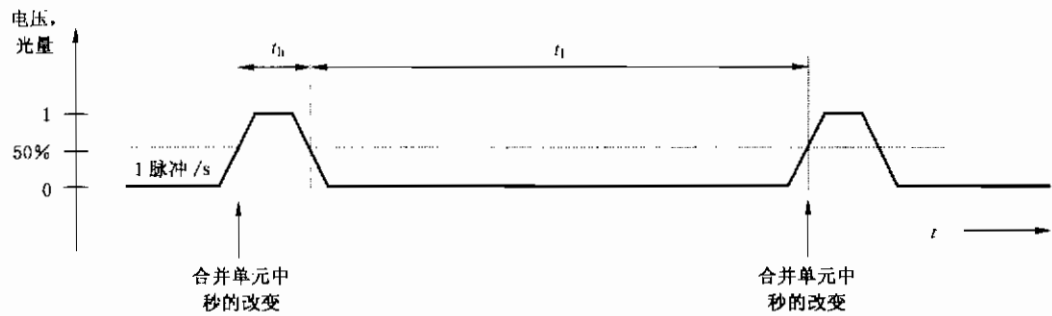


图 13 时钟输入的脉冲波形

并且规定:

光输入

- 触发阈值:最大光量的 50%,如图 13 所示。
- 接插件、光纤等,与数字量输出的相同(见表 10)。
- 脉冲宽度 $t_h > 10 \mu s$ 。
- 脉冲间隔 $t_l > 500 ms$ 。

低电压输入(例如,用背板方案)

- 电压水平:10 V 或 24 V。
- 触发阈值:5 V。
- 脉冲宽度 $t_h > 30 ms$ 。
- 脉冲间隔 $t_l > 500 ms$ 。
- 输入电流 1 mA 至 20 mA。

电压输入,按电站电池电压

- 电压水平:110 V 或 220 V。
- 触发阈值:35 V。
- 脉冲宽度 $t_h > 30 ms$ 。
- 脉冲间隔 $t_l > 500 ms$ 。
- 输入电流 1 mA 至 20 mA。

注 1: 此脉冲可由主时钟或例如全球定位系统接收器产生。这样的装置通常为开路集电极输出,以便连接电站电池。距离较长和准确度较高时则须是光量输入。在电磁兼容无问题的场所,简单的低电压输入是最经济有效的方法。

注 2: 制造方应声明,采用何种同步脉冲源进行互感器的准确度测量。还应说明,保持此准确度所需同步脉冲源必须满足的要求(例如,最大上升时间)。

6.3 模拟量电压输出的设计要求

6.3.1 接插件

作为导则,推荐的设计见表 13。

表 13 接 插 件

接 插 件	交流耐受电压
RG-108A 的 Twin-BNC 夹持式插头	≤1.5 kV
ODU-MINI-SNAP	≤2 kV
Phoenix 微型接插件	≤2 kV
注：Phoenix 微型接插件不适用于 2MΩ 负荷。	

罗纹端子也可以使用。

6.3.2 输出电缆的接地

如果采用双屏蔽电缆,在变电站可能用多种方法满足电磁兼容要求:

- a) 内屏蔽在一侧接地和外屏蔽在另一侧接地。
- b) 外屏蔽在两侧接地,内屏蔽在一侧接地。
- c) 外屏蔽在一侧接地和另一侧通过电容接地,内屏蔽在一侧接地。

7 试验分类

7.1 一般要求

本标准所规定的试验分为型式试验、例行试验和特殊试验。

型式试验:对每种型式互感器所进行的试验,用以验证按同一技术规范制造的互感器均应满足、且在例行试验中未包括的要求。在具有较少差别的互感器上所做的型式试验,或在未改动的分组部件上所做的型式试验,其有效性应经制造方和用户协商同意。

例行试验:每台电子式电流互感器都应承受的试验。

特殊试验:型式试验或例行试验之外经制造方和用户协商同意的试验。

7.2 型式试验

7.2.1 通用型式试验

下列试验是型式试验,详见有关条款:

- a) 短时电流试验(见 8.1);
- b) 温升试验(见 8.2);
- c) 额定雷电冲击试验(见 8.3.2);
- d) 操作冲击试验(见 8.3.3);
- e) 户外型电子式电流互感器的湿试验(见 8.4);
- f) 无线电干扰电压(RIV)试验(见 8.5);
- g) 传递过电压试验(见 8.6);
- h) 低压器件的耐压试验(见 8.7);
- i) 电磁兼容试验:发射(见 8.8.3);
- j) 电磁兼容试验:抗扰度(见 8.8.4);
- k) 准确度试验(见 8.9);
- l) 保护用电子式电流互感器的补充准确度试验(见 8.10);
- m) 防护等级的验证(见 8.11);
- n) 密封性能试验(见 8.12);
- o) 振动试验(见 8.13)。

除非另有规定,所有的绝缘型式试验应在同一台电子式电流互感器上进行。

电子式电流互感器除经受 7.2 规定的绝缘型式试验外,还应经受 7.3 规定的全部例行试验。

7.2.2 数字量输出的补充型式试验

- a) 驱动器特性的验证(见 8.14.2.1 或 8.14.3.1);
- b) 接收器特性的验证(见 8.14.2.2 或 8.14.3.2);
- c) 定时准确度的验证(见 8.14.2.3 或 8.14.3.3)。

7.3 例行试验

7.3.1 通用例行试验

下列试验适用于每台电子式电流互感器:

- a) 端子标志检验(见 9.1);
- b) 一次端的工频耐压试验(见 9.2.1);
- c) 局部放电测量(见 9.2.2);
- d) 低压器件的工频耐压试验(见 9.3);
- e) 准确度试验(见 9.4);
- f) 密封性能试验(见 9.5);
- g) 电容量和介质损耗因数测量(见 9.6)。

试验的顺序未标准化,但准确度试验应在其他试验后进行。

一次端的重复性工频耐压试验应在规定试验电压值的 80% 下进行。

7.3.2 数字量输出的补充例行试验

- a) 光纤传输(见 9.7.1);
- b) 铜线传输(见 9.7.2)。

7.3.3 模拟量输出的补充例行试验

见 9.8。

7.4 特殊试验

7.4.1 通用特殊试验

下列试验是依据制造方和用户协商同意而进行的试验:

- a) 截断雷电冲击试验(见 10.1);
- b) 一次端的多次截断冲击试验(见 GB 1208—2006 附录 G);
- c) 机械强度试验(见 10.2);
- d) 谐波准确度试验(见 10.3);
- e) 依据所采用技术需要的试验(见 10.4)。

8 型式试验

8.1 短时电流试验

对于短时热电流 I_{th} 试验,电子式电流互感器的起始温度应在 10℃ 和 40℃ 之间。

本试验进行时应为:

- 辅助电源电压和二次负荷同时作用,使二次转换器具有最大的内部功率消耗;
- 历时 t 的电流 I 应达到 $(I^2 t)$ 的数值不小于 $(I_{th})^2$, 并且 t 在 0.5 s 和 5 s 之间。

动稳定试验进行时应为:

- 辅助电源电压和二次负荷同时作用,使二次转换器具有最大的内部功率消耗;
- 一次电流至少有一个峰值不小于额定动稳定电流(I_{dyn})。

动稳定试验可以和上述热电流试验合并进行,只需其试验电流的第一个主峰值不小于额定动稳定电流(I_{dyn})。

如果互感器冷却到环境温度(10℃ 与 40℃ 之间)后满足下列要求,则认为通过本试验:

- a) 无可见损伤;

- b) 其误差与本试验前的差异不超过其准确度误差限值的一半;
- c) 能承受 9.2.1 规定的绝缘试验,但试验电压降低到一次端的规定值的 90%;
- d) 经检查,接触导体表面的绝缘无明显的劣化现象(例如炭化)。

验收判据 c)和 d)可能没有相关性,这与结构有关,例如采用隔离绝缘子的电子式电流互感器。

如果一次导体对应于额定短时热电流的电流密度不超过下列值,则不要求 d)项的检查:

——180 A/mm²,一次导体为铜材,其电导率不小于 GB 5585.1 规定值的 97%。

——120 A/mm²,一次导体为铝材,其电导率不小于 GB/T 3954 规定值的 97%。

注:经验表明,对于 A 级绝缘,只要一次导体对应于额定短时热电流的电流密度不超过上述值,运行时的热额定值要求通常能得到满足。

因此,如果制造方和用户协商同意,可以用符合此要求来取代绝缘检查。

8.2 温升试验

为验证是否符合 6.1.2 的要求,应进行本试验。试验中,若温升变化值每小时不超过 1 K 时,即认为电子式电流互感器已达到稳定温度。

试验场地的环境温度应在 10℃ 和 30℃ 之间。

试验时,互感器应按代表实际使用情况的状态放置。

温升测量可以用温度计、热电偶或其他适当装置。

电子式电流互感器具有多个二次转换器时,试验应对每一个二次转换器进行。

如果试验结果如下,则认为电子式电流互感器通过本试验:

- a) 温升符合 5.1.6 规定的额定值;
- b) 冷却到室温后能满足下列要求:
 - 1) 无可见损伤;
 - 2) 其误差与试验前的差异,不超过其准确级相应误差限值的一半。

8.3 一次端的冲击试验

8.3.1 一般条件

8.3.1.1 大气条件

有关标准大气条件和大气校正系数,按照 GB/T 16927.1 的规定。

对主要以自由空气为外绝缘的电子式电流互感器,在有规定时,应采用校正系数 K_1 。

对仅有内绝缘的电子式电流互感器,因不受环境大气条件影响,不应采用校正系数 K_1 ,即使有规定时也如此。

8.3.1.2 湿试验程序

湿试验应不采用湿度校正系数。湿试验程序应按照 GB/T 16927.1 的规定。

8.3.1.3 电子式电流互感器的状态

绝缘试验应在按照使用状态装配完整的电子式电流互感器上进行,绝缘件外表面应仔细清理干净。

电子式电流互感器试验时放置的最小间距和高度,由制造方规定。

如被试设备距地面的高度大于使用时距地面的高度,即认为满足要求。

压缩气体绝缘的电子式电流互感器,绝缘试验应在其最低工作密度 ρ_{me} 下进行。

最低工作密度可用参考温度 20℃ 时的压强表示。如果试验时温度不是 20℃ 时,其压强必须调整到与最低工作密度相对应。试验时应注意和记录气体的温度和压强,并列入试验报告。

8.3.1.4 波形记录

每次冲击的波形和峰值皆应记录。

8.3.2 额定雷电冲击试验

为了验证是否符合 6.1.1.1 的要求,电子式电流互感器应承受额定雷电冲击试验。试验电压应按设备最高电压和规定的绝缘水平,取 GB 1208—2006 表 3 和表 4 的相应值。

试验电压应施加在同一次电流传感器连接在一起的线端端子与地之间。座架(如果有)、箱壳(如果有)和所有二次端子(如果有)应连在一起接地。

记录其他补充量的波形可以改善示伤能力。

由制造方按下列项自行选择:

——接地连接中可接入适当的电流记录装置;

——二次端子(如果有)可连在一起接地,或接入适当的装置以记录试验时的适当输出量。

注:如无另行规定,试验应在装配完整的电子式电流互感器上进行,包括传输系统和二次转换器。

8.3.2.1 一次端 $U_m < 300 \text{ kV}$

试验应在正和负两种极性下进行。每一极性连续冲击 15 次,应作大气条件校正。如果试验结果满足下列要求,则电子式电流互感器通过本试验:

——非自恢复内绝缘不发生击穿;

——非自恢复外绝缘不出现闪络;

——每一极性下自恢复外绝缘出现闪络不超过 2 次;

——未发现绝缘损伤的其他证据(例如,所记录各种波形的变异)。

注:施加正、负极性冲击各 15 次,是针对外绝缘试验而规定的。如果制造方和用户协商同意用其他方法检查外绝缘,则每一极性下的雷电冲击数应减少到 3 次,且不须作大气条件校正。

8.3.2.2 一次端 $U_m \geq 300 \text{ kV}$

试验应在正和负两种极性下进行。每一极性连续冲击 3 次,不须作大气条件校正。

如果试验结果满足下列要求,则电子式电流互感器通过本试验:

——不发生击穿;

——未发现绝缘损伤的其他证据(例如,所记录各种波形的变异)。

8.3.3 操作冲击试验

为了验证是否符合 6.1.1.1 的要求,电子式电流互感器应承受操作冲击试验。试验电压应按设备最高电压和规定的绝缘水平,取 GB 1208—2006 表 4 的相应值。试验电压应加在一次电流传感器连在一起的线端端子与地之间。座架(如果有)、箱壳(如果有)和所有二次端子(如果有)应连在一起接地。

由制造方自行选择,接地连接中可接入适当的电流记录装置。二次端子(如果有)可连在一起接地,或接入适当的装置以记录试验时的适当输出量。

试验应在正和负两种极性下进行。每一极性连续冲击 15 次,应作大气条件校正。

如果试验结果满足下列要求,则电子式电流互感器通过本试验:

——非自恢复内绝缘不发生击穿;

——非自恢复外绝缘不出现闪络;

——每一极性下自恢复外绝缘出现闪络不超过 2 次;

——未发现绝缘损伤的其他证据(例如,所记录各种波形的变异)。

8.4 户外型电子式电流互感器的湿试验

为了检验外绝缘的性能,户外型互感器应承受湿试验。湿试程序应按照 GB/T 16927.1 的规定。

8.4.1 一次端 $U_m < 300 \text{ kV}$

试验应按 GB 1208—2006 表 3 用工频电压进行,其大气条件校正应按 GB/T 16927.1 的规定。

8.4.2 一次端 $U_m \geq 300 \text{ kV}$

试验应按 GB 1208—2006 表 4 用操作冲击电压进行。

8.5 无线电干扰电压(RIV)试验

见 GB 1208—2006。

8.6 传递过电压试验

见 GB 1208—2006。

8.7 低压器件的耐压试验

8.7.1 试验条件

试验时的大气条件应为：

- 环境温度： $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ；
- 相对湿度： $45\%\sim 75\%$ ；
- 大气压强： $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

8.7.2 试验电压的施加

试验电压应施加在电子式电流互感器的各联结点，互感器为新的和干燥状态且无自身发热。

每一独立电路的试验，应在它对连在一起的其余所有电路以及对地所规定的试验电压下进行。

- a) 对给定电路与其余所有电路之间的试验，单个电路的所有联结点皆应连在一起；
- b) 对所有的试验，须接地的各电路均应作同样的连接。

除非显而易见，各独立电路皆由制造方说明。例如，二次转换器或合并单元可以是独立电路。

试验电压应直接施加在各端子上。

对具有绝缘外壳的装置，外露的各导电件应以覆盖整个外壳的金属箔来模拟，但在各端子周围应留有适当的间隙以避免对端子闪络。

8.7.3 工频耐压试验

工频耐压试验应施加 6.1.1.3 所规定的电压进行。

试验电压电源应是，在对被试装置施加规定电压值的一半时，观测的电压降小于 10%。

电源电压应以优于 5% 的准确度作校验。

试验电压应是频率 45 Hz 至 65 Hz 的实际正弦波电压，或直流电压。

起始的电源开路电压不得超过规定试验电压的 50%。然后施加到被试装置上。电压由此起始值，以不发生明显暂态现象的方式升高到规定值，持续 1 min。随后，应尽可能快地平滑降压到零。

验收判据：未发生击穿或闪络。

8.7.4 冲击耐压试验

冲击耐压试验应施加 6.1.1.3 所规定的电压进行。

应采用 GB/T 16927.1 规定的标准雷电冲击波。其参数为：

- 波前时间： $1.2 \times (1 \pm 30\%) \mu\text{s}$
- 半峰值时间： $50 \times (1 \pm 20\%) \mu\text{s}$
- 输出阻抗： $500 \times (1 \pm 10\%) \Omega$
- 输出能量： $0.5 \times (1 \pm 10\%) \text{J}$

各试验引线长度不得超过 2 m。

冲击电压应施加在装置外部可接近的适当联结点，其他各电路和外露导电零件皆接地。

试验时，装置不能有输入或辅助能源接入。

应施加 3 次正极性和 3 次负极性冲击，其间隔时间不小于 5 s。

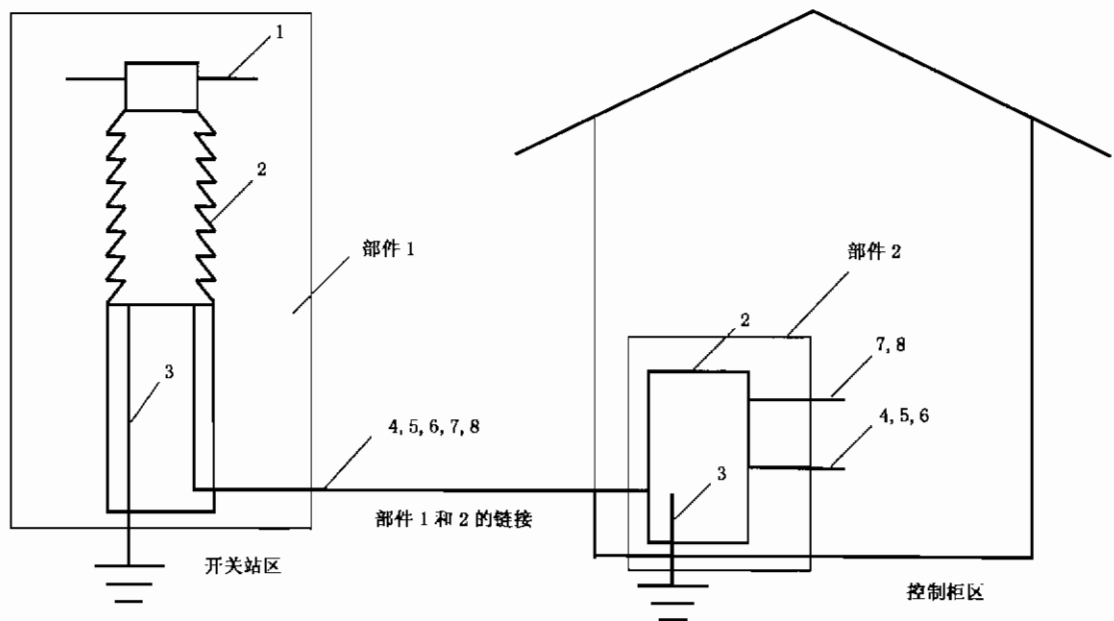
验收判据：未发生闪络，试验后的电子式电流互感器应仍满足基本准确度试验要求。

8.8 电磁兼容(EMC)试验

8.8.1 一般要求

本试验是为验证是否符合 6.1.5 的要求。

多数情况，一台电子式互感器可以分成几个主要部件，例如，位于控制柜区的电路部分和位于开关站区的电路部分。电磁兼容试验与电子式互感器所采用的技术有关，必须对每个主要部件进行，试验时整台电子式互感器处于运行状态，或者缺少的部件以模拟方式代替。主要部件划分的实例见图 14。



符号：

- 1——高压线；
- 2——外壳端口；
- 3——接地端口；
- 4——信号端口；
- 5——指令端口；
- 6——通讯端口；
- 7——交流电源端口；
- 8——直流电源端口。

部件 1：在开关站区的“户外部分”。

部件 2：在控制柜区的“户内部分”。

图 14 供电磁兼容试验的部件示例

8.8.2 电磁兼容试验的一般条件

电磁兼容试验的一般条件见 GB/T 17626.1 和 GB 4824。电磁兼容试验时，电子式电流互感器与试验设备之间及部件 1 与 2 之间的缆线长度，应是制造方规定的最大值，缆线的布置应尽实际可能符合使用状态。

8.8.3 电磁兼容发射试验

发射试验应按 GB 4824 的试验程序进行。试验限值的规定值为组 1、A 级。试验优先在组装完整的条件下进行，但为了试验简便，如果有的部件不包含电子器件，则可以只对其余的部件进行试验。

8.8.4 电磁兼容抗扰度试验

本试验应以逐个端口进行。端口的区别示例见图 14。

8.8.4.1 谐波和谐间波抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.13 的试验程序进行。严酷等级为 2 级（总谐波畸变量 10%）。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.2 电压慢变化抗扰度试验

试验依据的试验程序应为，交流电源按 GB/T 17626.11 规定，直流电源按 GB/T 17626.29 规定。所用电压波动范围，交流电源为其标称电压的 +10%～-20%，直流电源为其标称电压的 +20%～-20%。

评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.3 电压暂降和短时中断抗扰度试验

试验依据的试验程序应为,交流电源按 GB/T 17626.11 规定,直流电源按 GB/T 17626.29 规定。

——交流电源试验所用电压暂降为其标称电压的 30%,历时 0.1 s。交流电源的电压中断试验按历时 0.02 s 进行。

——直流电源试验所用电压暂降为其标称电压的 50%,历时 0.1 s。

——直流电源的电压中断试验按历时 0.05 s(低阻抗)进行。

——评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.4 浪涌(冲击)抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.5 的试验程序进行。试验发生器采用产生标准 1.2/50 μ s 电压波(开路)和 8/20 μ s 电流波(短路)的组合波(混合式)发生器(GB/T 17626.5 的 6.1)。试验水平按设施 4 级(共模 4 kV,差模 2 kV)。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.4 的试验程序进行。试验水平按 4 级(电源端口的试验电压为 4 kV 重复率 2.5 kHz,输入/输出信号、数据和控制端口的试验电压为 2 kV 重复率 5 kHz—共模)。试验时,对电源端口采用耦合/去耦合电路,对输入/输出和通讯端口采用电容耦合夹。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.6 振荡波抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.12 的试验程序进行。试验发生器采用阻尼振荡波发生器(GB/T 17626.12 的 6.1.2)。电源和控制/信号线的试验电压皆为共模 2.5 kV 及差模 1 kV(类似 GB/T 14598.13)。试验频率是 1 MHz 和重复率 400/s(类似 GB/T 14598.13)。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.7 静电放电抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.2 的试验程序进行。试验水平为 2 级(试验电压 4 kV),这对相对湿度低达 10%的抗静电环境(如混凝土)给予防护(亦见 GB/T 17626.2 的 A.4)。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.8 工频磁场抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.8 的试验程序进行。试验水平为 5 级(100 A/m 稳态和 1 000 A/m $\times$ 1 s)。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.9 脉冲磁场抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.9 的试验程序进行。试验水平为 5 级(1 000 A/m 峰值)。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.10 阻尼振荡磁场抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.10 的试验程序进行。试验水平为 5 级(100 A/m 试验磁场)。评价准则见 6.1.5.3。

8.8.4.11 射频电磁场辐射抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.3 的试验程序进行。试验水平为 3 级(10 V/m 场强)。评价准则见 6.1.5.3。

8.9 准确度试验

8.9.1 一般要求

下述准确度试验适用于测量用电子式电流互感器和保护用电子式电流互感器。其试验电路,对数字量输出见附录 E,对模拟量输出见附录 D。

8.9.2 基本准确度试验

8.9.2.1 测量用电子式电流互感器的基本准确度试验

为验证是否符合 12.2 的要求,试验应按表 17、表 18 和表 19 列出的各电流值,在额定频率、额定负荷(如果适用)和常温下进行,另有规定时除外。电流互感器的额定一次电流系数大于 1.2 时,试验应以

额定扩大一次电流代替 1.2 倍额定一次电流。

注：试验时，可采用纯延时装置插入基准互感器与准确度测量系统之间。

8.9.2.2 保护用电子式电流互感器的基本准确度试验

为验证是否符合 13.1.3 的要求，试验应在额定一次电流（见表 20）、额定频率、额定负荷（如果适用）和常温下进行。

注：试验时，可采用纯延时装置插入基准互感器与准确度测量系统之间。

8.9.3 温度循环准确度试验

本试验是对 8.9.2 基本准确度试验的补充，温度循环准确度试验应在下列条件下进行：

- 额定频率；
- 连续施加额定电流或额定扩大一次电流；
- 额定负荷（如果适用）；
- 户内和户外的元器件处在其规定的最高和最低环境气温。循环试验应按图 15 进行。

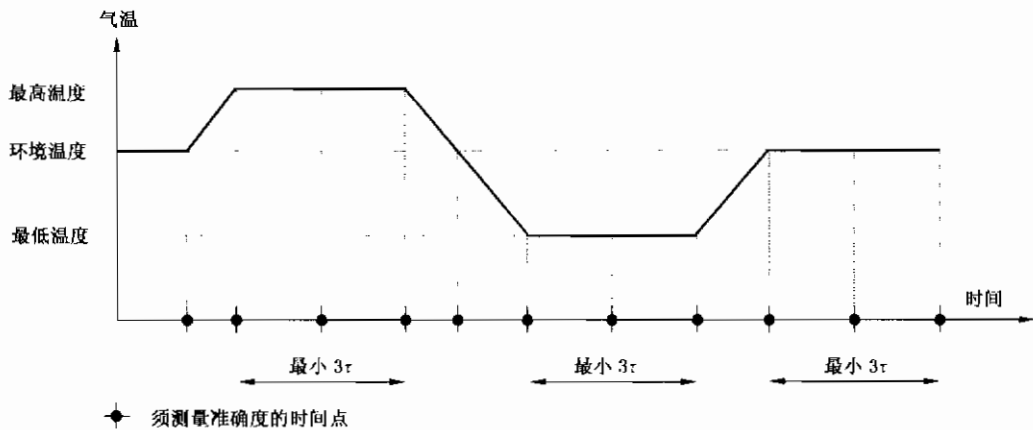


图 15 温度循环准确度试验

温度的最低变化速率为 5 K/h。只要制造方允许，可以更太些。

热时间常数 τ 应由制造方提供。

注：电子式电流互感器达到温度稳定所需的时间，主要取决于互感器的尺寸和结构。

对于部分为户内和部分为户外的电子式电流互感器，试验应对户内和户外两部分各自在其有关温度范围的两个极限值下进行，但遵循以下规则：

- 两部分皆处于环境气温；
- 户外部分处于其最高温度时户内部分也处于其最高温度；
- 户外部分处于其最低温度时户内部分也处于其最低温度。

在正常使用条件下，各测量点测得的误差应在相应准确级的限值以内。

8.9.4 准确度与频率关系的试验

本试验是对 8.9.2 基本准确度试验的补充，准确度试验应是在 5.1.5 标准参考频率范围的两个极限值、额定电流、额定负荷（如果适用）和恒定环境温度下进行。

误差应在相应准确级的限值以内。

注：不同频率下的测量是用同一个试验电路进行。试验所用的准确度测量系统，可以允许在额定频率下校验。

8.9.5 元器件更换的准确度试验

为验证是否符合 6.1.9 的要求，应进行本试验。电子式电流互感器在某些器件更换后仍能满足其准确级的工作能力，应通过在室温、额定频率、额定电流和额定负荷（如果适用）下的准确度试验进行验证。

8.9.6 信噪比试验

为验证是否符合 6.1.6 的要求,应进行信噪比试验。试验程序应经制造方和用户协商同意。其导则见 C.2.3。

8.10 保护用电子式电流互感器的补充准确度试验

8.10.1 复合误差试验

为验证是否满足表 20 所列的复合误差限值,应采用直接法试验,试验时一次端子通过实际正弦波电流,其值等于额定准确限值一次电流,连接额定负荷(如果适用)。

试验可在与交货产品相类似的电子式电流互感器上进行,只要几何尺寸布置保持相同,可以减少绝缘。

注:对于一次电流非常大和单匝一次导体的电子式电流互感器,一次返回导体与电子式电流互感器之间的距离应注意模仿运行情况。

8.10.2 暂态特性试验

为验证是否满足表 20 所列准确限值条件下达到 i' 和/或 i'' 的瞬时误差限值,应采用直接法试验,试验时一次端子通过 3.3.11 定义的暂态电流,在额定负荷(如果适用)、额定一次短路电流、额定一次时间常数和额定工作循环下进行。

注:对于一次电流非常大和单匝一次导体的电子式电流互感器,一次返回导体与电子式电流互感器之间的距离应注意模仿运行情况。

8.11 防护等级的验证

8.11.1 IP 代码的验证

为验证是否满足 6.1.13.1 和 6.1.13.2 的要求,应按照 GB 4208,对依据运行条件装配完整的电子式电流互感器所有部件的各外壳进行试验。

8.11.2 机械冲击试验

为验证是否满足 6.1.13.3 的要求,户内装置的各外壳应承受冲击试验。对外壳上视为最薄弱的各点施加 3 次冲击。但例如接插件、显示器等设施除外。

推荐采用 IEC 60068-2-75 规定的弹簧式冲击试验装置。

试验后,外壳应不出现破裂,外壳的变形应不影响电子式电流互感器的正常性能,且不降低规定的防护等级。表面损伤可以忽略,例如漆膜脱落,散热翅或类似件的破损,或小面积凹陷。

8.12 密封性能试验

密封性能试验的目的,是为验证泄漏率 F_{L0} 不超过 6.1.11 规定的允许值。

对充气式电子式电流互感器,通常只能用累积漏气量测量计算泄漏率。合适的试验方法的选用,参见 GB/T 11022 和 GB/T 2423.23。

对油浸式电子式电流互感器,密封性能试验是对电磁单元进行的型式试验,它按正常运行状态装配和充以规定的绝缘液体。在电磁单元内,应以超过其最高工作压强 $50\text{ kPa} \pm 10\text{ kPa}$ 的压强至少保持 8 h。如无泄漏现象,则电磁单元成功通过本试验。

8.13 振动试验

8.13.1 二次部件的振动试验

二次转换器、合并单元和二次电源通常与变电站的电子式二次设备相类似,应按 GB/T 2423.10 对正常使用条件下运行的二次部件进行试验。

8.13.2 一次部件的振动试验

试验布置应尽量符合实际地所体现的最恶劣振动运行情况。振动水平是随联结布置、绝缘类型以及断路器的动作原理(认为弹簧机构产生较强的振动水平)不同而变化的。

8.13.3 短时电流期间的一次部件振动试验

本试验是在短时电流电磁力造成母线振动时,确定受振动的电子式电流互感器是否能正确运行。

本试验可与短时电流试验或复合误差试验结合进行。在断路器最后一次分闸经 5 ms 后,在额定频率一个周期计算出的电子式电流互感器二次输出信号方均根值,理论上应该是“0”,实际上应不超过额定二次输出的 3%。为体现最恶劣的振动情况,电子式电流互感器应与断路器作刚性连接。

8.13.4 一次部件与断路器机械耦联时的振动试验

8.13.4.1 一般要求

本试验也适用于安装在全封闭组合电器(GIS)、中压开关和罐式断路器上的电子式电流互感器。

8.13.4.2 操作期间

本试验是确定电子式电流互感器在断路器操作造成的振动下是否能正确运行。

断路器应作无电流操作一个工作循环(分—合—分)。在断路器最后一次分闸经 5 ms 后,在额定频率一个周期计算出的电子式电流互感器二次输出信号方均根值,理论上应该是“0”,实际上应不超过额定二次输出的 3%。为体现最恶劣的振动情况,断路器应通过软导体连接。

8.13.4.3 振动疲劳试验

断路器应按 GB 1984 的规定,在无一次电流的情况下操作 3 000 次。电子式电流互感器应在此试验前、后测量额定电流下的准确度。试验后电子式电流互感器的误差与试验前的差异,应不超过其准确级相应误差限值的一半。

注:断路器产生的振动水平主要取决于其动作原理。弹簧机构的断路器通常产生较强的振动水平,因此,经制造方与用户协商同意,电子式电流互感器在这种断路器上进行的试验可以认为对其他类型断路器也有效。

8.14 数字量输出的补充型式试验

8.14.1 一般要求

这些试验适用于在正常使用条件及其额定参数(辅助电源,和推荐的光纤/电缆类型及长度)下使用的电子式电流互感器。

8.14.2 光纤传输

8.14.2.1 光驱动器特性的验证

- a) 上升和下降时间;
- b) 脉冲特性。

8.14.2.2 光接收器特性的验证

- a) 上升和下降时间;
- b) 脉冲宽度失真。

8.14.2.3 定时准确度的验证

- a) 时钟抖动。

此试验的试验信号应为曼彻斯特编码的伪随机序列,其最小重复期为 511 比特。时钟抖动应在过零点测量。

注:时钟抖动测量和上升、下降时间测量有可能合并进行。

8.14.3 铜线传输

8.14.3.1 线路驱动器特性的验证

- a) 输出阻抗;
- b) 信号幅值;
- c) 上升和下降时间。

8.14.3.2 线路接收器特性的验证

- a) 接收器输入阻抗;
- b) 正确检测的最大输入信号;
- c) 正确检测的最小输入信号。

8.14.3.3 定时准确度的验证

- a) 时钟抖动。

时钟抖动应在传输线所用推荐电缆的输出上测量,按规定的电缆长度并以其额定终端阻抗为终止端(也为了测量传输介质、阻抗失配和接插件等的影响)。如果不可能,允许采用传输线模型。

本试验的试验信号,应为曼彻斯特编码的伪随机序列,其最小重复期为 511 比特。时钟抖动应在过零点测量。

注:时钟抖动测量和上升、下降时间测量有可能合并进行。

9 例行试验

9.1 端子标志检验

检验端子标志的正确性(见表 15)。

9.2 一次端的工频耐压试验和局部放电测量

9.2.1 工频耐压试验

见 GB 1208—2006 的 9.2.1。

在绝缘仅由固体绝缘子和常压的空气构成时,如果各导电件与座架之间的距离已通过尺寸测量检查合格,工频耐压试验可以不进行。

尺寸核查的依据是(外形)尺寸图,它是型式试验报告的组成部分(或报告中引用)。因此,这些图样应给出尺寸核查所需的全部资料,包括允许公差在内。

9.2.2 局部放电测量

见 GB 1208—2006 的 9.2.2。

如果在具体结构上不适用,本试验可以不进行。

9.3 低压器件的工频耐压试验

例行试验采用与型式试验相同的规定(见 8.7.3)。试验持续时间应为所规定的 1 min,或是在 1.1 倍规定试验电压下 1 s。由制造方自行选择。

9.4 准确度试验

原则上,例行试验与 8.9.2 的型式试验相同。但只要对相同互感器的型式试验证实了减少测试点仍符合所规定准确级要求,则允许在例行试验中减少电流测试点。

9.5 密封性能试验

例行试验应在常温下进行,试验时,电子式电流互感器充入的压强与制造方的实际试验相对应。对充气式电子式电流互感器可采用气体检漏的方法。对油浸式电子式电流互感器,如果适用,应采用 8.12 的密封性能试验。

9.6 电容量和介质损耗因数测量

适用时进行测量,见 GB 1208—2006 的 9.5。

9.7 数字量输出的补充例行试验

9.7.1 光纤传输

a) 传输功率的测量,按表 10。

9.7.2 铜线传输

a) 线路驱动器输出信号幅值的测量。

9.8 模拟量输出的补充例行试验

a) 二次直流偏移电压($U_{s,dc}$)的测量。

b) 如果适用(电子式电流互感器由线路电流供给电源),保证电子式电流互感器正常性能所需最小一次电流的测量。

10 特殊试验

10.1 一次端的截断雷电冲击试验

见 GB 1208—2006 第 10 章。

10.2 机械强度试验

本试验是为了验证电子式电流互感器是否符合表 9 规定的要求。

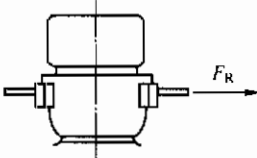
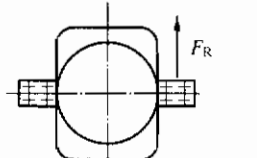
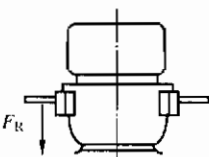
电子式电流互感器应装配所有承受机械应力的零部件,直立安装,用座架牢固地固定。

液浸式电子式电流互感器应充满规定的绝缘介质,并达到其工作压强。

试验载荷应按照表 14 所示的各种情况施加,持续 60 s。

如果没有出现损坏迹象(变形、断裂或泄漏),则电子式电流互感器通过本试验。

表 14 一次端子上施加试验载荷的方式

各端子水平方向	
	
各端子垂直方向	
注:试验载荷应施加在端子的中心。	

10.3 谐波准确度试验

本试验是为了验证电子式电流互感器是否符合 12.3 和 13.2 所规定的谐波准确度要求。

理想情况下对谐波的试验,应在额定频率和额定一次电流上叠加所要求的各谐波频率分量,该分量为额定一次电流的某一百分数。这样的一次电流能提供互感器动态要求的逼真图像,从而使互感器中可能发生的某些非线性现象(例如,内调制)得到良好的反映。

但是,获得产生这种一次电流的试验电路往往有困难。故从实际考虑,各次测量准确度的试验仅在一次侧施加单一谐波频率是可以接受的。

试验电路应由用户和制造方商定。

注 1: 试验电路可选用 C.5 的规定。

注 2: 基准电流互感器可用短路试验常用的同轴分流器代替。

注 3: 一次电流可采用功率放大器供给。

注 4: 适用于品质测量的试验可能更难实现。

10.4 依据所采用技术需要的试验

依据所采用技术需要的特殊试验由制造方与用户协商确定,例如人工污秽试验和人工老化试验等。

11 标志

11.1 端子标志——通则

端子标志应能识别:

- a) 一次和二次端子;
- b) 对模拟量输出,二次输出的极性。

此外,所有电缆及其端头应有清晰的识别标志。光纤两端应按 GB 6995.1、GB 6995.2 和

GB 6995.4标出识别的编码或颜色。

11.1.1 标志方法

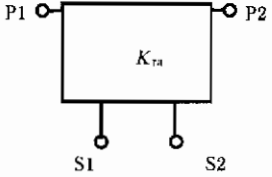
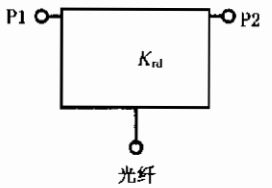
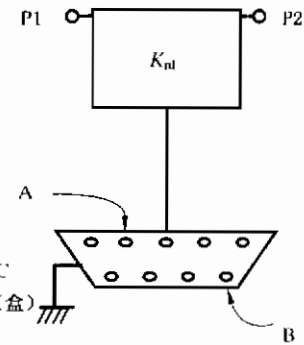
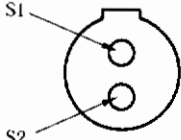
端子标志应清晰和牢固地标在其表面或近旁处。

标志由字母和随后的数字组成,或需要时数字在字母前。字母应为大写黑体。

11.1.2 采用的标志

电子式电流互感器端子的标志如表 15 所示。

表 15 端子标志

一次端子			
二次端子			
ODU-MINI-SNAP			
二次端子			
	模拟量输出	数字量输出, 光纤	数字量输出, 铜线

数字量输出用的电接插件插脚:

插脚编号	信号
1	
2	数据 A
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	数据 B

所有接地端子应标有地符号,按 GB/T 5465.2 的第 5019 符号。

任何光纤端子盒应清楚标明为“光纤端子盒”。

光缆应很清楚地标出“光缆”字样,以便与电缆相区别。

11.1.3 相对极性的表示

对模拟量输出,所有标为 P1、S1 的端子,在计及延迟时间(如果有)作用的同一瞬间应具有相同的极性。

对数字量输出,标为 P1 的端子是正极性时(负极性时),帧中的对应值为其 MSB 等于 0(等于 1)。

11.2 铭牌标志

所有电子式电流互感器的铭牌至少应标有以下内容：

- a) 制造单位名称或其他便于识别的标志。
- b) 序号或型号标志,最好皆标出。
- c) 额定一次电流和额定二次输出。
- d) 额定频率(例如 50 Hz)。
- e) 准确级。

注：适用时,应分别标出二次输出(例如,1 S,2 kΩ,0.5 级;2 S,20 kΩ,1 级)。

f) 设备最高电压(例如,3.6 kV 或 126 kV)。

g) 额定绝缘水平(例如,185/450 kV)。

注：f)项和 g)项可以合并标出(例如,126/185/450 kV)。

所有内容应牢固地标在电子式电流互感器上,或在可靠固定于互感器的铭牌上。

此外,最好还标出以下内容：

- h) 额定短时热电流(I_{th})和不等 于 2.5 倍额定短时热电流的额定动稳定电流(例如 13 kA,或 13/40 kA)。
- i) A 级以外的绝缘等级。

注：如果使用几种不同等级的绝缘材料,则应标出限制电子式电流互感器温升的那一种。

j) 互感器具有 2 个二次转换器时,各转换器的用途及其相应的端子。

实际可能时,所有电子式电流互感器的铭牌应标有可以在地面阅读的表 16 所列内容。

表 16 铭 牌 标 志

(○ 表示适用)

额 定 值	符 号	测量用 ECT	保护用 ECT	模拟量 输出	数字量 输出	条 款	注
通用铭牌标志							
品名： 电子式电流互感器	ECT	○	○	○	○		
制造单位名称或简称		○	○	○	○		
型号标志		○	○	○	○		
制造年份和序号		○	○	○	○		
引用 GB/T 20840.8		○	○	○	○		
设备最高电压	U_m	○	○	○	○	3.1.31,6.1.1	1
额定绝缘水平		○	○	○	○	3.1.32,6.1.1	
额定频率	f_r	○	○	○	○	3.1.18	
额定一次电流	I_{pr}	○	○	○	○	3.1.20,5.1.1	
额定短时热电流	I_{th}	○	○	○	○	3.1.41,5.1.4.1.2	
额定动稳定电流	I_{dyn}	○	○	○	○	3.1.42,5.1.4.1.3	
额定扩大一次电流系数	K_{per}					3.2.3,5.1.2	
暂态特性的 额定对称短路电流倍数	K_{ssc}		○	○	○	3.3.6,5.1.4.2.1	
额定一次时间常数	τ_{pr}		○	○	○	3.3.7,5.1.4.2.3	

表 16(续)

(○ 表示适用)

额 定 值	符号	测量用 ECT	保护用 ECT	模拟量 输出	数字量 输出	条 款	注
通用铭牌标志							
额定相位偏移	φ_{or}	○	○	○	○	3.1.28, 5.2	
额定工作循环			○	○	○	3.3.9	
额定唤醒时间		○	○	○	○	3.1.44, 5.1.11	
质量		○	○	○	○		
注:可更换零件见运行手册。							
二次转换器铭牌标志							
额定二次输出		○	○	○		3.1.22, 5.4.2	
端子标志		○	○	○		11.1	
额定负荷	R_{br}			○		3.5.3, 5.4.3	2
准确级		○	○	○	○	12.13	3
额定延迟时间	t_{dr}	○	○	○	○	3.1.27, 5.3.2, 5.4.1	
辅助电源铭牌标志							
额定辅助电源电压	U_{ar}	○	○	○	○	3.1.11, 5.1.7	4
额定辅助电源频率		○	○	○	○	5.1.8	
额定电源电流 (正常状态)	I_{ar}	○	○	○	○	3.1.12	
最大电源电流 (过载状态)	$I_{a\ max}$	○	○	○	○	3.1.13	
合并单元铭牌标志							
接口类型(光/电)		○	○		○		
额定延迟时间	t_{dr}	○	○		○	3.1.27, 5.3.2, 5.4.1	
数据速率	$1/T_s$	○	○		○	3.4.5, 5.3.3	
时钟输入(是/否)		○	○		○	3.4.3, 6.2.5	
打算采用插值法(是/否)		○	○		○	附录 E	
接插件类型		○	○		○	6.2.2.1, 6.2.2.5	
光纤类型		○	○		○	6.2.2.1	
注 1: 设备最高电压和额定绝缘水平可以合并标出(例如 126/185/450 kV)。 注 2: 见有关条款。 注 3: 额定负荷和相应的准确级应合并标出(例如: 20 k Ω , 1 级)。 注 4: 辅助电源的性质和额定电压应合并标出(例如: 230 V a. c.)。							

12 测量用电子式电流互感器的补充要求

12.1 准确级的标称

测量用电子式电流互感器的准确级,是以该准确级在额定电流下所规定最大允许电流误差的百分

数来标称。

12.1.1 标准准确级

测量用电子式电流互感器的标准准确级为:0.1、0.2、0.5、1、3、5。

12.2 额定频率下的电流误差和相位误差限值

对0.1、0.2、0.5和1级,其额定频率下的电流误差和相位误差应不超过表17所列值。

表 17 误差限值

准 确 级	在下列额定电流(%)下的 电流(比值)误差 ± %				在下列额定电流(%)下的 相位误差							
	± %				= (′)				= crad			
					5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5	0.45	0.24	0.15	0.15
0.2	0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3
0.5	1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9
1.0	3.0	1.5	1.0	1.0	180	90	60	60	5.4	2.7	1.8	1.8

注:120%额定一次电流下所规定的电流误差和相位误差限值,应保持到额定扩大一次电流。

对0.2S和0.5S级特殊用途电流互感器(尤其是连接特殊电表,要求在额定电流1%和120%之间的电流下测量准确),其额定频率下的电流误差和相位误差应不超过表18所列值。

表 18 特殊用途电流互感器的误差限值

准 确 级	在下列额定电流(%)下的 电流(比值)误差 ± %					在下列额定电流(%)下的 相位误差									
	± %					= (′)					± crad				
						1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.2S	0.75	0.35	0.2	0.2	0.2	30	15	10	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3	0.3
0.5S	1.5	0.75	0.5	0.5	0.5	90	45	30	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9	0.9

注:120%额定电流下所规定的电流误差和相位误差限值,应保持到额定扩大一次电流。

对3级和5级,在额定频率下的电流误差应不超过表19所列值。

表 19 误差限值

准 确 级	在下列额定电流(%)下的电流(比值)误差 ± %	
	50	120
3	3	3
5	5	5

注:120%额定电流下所规定的电流误差限值,应保持到额定扩大一次电流。

3级和5级的相位误差不作规定。

有关准确度和各保护用准确级的限值,更多信息和图形说明见附录G。

对模拟量输出,试验所用二次负荷应按有关条款的规定选取。

12.3 对谐波的准确度要求

对谐波的准确度要求见附录C。

13 保护用电子式电流互感器的补充要求

13.1 准确级

13.1.1 准确级的标称

保护用电子式电流互感器的准确级,是以该准确级在额定准确限值一次电流下所规定最大允许复合误差的百分数来标称,其后标以字母“P”(表示保护)或字母“TPE”(表示暂态保护电子式互感器准确级——更多说明见附录 H)。

13.1.2 标准准确级

保护用电子式电流互感器的标准准确级为:5P、10P 和 5TPE。

13.1.3 误差限值

在额定频率下的电流误差、相位误差和复合误差,以及规定暂态特性时在规定工作循环下的最大峰值瞬时误差,应不超过表 20 所列值。误差限值表中所列相位误差是对额定延迟时间补偿后余下的数值。

表 20 误差限值

准确级	在额定一次电流下的 电流误差 %	在额定一次电流下的 相位误差		在额定准确限值一次电 流下的复合误差 %	在准确限值条件下的 最大峰值瞬时误差 %
		($^{\circ}$)	crad		
5TPE	± 1	± 60	± 1.8	5	10
5P	± 1	± 60	± 1.8	5	—
10P	± 3	—	—	10	—

注:对 TPE 级和 GB 1208 2006 规定的各级(PR 和 PX)以及 GB 16847 规定的其他各级(TPS,TPX,TPY,TPZ),有关暂态的信息见附录 H。

对模拟量输出型电子式电流互感器,试验所用二次负荷应按有关条款的规定选取。

13.2 对谐波的准确度要求

对谐波的准确度要求见附录 C。

14 咨询、招标和订货须知

14.1 规范内容

为咨询或订购电子式电流互感器规定技术条件时,需要按表 21 所列项目确定其性能。

表 21 电子式电流互感器的规范内容

额定值	简写	定义	条款
额定机械强度			6.1.8
设备最高电压	U_m	3.1.31	6.1.1.1
额定绝缘水平		3.1.32	6.1.1.1
使用条件			4
额定频率	f_r	3.1.18	5.1.5
额定一次电流	I_{pr}	3.1.20	5.1.1
暂态特性的额定一次短路电流	I_{psc}	3.3.5	5.1.4.2.2
额定扩大一次电流系数	K_{per}	3.2.3	5.1.2

表 21(续)

额 定 值	简 写	定 义	条 款
暂态特性的额定对称短路电流倍数	K_{sc}	3.3.6	5.1.4.2.1
暂态特性的额定一次时间常数	τ_{pr}	3.3.7	5.1.4.2.3
输出类型(模拟量电压或数字量)			
合并单元的同步方法类型 (插值法或同步脉冲,对数字量输出)			附录 E
合并单元的电或光学接口(对数字量输出)			6.2.2
额定二次输出(对模拟量输出)	U_{sr}	3.1.22	5.4.2
额定二次负荷(对模拟量输出)	R_{lr}	3.5.3	5.4.3
准确限值系数	K_{alf}	3.3.3	5.1.4.1.1
准确级			12.13
额定辅助电源电压	U_{ar}	3.1.11	5.1.7
额定相位偏移	φ_{or}	3.1.28	5.2
额定延迟时间	t_{dr}	3.1.27	5.3.2,5.4.1
额定唤醒时间		3.1.44	5.1.11
ECT 的最大功率消耗			
使用方式 (例如:独立式,GIS 配套,母线悬挂,断路器配套)			

14.2 可靠性

制造方应提供可靠性和可信赖性的信用文件(见 6.1.9)。

15 运输、储存和安装规则

电子式电流互感器的运输、储存和安装,以及使用中的运行和维修,务必依据制造方的说明书。

因此,制造方应该提供电子式电流互感器的运输、储存、安装、运行和维修说明书。运输和储存说明书应在交货前的适当时间供给,安装、运行和维修说明书应最迟在交货时供给。

对所制造的每一种不同类型装置的安装、运行和维修规则,不可能完全详尽,但制造方提供的说明书应包括视为最重要内容的下述信息。

15.1 运输、储存和安装时的条件

如果定单上的温度和湿度使用条件在运输、储存和安装中不能得到保证,制造方与用户应该签订专门的协议。在运输、储存和安装中以及在通电之前,有必要专为保护产品绝缘采取预防措施,以免由于例如雨、雪或凝露而受潮。运输中的振动应予以重视。必须提供适当的须知。

15.2 安装

对各型电子式电流互感器,制造方所提供的说明书至少应包括下列各项。

15.3 拆箱和起吊

应给出安全起吊和拆箱的须知,包括必要的专用吊具和定位装置等详细内容。

15.4 组装

当电子式电流互感器不是完全组装整件运输时,所有各运输单件应有清楚标志。这些单件的组装图应随电子式电流互感器产品一起提供。

15.4.1 安装

电子式电流互感器、操作装置和辅助设备的安装说明书,应包括位置和基础足够详细的资料,以便完成现场准备工作。

这些说明书还应列出:

- 包括绝缘液体在内的设备总质量;
- 绝缘液体的质量;
- 单独起吊的设备各最重件的质量,如果超过 100 kg;
- 重心。

15.4.2 联结

说明书应包含的内容:

- a) 导体的联结,包括必要的建议,以防止过热和避免电子式电流互感器不必要的受力变形,及保持足够的间距;
- b) 辅助电路的联结;
- c) 液体或气体系统的联结,如果有,包括管路尺寸和布置;
- d) 接地的联结;
- e) 二次端子联结的缆线类型;制造方应指明所推荐的缆线(包括完整的参考资料和至少一家供货商的名录),以及二次端子和二次设备之间的该缆线最大推荐长度。

15.4.3 安装的最终检查

说明书应给出电子式电流互感器在安装和全部联结完成后应进行的检查和试验。

这些说明应包括:

- 为建立正确运行所推荐的现场试验一览表;
- 实现正确运行可能需要进行的任何调整的程序;
- 有助未来维修决策所应进行和记录的一些有关测量的建议;
- 最终检查和投入运行的须知。

注:当采用光系统时,最终检查中重要的是验证其完整性和进行功能试验,以保证光纤安装时未发生物理损伤。

15.5 运行

制造方提供的说明书应包括以下内容:

- 设备的概述,着重于对其参数和所有运行特性的技术性说明,使用户对其主要原理能有足够的了解;
- 最小唤醒电流;
- 设备的安全性能及其运作的说明;
- 有关维修和试验时对设备操作行为的说明。

15.6 维修

15.6.1 一般要求

维修的效果主要依靠制造方编制的说明和用户的实施。

15.6.2 对制造方的建议

制造方提供的维修手册应包括下列内容:

- a) 计划的维修频次和操作时间。
- b) 维修工作的详细说明:
 - 推荐的维修工作场所(户内,户外,在工厂,在现场,电子式电流互感器);
 - 外观检查、诊断测试、检测、大修和功能检验(限值和允许偏差,例如光电器件工作效率)的程序;
 - 参考的图样;

- 参考的零件编号；
 - 使用的专用设备或工具(清洁剂和除油剂)；
 - 预防性观察(例如洁净度)。
- c) 供维修用的电子式电流互感器综合详图,其上具有各组装配、各部件和各重要零件的清晰标记(零件编号和名称)。

注:推荐采用标明各总组装配和各部件中元器件相对位置的放大详图。

- d) 推荐的备件表(名称、参考编号、数量)和储备建议。
- e) 预定的维修时间的估计。
- f) 如何处置工作寿命终结的设备,要考虑环境保护要求。

制造方应向用户介绍电子式电流互感器的特点,及有关可能发生系统性缺陷和故障时所需要的正确行为。

备件供应:制造方应负责保证维修用推荐备件的持续供应,其时间自电子式电流互感器制造完成日期后不少于10年。

15.6.3 对用户的建议

如用户要求自行维修,应确保其工作人员有足够的资质和丰富的电子式电流互感器知识。

用户应记录以下信息:

- 电子式电流互感器的序号和型号;
- 电子式电流互感器投入运行的日期;
- 在电子式电流互感器寿命期内所进行的全部试验和测量的结果,包括诊断测试在内;
- 进行维修工作的日期和范围;
- 运行历史,电子式电流互感器在特殊运行条件下及其后(例如电网故障时及故障后运行状态)的测量记录;
- 所有故障报告的目录。

如果发生故障和缺陷时,用户应编写故障报告,并应通知制造方说明当时的情况和采取的措施。根据事故的性质,故障分析应与制造方合作进行。

15.6.4 故障报告

本故障报告条款是为了使电子式电流互感器的故障记录标准化,目的如下:

- 采用通用术语描述故障;
- 提供用户统计数据;
- 向制造方提供有意义的反馈;

下列为编写故障报告的导则,故障报告应包括下列凡是有用的资料:

a) 故障电子式电流互感器的区别标志

- 变电站名称;
- 电子式电流互感器的区别标志(制造单位,型号,序号,额定值);
- 电子式电流互感器的类别(油或 SF₆ 绝缘,自支撑或母线支撑,是否与断路器机械耦联);
- 电子式电流互感器采用的技术(空心线圈,铁心线圈,光学);
- 安装场所(户内,户外);
- 外壳。

b) 电子式电流互感器的历史

- 设备投入运行日期;
- 故障/缺陷发生日期;
- 最近维修日期;
- 自制造以来对设备进行任何变动的详细内容;

- 故障/缺陷发现时电子式电流互感器所处的状态(运行中、维修等)。
- c) 造成原发故障/缺陷的部件/元器件类别的区分
 - 承受高电压作用的元器件;
 - 电气控制和辅助电路;
 - 其他元器件。
- d) 估计促使故障/缺陷发生的作用因素
 - 环境条件(温度、风、雪、冰、污秽、雷击等)。
- e) 故障/缺陷的分类
 - 严重故障;
 - 轻微故障;
 - 缺陷。
- f) 故障/缺陷的根源和原因
 - 根源(机械的、电气的、电子的、密封性,如果适用);
 - 原因(设计、制造、说明书不恰当、安装不正确、维修不正确,除此以外的因素等)。
- g) 故障或缺陷的后果
 - 电子式电流互感器退出运行;
 - 修理耗费时间;
 - 劳务费用;
 - 备件费用。

事故报告可以包括以下资料:

- 图样,示意图;
- 缺陷元器件的照片;
- 电站主接线图;
- 记录或曲线图;
- 有关的维修手册。

16 安全性

高电压电子式电流互感器,只有按照有关的安装守则安装及按照制造方的说明书使用和维修时(见第15章),它才能是安全的。

高电压电子式电流互感器通常只有指定人员可以接近。其操作和维修应由熟练人员进行。如果接近带电的电子式电流互感器不受限制时,则要求增加安全装置。

本部分的下述规定,提供避免电子式电流互感器各种危险的人身安全措施。

16.1 电气方面

- 绝缘距离(见6.1.1);
- 接地(间接接触)(见6.1.12);
- 高压和低压电路的分离(见6.1.13);
- IP代码(直接接触)(见6.1.13)。

16.2 机械方面

- 承受压力的器件(见6.1.11);
- 机械冲击防护(见6.1.13.3)。

16.3 热学方面

- 可燃性(见6.1.14)。

附 录 A
(资料性附录)

本部分章条编号与 IEC 60044-8:2002 章条编号对照

表 A.1 给出了本部分章条编号与 IEC 60044-8:2002 章条编号对照一览表。

表 A.1 本部分章条编号与 IEC 60044-8:2002 章条编号对照

本部分章条编号	对应 IEC 60044-8:2002 章条编号
7.3.1 g)	7.4.1 b)
7.4.1 b)	7.4.1 c)
7.4.1 c)	7.4.1 d)
7.4.1 d)	7.4.1 e)
7.4.1 e)	7.4.1 f)
9.6	10.2
9.7	9.6
9.8	9.7
10.2	10.3
10.3	10.4
10.4	10.5
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 D
附录 D	附录 C
附录 E	附录 B
附录 F	—
附录 G	附录 E
附录 H	附录 A

附 录 B
(资料性附录)

本部分与 IEC 60044-8:2002 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本部分与 IEC 60044-8:2002 技术性差异及其原因一览表。

表 B.1 本部分与 IEC 60044-8:2002 技术性差异及其原因

本部分 章条编号	技术性差异	原 因
2	本章引用了采用国际标准的我国标准,而非直接引用国际标准。	以适应我国国情。
4.3.2	将海拔校正因数修改为按 GB 311.1 确定,并将原 IEC 60044-8 有关海拔校正因数规定的纳入附录 F。	我国电力系统采用的是 GB 311.1 标准,与 IEC 60044-8 有差异。
5.1.7	将表 4 中“220/380 V”的括号去掉。	符合国家标准 GB 156 的规定,作为优选值。
5.3.1	表 5 中注 1“……在数字侧代表额定一次电流(……”改为“……在数字侧代表额定一次值(……”。	兼顾 ECT 的额定一次电流和 EVT 的额定一次电压。
5.3.3	增加注 3“如用户有要求时,可采用更高的数据数率,如:96 f_s ~200 f_s 等”。	拓展数据数率的范围,便于实际采用。
6.1.1.3	将表 6 中的“工频电压耐受能力”更改为“电压耐受能力”。	因其下所列并非全是“工频”数值。
6.1.8	表 9 中 U_m 改为按 GB 156 的规定。	我国电力系统采用的是 GB 156 标准,与 IEC 60044-8 有差异。
6.1.10.1	删除段中的“最好能在运行中指示”,增加“……或类似的检查装置”。	因前句已要求有指示;增加句意为可采用非直接指示液面的装置,以涵盖现有部件的使用情况。
6.1.11	第 3 段“……露点应不高于-5℃。……”改为“……露点应不高于-25℃(或更低)。……”	因露点-5℃对应的 SF ₆ 气体含水量过高,根据实际情况应选定不高于-25℃(或更低)的露点温度。
6.1.12	将“设备最高电压 $U_m \geq 1.2$ kV 的”句删除。	此限定无实际意义。
6.1.16.1	删除光缆“不含有金属”。	因有些光缆需用金属作骨架。
6.2.2.1	表 10 注 c 中增加“也可采用 ST 接插件”。	因 ST 接插件为常规接插件。
6.2.2.2.3	增加“光脉冲试验电路见图 5”句。	将图 5 引入正文。
6.2.2.5	增加“铜线接口见图 6”句。	将图 6 引入正文。
6.2.3	图 9 中增加对“CRC”、“msb”和“lsb”的说明。	便于理解标准。
6.2.4.1.7	将例举的额定电压改为“110/ $\sqrt{3}$ kV”。	我国电力系统采用的是 GB 156 标准,与 IEC 60044-8 有差异。

表 B.1(续)

本部分 章条编号	技术性差异	原因
6.2.4.1.9	将例举的模拟量电压值改为“129 kV”。	IEC 60044-8 计算有误。
6.2.4.1.10	“SmpCtr”更改为“SmpCnt”。	使之与图 12 中术语统一。
6.2.4.2	增加“帧的存储内容见图 12”句。	将图 12 引入正文。
6.2.5	将输入的电压水平由“60V 或 250V”改为“110V 或 220V”。	我国电力系统采用的是 GB 156 标准,与 IEC 60044-8 有差异。
7	7.2.1“通用型式试验”中的 c)项改为“额定雷电冲击试验”; 7.2.2.中各项增加见“8.14.3”的有关条款。 将原 7.4.1“通用特殊试验”中的 b)项“电容量和介质损耗因数测量”改为 7.3.1“通用例行试验”的 g)项。	因本试验只针对“额定雷电冲击试验”; 8.14.3 中有关验证项应同为补充型式试验所要求; 与 GB 1208 保持一致。
8.1	增加 b)项“其误差与本试验前的差异不超过其准确度误差限值的一半”。	使互感器制造的质量控制更趋严格,以确保产品性能稳定。
8.3.2	条标题改为“额定雷电冲击试验”。	因本试验只针对“额定雷电冲击试验”。
8.3.2.1	将“不须作大气条件校正”改为“应作大气条件校正”。	按国家标准 GB 311.1 的规定。
8.4.1	将“须作大气校正”改为“其大气条件校正应按 GB/T 16927.1 的规定”。	按国家标准 GB/T 16927.1 的规定。
9.6	将 IEC 60044-8 标准特殊试验要求的“电容量和介质损耗因数测量”调整为例行试验要求。	与 GB 1208 保持一致。
11.2	将 g)项及表 16 铭牌标志注 1 中例举的额定绝缘水平改为对应 GB 311.1 的规定的额定绝缘水平。 将 g)项下方的“此外,如有空余位置时,还应……”改为“此外,最好……”。	我国电力系统采用的是 GB 311.1 标准,与 IEC 60044-8 有差异。 便于实际操作。
D.6.2.2	最后一行“$I_p = -j \frac{E_s}{\omega \cdot M}$”改为 “$I_p = -j \frac{U_s}{\omega \cdot M}$”。	使之与前面的公式相互关联。

附 录 C

(规范性附录)

电子式电流和电压互感器的频率响应和谐波准确度要求

C.1 概述

C.2 中的要求适用于所有的电子式电流和电压互感器。C.3 中的要求,适用于包含数字数据处理或传输的电子式电流和电压互感器,无论是数字量输出或模拟量输出。C.4 中的谐波准确度要求仅在有时适用。

电子式电流互感器各种频率下的准确度试验列于 C.5。

C.2 一般要求

C.2.1 电网的正常使用条件

在正常使用条件下,一次电流 I_p 和频率 f 保持在电网调节的固定限值之内。例如:

$$0.2I_{pr} \leq I_p \leq 1.2I_{pr} \quad \text{和} \quad 0.99f_r \leq f \leq 1.01f_r$$

在正常使用条件下,按测量用途设计的电子式电流互感器,多半是与测量用电压互感器组合使用,即用于计量。

C.2.2 电网的非正常使用条件

由于电网的各种故障,一次电流 I_p 和频率 f 可能与额定值明显不同。例如:

$$10I_{pr} \leq I_p \leq 50I_{pr} \quad \text{和} \quad 0.96f_r \leq f \leq 1.02f_r$$

保护用电子式电流互感器的设计,应能正确传送正常和非正常条件下的一次电流,将电网的任何关键性变化通知继电保护装置。

测量用电子式电流互感器的设计,不需要正确传送非正常条件下的一次电流。但应在电网回复到正常条件后立即恢复其额定性能。

C.2.3 信噪比要求

对噪声的要求按照 6.1.6 的规定。

电子式互感器的输出可能包含某些扰动,加在所有电子系统共有的白噪声上。电子式互感器产生的这种扰动占有很宽的频带,且在任何一次电流时。这些扰动源可能是转换器的时钟信号、多路开关的换向噪声、直流/直流的转换器、整流频率。

试验程序由制造方和用户商定。推荐以下程序:

——无一次信号时测量互感器在规定频带宽度(见 C.2.4)上的输出,采用频谱分析仪。由此得到互感器本身感生的噪声图像。

其他的扰动可能来自 50 Hz 基波的畸变(产生本身的谐波),或来自基波的谐波调制(在二次转换器的输出上产生谐波)。制造方应向用户提供这些扰动源的一些指标。能得到有用指标的一种简单测量方法可以是:

——在“纯”50 Hz 一次信号下,测量电子式互感器在规定频带宽度(见 C.2.4)上的输出,例如采用频谱分析仪。由此可得到互感器本身感生的谐波畸变图像。

C.2.4 频带宽度要求

制造方应提供给出互感器的传递函数曲线,它给出电子式互感器频率特性的全貌。

对于包含数字数据传输的互感器,制造方应规定无虚假测量的最高频率,此频率称为 f_s 。它是互

感器能够测量和正确传输的最高频率。对于数字量输出型互感器, f_a 通常是所用输出数据速率的一半。提供的传递函数应至少不低于 2 倍 f_a (例如, 不低于数据速率)。

C.2.5 其他的考虑

当电子式互感器的电子单元接通电源时, 启动的暂态过程可能产生大量输出信号, 它们与任何电源系统的输出无关。同样情况也发生在断电时。这些虚假输出在电子系统上很正常。但无论如何, 如果继电器不能正确处理, 它们会导致误动。

用户设计其控制系统时应了解这些情况。

对于数字量输出型电子式互感器, 这种情况不会对继电器产生任何问题, 因为包含在数字帧内的自诊断信息此时指示为无效数据。

对于模拟量输出型电子式互感器, 推荐以下简单预防措施:

- 制造方尽可能减小启动和断电时的虚假输出;
- 电子式互感器在相应的继电器通电之前接通电源。

互感器中的滤波器也能发生过冲或下冲响应, 或在非正常条件下, 例如在线路故障和隔离开关操作时, 可能呈现高频阻尼特性。这些误差一旦发生, 可能导致高速继电器误动。而且, 电子式互感器暂态响应的差异也会使母线差动保护(宽带高速差动系统)误动。

检验电子式互感器在这些情况下是否能正确运行的好方法, 是将其置于隔离开关操作试验或全偏移短路电流试验中, 在开关操作期间检验其输出。

注: 同样的问题出现在传统互感器上往往表现为谐振或铁磁谐振; 它们的传递特性曲线不平直, 对快速瞬变的响应可能很复杂。

C.3 包含数字数据传输或数据处理的电子式电流和电压互感器的要求

以下要求对数字量输出型和模拟量输出型两种互感器皆适用, 只要它们以某种方式包含了数字数据传输或数据处理。型式试验见 C.5.2。

C.3.1 抗混叠滤波器的要求

数字数据传输限制其频带宽度(f_a , 见 C.2.4)为所用数字量采样速率或数据速率的一半。如果传输路径用了多种数据速率, 其最低频率是限制因数。高于 f_a 的频率与低于 f_a 的频率互为镜像。就准确度而言, 最关键的频率是对 f_r 映射的各频率。

对 f_r 映射的首要频率是 $2f_a - f_r$ 。

因此, 应采用所谓抗混叠滤波器, 它应满足以下要求:

$$f \geq 2f_a - f_r \text{ 的衰减应是 } \geq 40 \text{ dB}$$

通常 f_a 是数据速率 f_{dr} 的一半 ($f_{dr} = 2f_a$)。如 f_a 或 $2f_a - f_r$ 未知时, 可以通过对一次信号进行频率扫描来获得。

衰减的计算按下式:

$$\text{衰减} = 20 \cdot \log \frac{I_p \cdot I_{sr}}{I_a \cdot I_{pr}}, \text{dB}$$

式中:

I_p ——频率 f 的一次电流方均根值, $f \geq 2f_a - f_r$;

I_a ——镜像频率的二次输出方均根值, 该频率为 $2f_a - f_r$;

I_{pr} ——额定一次电流;

I_{sr} ——额定二次输出。

对电子式电压互感器则以电压 U 取代电流 I 。

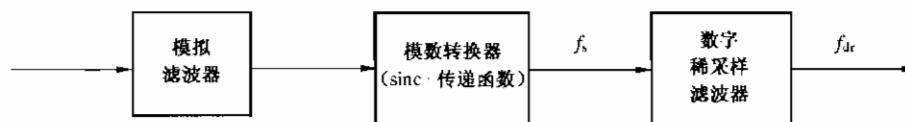
举例:

对于数据速率 $f_{dr} = 2\,400 \text{ Hz}$ 和 $f_r = 50 \text{ Hz}$, 可得 $f_a = 1\,200 \text{ Hz}$, $2f_a - f_r = 2\,350 \text{ Hz}$ 。

即使在 2 350 Hz 下也有 10% I_{pr} , 这仅将造成 f_r 下的测量误差必定小于 0.1%。

C.3.2 抗混叠滤波器的实例

图 C.1 为数字数据获取系统的一个实例。



f_s 采样速率;

f_d 数据速率。

图 C.1 数字数据获取系统

通常 f_s 大于 f_{dr} 。在这种情况下 f_a 等于 $f_{dr}/2$, 否则 f_a 等于 $f_s/2$ 。

如采样速率 f_s 等于数据速率 f_{dr} , 则不需要数字滤波器。此时推荐采用模拟贝塞耳滤波器, 例如是:

- 4 阶;
- 截止频率 $f_c = (f_{dr})/3$;
- 传递函数(拉普拉斯表示法)

$$\text{bessel } 4(p) = \frac{1}{(1 + 0.774 \, 2p + 0.388 \, 9p \cdot p) \cdot (1 + 1.339 \, 6p + 0.488 \, 9p \cdot p)}$$

(式中: $p = j \cdot f/f_c$)

这种滤波器的优点是:

- 优良的暂态响应(无过冲, 还原时间短);
- 高于数据速率的各频率的衰减合理;
- 覆盖宽频带的群延时恒定, 它意味着该滤波器引入的相位移(近似)为高达 f_c 的频率的线性函数。滤波器对相位移的影响与传输系统中的纯延时相同。因而, 只要它的等效延迟时间包含在电子式电流互感器的额定延迟时间之内, 则对相位移的影响可以忽略。

贝塞耳滤波器的等效延迟时间等于 $\frac{1.01}{\text{数据速率}}$

过采样和使用数字滤波器具有显著的优点, 如:

- 简单的模拟量输入的滤波器;
- 各模拟元件的偏差或温度偏移几乎不成问题。

推荐数字滤波的 FIR 滤波器, 因为它们具有理想的恒定群延时和良好的暂态响应。设计滤波器, 推荐采用 Remez 交换算法(或 Parks-McClellan 等脉动算法)。

如果采用 IIR 滤波器, 推荐贝塞耳滤波器(例如上述实例), 用 z 匹配变换转入数字域, 以保证最大的相位线性度和恒定群延时。不推荐使用普通的双线性变换。

C.4 谐波的准确度要求

注: 以下条款定义的各种准确度, 对电子式电流互感器和电子式电压互感器皆应适用。

C.4.1 普通准确度级

由于使用特殊装置(非线性负荷, 柔性交流输电系统, 轨道交通), 电网上会产生谐波。谐波量与电网和电压水平有关。谐波对计量、品质测量和继电保护皆有影响。准确度按照各种专门用途列出。数字量输出型电子式互感器的准确度要求与模拟量输出型电子式互感器的相同。型式试验见 C.5.1。

C.4.1.1 功率计量

准确级	在下列谐波下的电流(比值)误差 ± %				在下列谐波下的相位误差							
					± (°)				± crad			
	2~4次谐波	5和6次谐波	7~9次谐波	10~13次谐波	2~4次	5和6次	7~9次	10~13次	2~4次	5和6次	7~9次	10~13次
0.1	1	2	4	8	1	2	4	8	1.8	3.5	7	14
0.2	2	4	8	16	2	4	8	16	3.5	7	14	28
0.5	5	10	20	20	5	10	20	20	9	18	35	35
1	10	20	20	20	10	20	20	20	18	35	35	35

以这些要求,由谐波增加的测量误差,在最坏情况下,约为相应功率计量级准确度理论误差的15%(即采用0.2级电流互感器和0.2级电压互感器时,50 Hz基波输送能量的相应功率计量级准确度为0.4。若谐波输送能量也测量时,基波及其谐波输送能量的总误差为 $0.4\%+0.15\times 0.40\%=0.46\%$)。如此小的误差可以接受。

C.4.1.2 品质测量

根据EN 50160和GB/T 17626.7,为此用途,测量的谐波高达40次(有些情况甚至达50次)。GB/T 17626.7规定其相对误差(相对于被测值)应不超过5%。如果还需要测量相位角,相应的误差应不超过5°。

准确级	在下列谐波下的电流(比值)误差 ± %		在下列谐波下的相位误差			
			± (°)		± crad	
	1~2次谐波	3~50次谐波	1~2次谐波	3~50次谐波	1~2次谐波	3~50次谐波
品质测量 专用	1	5	1	5	1.8	9

C.4.1.3 常规继电保护

对于常规用途,有关的谐波不超过5次序列。16.66 Hz或20 Hz适合于包含铁道工频的各种现象。

准确级	在下列谐波下的电流(比值)误差 ± %		在下列谐波下的相位误差			
			± (°)		± crad	
	1/3次谐波 (仅16.7或20 Hz)	2~5次谐波	1/3次谐波 (仅16.7或20 Hz)	2~5次谐波	1/3次谐波 (仅16.7或20 Hz)	2~5次谐波
所有的 保护级 XPXX	10	10	10	10	18	18

C.4.1.4 与传统电流互感器和电压互感器的比较

所有的传统互感器都达不到品质测量级要求的性能:电压互感器的频率特性比电流互感器更差。并且某些互感器,如电容式电压互感器(CVT)是以很窄的频带宽度调谐,甚至达不到(C.4.1.2和C.4.1.3)保护和测量准确级的要求。

C.4.2 专用准确级

C.4.2.1 宽频带保护专用准确级

某些用途例如行波保护继电器,需要的频率高达500 kHz。使用依据行波分析原理的继电器,看来

有希望解决很精确故障定位的问题。例如,按此原理的新装置声称,其定位精度远高于传统电抗式故障定位器。然而这样的继电器现在尚不能可供使用,这方面仍处于研究发展之中,但适用于这些继电器的电流互感器和电压互感器应具有很宽的频率范围,其“扩展”范围高达 500 kHz。

准 确 级	在下列频率下的最大峰值误差 ± %
宽频带保护专用	$f_r \sim 50 \text{ kHz}$
	10

电子式互感器的频带宽度(—3 dB 截止频率)应至少为 500 kHz。

注 1: 行波保护继电器是专为此用途设计而且很特殊(非常宽的频带宽度等)。通常,制造方供给继电器/故障定位器同时附带电流/电压传感器及其附属电子设备。实际上,许多这类装置的运作如同扰动记录仪,存储故障时的数据和进行一些后处理,然后作故障点定位。

注 2: 由于其宽频带宽度,本准确级不适用于标准化的数字量输出。

C.4.2.2 电子式电压互感器的直流保护专用准确级

电子式电压互感器应能对线路上的直流电压给出适当指示,例如出现滞留电荷时。对这种情况,用户并不要求反映的电压很准确,重要的信息是线路上残余电压的极性。

对此专用级,C.4.1.3 中有关谐波的所有要求也适用。

补充要求:

准 确 级	在下列频率下的最大峰值误差 ± %
直流保护专用 (对 EVT)	0 Hz(直流)~ f_r
	10

注: 必须注意,由于线路不能通过 EVT 放电(EVT 恒定直流输出),在模拟量输出时,所接继电器的输入变压器不得饱和。当然,数字量输出时无此问题。

C.5 试验方案和试验电路

C.5.1 谐波准确度试验

试验电路可选用 D.4 或 E.6.2 的任一电路。

对于电子式电流互感器试验,试验电流可用功率放大器供给。推荐短路试验常用的同轴分流器作为基准电流互感器。

对于 EVT 试验,推荐利用现有设备:公共配电系统中数据传输所用的信号电压是正弦波,覆盖频率范围为 110 Hz~148.5 kHz,其幅值适合于本试验(详细内容见 EN 50160)。

按下列各表,施加每一个规定谐波频率的一次电流/电压。每一个频率下的幅值误差和相位误差由基准与被试互感器相比较进行计算,依照众所周知的程序(见附录 E 中的数字量输出)。

普通准确级(C.4.1)的试验电流及电压

谐波电流幅值(I_{pr} 的百分数)或电压幅值(U_{pr} 的百分数) %	
2~5 次谐波	6 次及以上的谐波
10	5

专用准确级(C.4.2)的试验电流及电压

准 确 级	暂态条件下准确度试验的电流或电压的幅值(I_{pr} 的百分数)或(U_{pr} 的百分数) %			
	0 Hz, 直流	直流 $\sim 0.99f_r$	$1.01f_r\sim 5$ 次谐波	5次谐波 ~ 250 kHz
宽频带保护专用	—	20	10	5
直流保护专用(对 EVT)	100	20	20	—

C.5.2 正常抗混叠性能的类型试验

施加频率为 $2f_s - f_r$ 的一次信号。测量输出信号的频率,用以检查此输入频率是否确实为 f_r 的镜像。

按 C.3.1,检验计算的衰减值是否符合其限值。
一次信号的大小应至少为额定一次信号的 1%。

由于假频出现时输入信号和输出信号的诸频率不相同。因而不能采用桥式电路的试验布置。进行试验最简易的方法,是对输入和输出的方均根值,使用数字量系统分别计算,或使用简单的模拟量万用表分别测量。

附录 D (资料性附录)

模拟量输出型电子式电流互感器的技术信息

D.1 范围

本附录适用于新制造的模拟量输出型电子式电流互感器,用于电气测量仪器和继电保护装置。

电子式电流互感器采用电流传感器[例如:电流互感器、霍尔效应传感器、空心线圈(罗戈夫斯基线圈)]和/或光学装置,由二次转换器提供模拟量电压输出。电子式电流互感器可以包含二次信号电缆。

D.2 二次输出的数学描述

当 $t \geq t_{dr} - \varphi_{or}/(2\pi f)$ 时,二次电压可以如下表示:

$$u_s(t) = U_{sc} \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_s) + U_{sdc}(t) + u_{sres}(t)$$

式中:

U_{sc} ——二次电压对称分量的方均根值;

U_{sdc} ——二次直流电压,包括指数衰减分量;

u_{sres} ——二次剩余电压,包括谐波和次谐波分量;

f ——基波频率;

φ_s ——二次相位移;

t ——时间瞬时值;

t_{dr} ——额定延迟时间。

D.3 二次直流偏移电压(U_{sdc0})

直流偏移电压是电子设备的普遍特性,这是由于电子元件需要偏压而造成的。按照定义,它是在零输入信号时的设备输出上测得。正常情况下,偏移电压可认为与信号以及辅助电源无关,因而是输出信号的附加分量。

如果电源与输入信号有关,例如一次转换器的电源来源于一次电流本身,则可能出现特殊的状态。在这种情况下,仅在一次电流大于唤醒电流时才可以获得稳定的电源及其产生的稳定偏移电压。小于此最低一次电流,尤其是零值时,偏移电压可能改变其数值。

对于这种特殊情况,制造方与用户应商讨确定一个恰当的 U_{sdc0} 技术要求。建议可规定最小一次电流,超过它时 U_{sdc0} 依照上述定义,例如 $I_p > 0.1 I_{pr}$ 时 $U_{sdc0} = 5 \text{ mV}$ 。

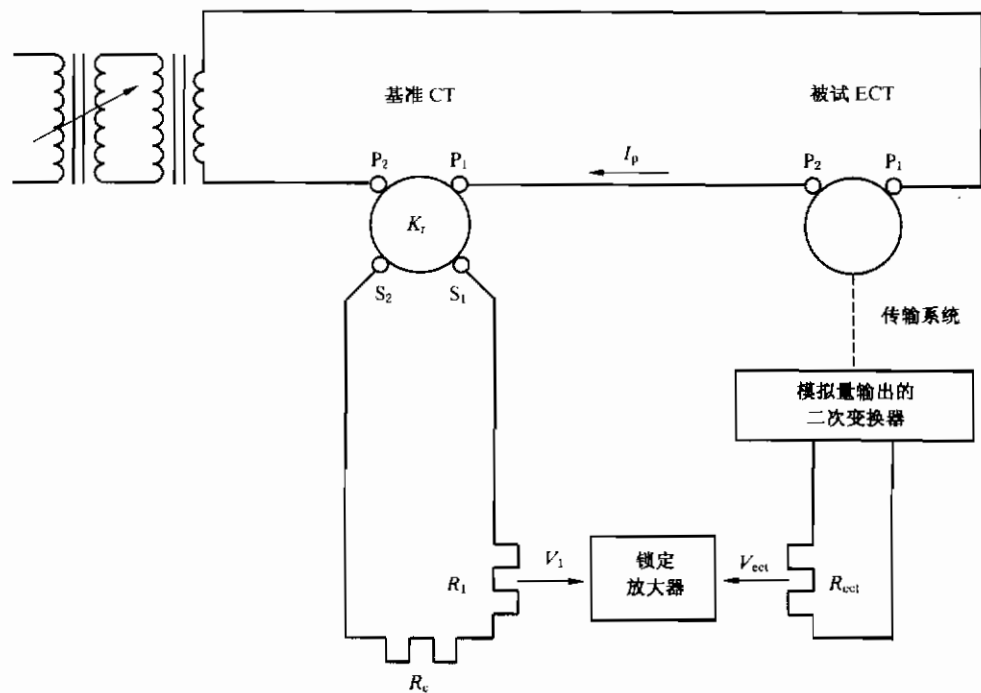
D.4 稳态准确度测量的试验电路

稳态准确度测量的试验电路见图 D.1。

D.5 铁心线圈式低功率电流互感器的信息

D.5.1 范围

铁心线圈式低功率电流互感器(LPCT)是传统电磁式电流互感器的一种发展。由于现代电子设备的低输入功率要求,LPCT 可以按照高阻抗 R_b 进行设计。结果是,传统电磁式电流互感器在非常高(偏移的)一次电流下出现饱和的基本特性得到改善,并因此显著扩大测量范围。



符号：

K_r ——基准电流互感器的额定变比；

V_1 ——锁定放大器的输入电压；

R_1 ——调节锁定放大器输入电压的负荷；

$R_1 + R_c$ ——基准电流互感器的额定二次负荷；

V_{ect} ——模拟量输出型 ECT 的二次电压；

R_{ect} ——ECT 的额定二次负荷。

要求 R_1 和 R_{ect} 是高精度负荷。

锁定放大器的输入电压应按标称条件调节。此电压应等于标称额定二次电压。

图 D.1 稳态准确度测量的试验电路

D.5.2 应用

总消耗功率的降低，便有可能无饱和地高准确度测量高达短路电流的过电流。对全偏移短路电流也能满足。除了量程比较宽，LPCT 的设计尺寸可以比传统电磁式电流互感器小。随之，由于全部使用范围可以由单个（多用途）电流互感器承担，测量用与保护用互感器无须有差别。

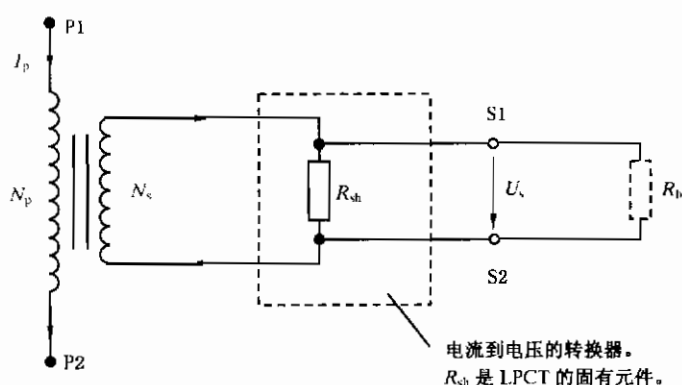
D.5.3 原理

LPCT 是一种电磁式电流互感器，它包含一次绕组、小铁心和损耗极小的二次绕组，后者连接并联电阻 R_{sh} 。此电阻是 LPCT 的固有元件，对互感器的功能和稳定性极为重要。因此，原理上 LPCT 提供电压输出。

并联电阻 R_{sh} 设计为互感器的功率消耗接近于零。二次电流 I_2 在并联电阻上产生电压降 U_s ，其幅值正比于一次电流且同相位。而且，互感器的内部损耗和负荷要求的二次功率越小，其测量范围和准确度越理想。

LPCT 的功能可以用图 D.2 和图 D.3 说明。

例如，将 R_{sh} 设计为使 $U_{s,max}$ 与 I_{1h} 相对应。

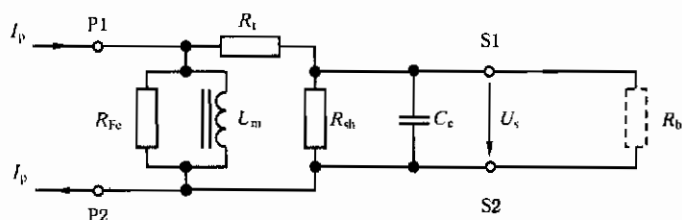


$$U_s = R_{sh} \cdot \frac{N_p}{N_s} \cdot I_p \text{ 和}$$

$$I_p = K_R \cdot U_s$$

$$\text{而 } K_R = \frac{1}{R_{sh}} \cdot \frac{N_s}{N_p}$$

图 D.2 铁心线圈式互感器



符号:

I_p —— 一次电流;

R_{Fe} —— 等效铁损电阻;

L_m —— 等效励磁电感;

R_1 —— 二次绕组和引线的总电阻;

R_{sh} —— 并联电阻(电流到电压的转换器);

C_e —— 电缆的等效电容;

$U_s(t)$ —— 二次电压;

R_b —— 负荷, Ω ;

P1、P2 —— 一次端子;

S1、S2 —— 二次端子。

图 D.3 电压输出的铁心式电流互感器等效电路

D.5.4 输出特性

传统电流互感器的变比(按 GB 1208—2006 标准规定)通常与额定一次电流相关联。由于 LPCT 具有测量大电流且不出现在饱和的能力,更为合理的是将测量范围联系到电网预期的最大电流。

D.6 单独式空心线圈和空心线圈的一般信息

D.6.1 范围

在高压电网中,罗哥夫斯基型传感器在继电保护上采用日益增多。自从 1912 年就已知道,罗哥夫斯基线圈的输出与电流的导数成正比。

在高电压应用中,传感器输出的积分往往不在线圈本体上进行,可以免去电子器件,而更愿在继电器上实现,这样能够降低费用。

本附录重温单独式空心线圈原理,列出其输出的导数形式。除此独特点外,空心线圈的其他特性要求(温度特性、电磁兼容、绝缘要求)则依据本标准。

D.6.2 原理

在空心线圈中,二次线绕在非磁性骨架上(见图 D.4)。无铁磁材料使这种传感器的线性度良好,不

饱和也无磁滞现象。因此,空心线圈具有优良的稳态性能和暂态响应。

空心线圈应用安培定理时表明,当负荷为高阻抗 Z 时,线圈的输出电压是穿过线圈的一次电流 $I_p(t)$ 的函数。

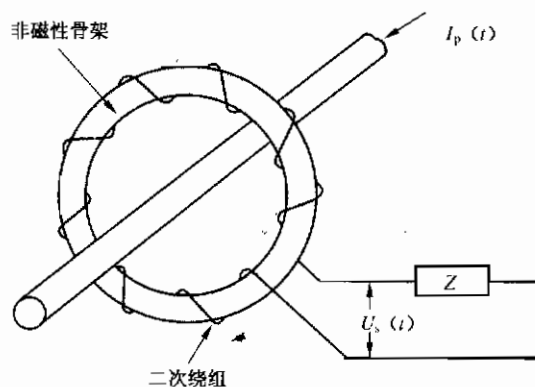


图 D.4 单独的空心线圈

D.6.2.1 对于圆环形骨架

a) 任意截面的近似公式

$$e(t) \approx \mu_0 \cdot N \cdot A \cdot \frac{\partial i_p(t)}{\partial t}$$

b) 矩形截面的公式

$$e(t) \approx \frac{\mu_0 \cdot N_w \cdot h}{2\pi} \cdot \ln \frac{r_a}{r_i} \cdot \frac{\partial i_p(t)}{\partial t}$$

式中:

μ_0 ——真空导磁率, $4\pi \cdot 10^{-7}$, $V \cdot s / A \cdot m$;

N ——匝数密度, 匝/m;

A ——单匝面积, m^2 ;

$2r_a$ ——外直径, m;

$2r_i$ ——内直径, m;

h ——高度, m;

N_w ——空心环的匝数;

$e(t)$ ——低负荷 $R_b \rightarrow \infty$ 时, 空心线圈的输出电压, V。

以这些符号, 令

$$M = \mu_0 \cdot \frac{N_w \cdot h}{2\pi} \cdot \ln \frac{r_a}{r_i} \approx \mu_0 \cdot N \cdot A$$

则空心线圈的输出电压为:

$$e(t) = \frac{M \cdot \partial i_p(t)}{\partial t}, \text{ 或在稳态正弦电流下:}$$

$$\underline{E} = M \cdot j \cdot \omega \cdot I_p$$

D.6.2.2 等效电路

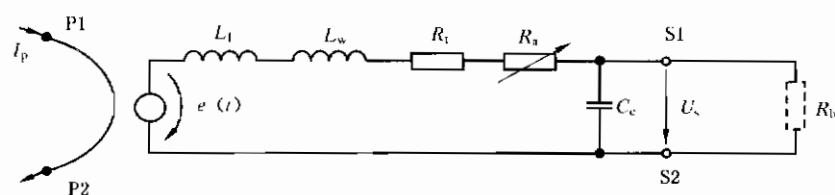
图 D.5 为空心线圈的等效电路。

电阻 R_s 是任选的, 供校正调节用。也可采用在铭牌上标出校正系数。电阻 R_s 或校正系数是用于补偿线圈骨架尺寸和匝数的制造偏差。它们也使传感器与电子装置能有互换性。

以下公式依据图 D.5 等效电路:

$$\underline{E} = j\omega \cdot M \cdot \underline{I}_p$$

$$\underline{U}_s = \frac{R_b}{R_s - R_s + R_b + j\omega L} \cdot \underline{E}$$



符号:

I_p ——一次电流;

$e(t)$ ——空心线圈的电势;

L_l ——二次绕组的漏电感;

L —— $L_l + L_w$;

L_w ——引线的电感;

R_l ——二次绕组和引线的总电阻;

$U_s(t)$ ——需校正的输出电压;

R_s ——校正电阻(任选);

Z ——负荷阻抗,或;

R_b ——功率因数为1的负荷阻抗;

C_c ——电缆的等效电容;

P1、P2——一次端子;

S1、S2——二次端子。

图 D.5 电压输出的单独式空心线圈电流互感器的等效电路

$$\underline{U}_s = \frac{R_b}{R_l + R_s + R_b + j\omega L} \cdot j\omega \cdot M \cdot \underline{I}_p$$

$R_b \rightarrow \infty$ 时

$$\underline{U}_s = \underline{E} = j\omega \cdot M \cdot \underline{I}_p \quad \underline{I}_r = -j \frac{\underline{U}_s}{\omega \cdot M}$$

D.6.2.3 相量图

相量图见图 D.6。

$$\underline{U}_s \left(1 + \frac{R_l + R_s}{R_b} + \frac{j\omega L}{R_b} \right) = \underline{E} \rightarrow \frac{\underline{U}_s}{\omega \cdot M} \left(1 + \frac{R_l + R_s}{R_b} + \frac{j\omega L}{R_b} \right) = \frac{\underline{E}}{\omega \cdot M} = \underline{I}_p$$

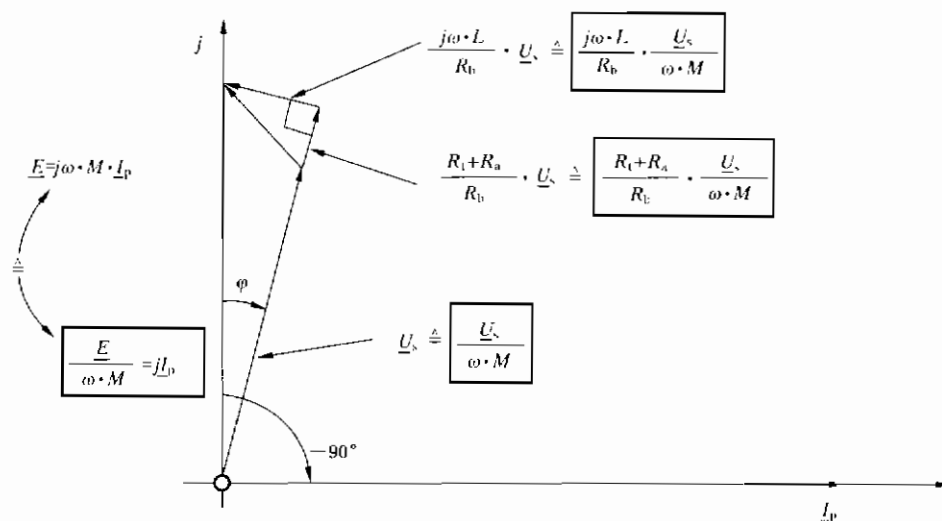


图 D.6 单独式空心线圈的相量图

相位移 φ :

$$\tan \varphi = -\frac{\omega L}{R_1 + R_s + R_b} \approx -\frac{\omega L}{R_b}$$

$$\varphi = -\arctan \frac{\omega L}{R_1 + R_s + R_b} \approx -\arctan \frac{\omega L}{R_b}$$

误差:

$$\underline{\varepsilon} = \frac{U_s - E}{E}$$

$$|\underline{\varepsilon}| = \frac{\sqrt{(R_1 + R_s)^2 + (\omega L)^2}}{\sqrt{(R_1 + R_s + R_b)^2 + (\omega L)^2}}$$

或者不按相量图,则:

$$\varepsilon \approx \frac{(R_1 + R_s) \cdot \frac{U_s}{R_b}}{E} = \frac{R_1 + R_s}{R_s + R_1 + R_b + j\omega L}$$

$$|\underline{\varepsilon}| = \frac{R_1 + R_s}{\sqrt{(R_s + R_1 + R_b)^2 + (\omega L)^2}} \approx \frac{R_1 + R_s}{R_b}$$

$$|\underline{\varepsilon}| = \frac{U_s - U_s \left(1 + \frac{R_1 + R_s}{R_b}\right) \cdot (\cos \varphi)^{-1}}{U_s \left(1 + \frac{R_1 + R_s}{R_b}\right) \cdot (\cos \varphi)^{-1}}$$

$\cos \varphi = 1$ 时:

$$|\underline{\varepsilon}| = \frac{1}{\left(1 + \frac{R_1 + R_s}{R_b}\right)} - 1$$

$$|\underline{\varepsilon}| = -\frac{R_1 + R_s}{R_b + R_1 + R_s} \approx -\frac{R_1 + R_s}{R_b}$$

D.6.3 测量使用要点

单独式空心线圈实际使用时,积分器是继电保护或测量系统的组成部分。

为测量单独式空心线圈的瞬时误差,必须采用时间常数合适的积分器。

积分器的输入阻抗必须是单独式空心线圈的额定阻抗。

附录 E (资料性附录)

数字量输出型电子式电流互感器的技术信息

E.1 范围

本附录适用于新制造的数字量输出型电子式电流互感器,供电气测量仪器和继电保护装置使用。

电子式电流互感器采用电流传感器[例如:电流互感器、霍尔效应传感器、空心线圈(罗戈夫斯基线圈)]和/或光学装置,提供数字量输出。

本附录涉及插值法和时钟同步机理、误差测量以及计算等所需要的信息。

E.2 数字量输出的工作原理

为了有效利用电子式电流和电压互感器的优点,信号必须用统一的方式处理。以时间不确定性小于几微秒的同样状态取得的电流和电压瞬时值,必须传输到测量和继电保护装置。对此,推荐的方法是组合来自一个设备间隔的各电流和电压,即三相的电流和电压按一个协议规则进行传输。将电流和电压进行这种组合的物理单元称为合并单元(MU)。测量系统的结构见图 E.1。

连接到一个合并单元的各互感器如何同步化,由制造方自定,本部分不作规定。

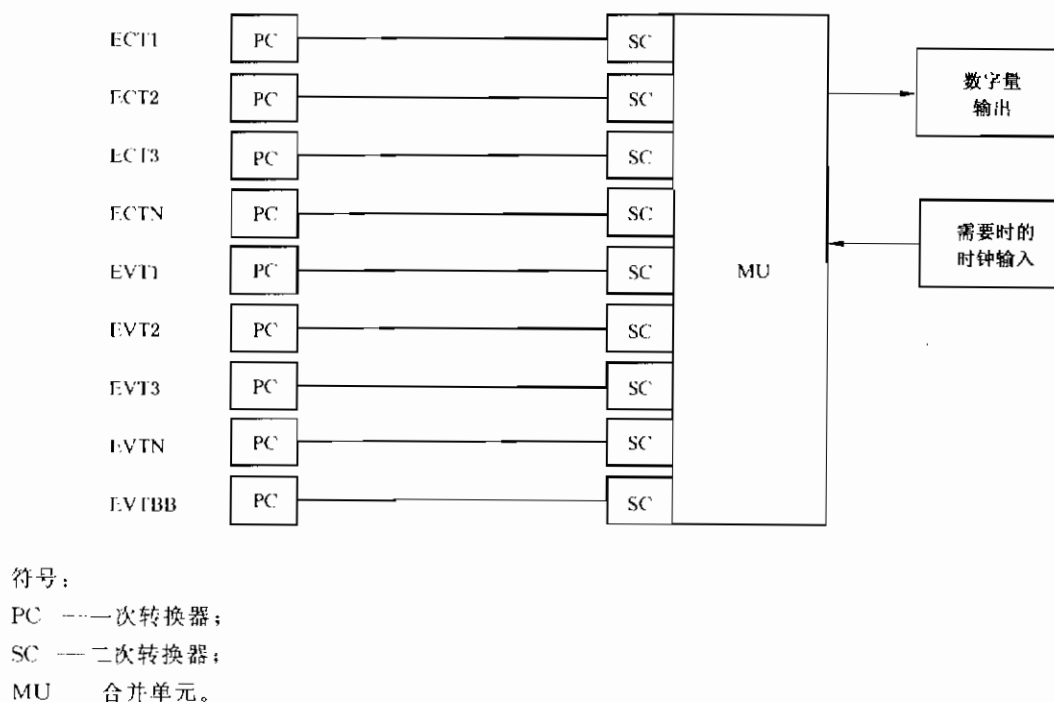


图 E.1 电子式电流和电压互感器组合构成的数字量输出

E.3 数据通道的其他分配

某些用途要求的数据通道分配与 6.2.4.1.3 表 12(DataSetName=01)的不同。例如,1½断路器布置中的线路继电保护,它利用各断路器两侧组合的电流和电压各传感器,需要至少两组电流(保护判断)和一组电压数据。

为满足特定的用途,DataSetName=FE H(十进制 254)允许制造方自由分配各信号源的数据通道。

在这种情况下,制造方规定其数据通道分配如表 E. 1 所示实例。各数据通道的数据接收器的正确配置,需要下述各项内容:

- 交换值: 信号的文字描述;
 - 参考值: 该通道可使用的参考值,可用值为额定相电流,额定中性点电流,额定相电压;
 - 比例因子: 该数据通道的比例因子,按表 5 规定。可用值为 SCP、SCM 和 SV。
- 正常运行时数据通道分配不得改变。

表 E. 1 DataSetName=FE H 的数据通道特定分配应用实例:
用于 1½断路器布置中各断路器两侧有组合 ECT/EVT 的线路保护和同步

DataSetName	FE H			
	交换值	信号源	参考值	比例因子
DataChannel # 1	A 相电流,保护	DS 1	额定相电流	SCP
DataChannel # 2	B 相电流,保护	DS 1	额定相电流	SCP
DataChannel # 3	C 相电流,保护	DS 1	额定相电流	SCP
DataChannel # 4	A 相电压	线路 A	额定相电压	SV
DataChannel # 5	B 相电压	线路 A	额定相电压	SV
DataChannel # 6	C 相电压	线路 A	额定相电压	SV
DataChannel # 7	A 相电流,保护	DS 2	额定相电流	SCP
DataChannel # 8	B 相电流,保护	DS 2	额定相电流	SCP
DataChannel # 9	C 相电流,保护	DS 2	额定相电流	SCP
DataChannel # 10	A 相电压	母线 1	额定相电压	SV
DataChannel # 11	A 相电压	母线 2	额定相电压	SV
DataChannel # 12	A 相电压	线路 2	额定相电压	SV

E. 4 数字量输出的数学描述

与模拟量输出相比较,数字量输出不是时间 t 的函数,而是一序列数值,因而是计数 n 的函数, n 为整数。

一次电流和电压的第 n 次数据集采样完毕的时间称为 t_n 。由于采用等间隔采样,样本之间的时间间隔 T_s 是恒定值,并等于数据速率的倒数: $t_{n-1} \sim t_n = T_s$ 。

借助这些定义,数字量输出可如下描述:

$$i_s(n) = I_{ssc} \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t_n + \varphi_s) + I_{sdc}(n) + i_{s, res}(n)$$

式中:

- i_s ——合并单元输出的数字数,代表一次电流的实际瞬时值;
- I_{ssc} ——该合并单元输出的对称分量方均根值;
- I_{sdc} ——二次直流输出,包括指数衰减分量;
- $i_{s, res}$ ——二次剩余输出,包括谐波和次谐波分量;
- n ——数据集的计数;
- t_n ——一次电流及电压第 n 次数据集采样完毕的时间;
- f ——频率;
- φ_s ——二次相位移。

E.5 合并单元的时间同步

许多继电保护需要的信号是来自不同设备间隔的同步的电流和电压信息。因此,必须使不同协议规则的电流和电压信息做到同步。进行这种同步的方法有两种:几个协议规则的各数值的插值法,或利用电站时钟作不同协议规则的同步。

对于插值法,在不同各协议规则的各样本之间采用插值法所确定的状态,用不同各协议规则的已知不同延迟时间来推算各样本,见图 E.2。

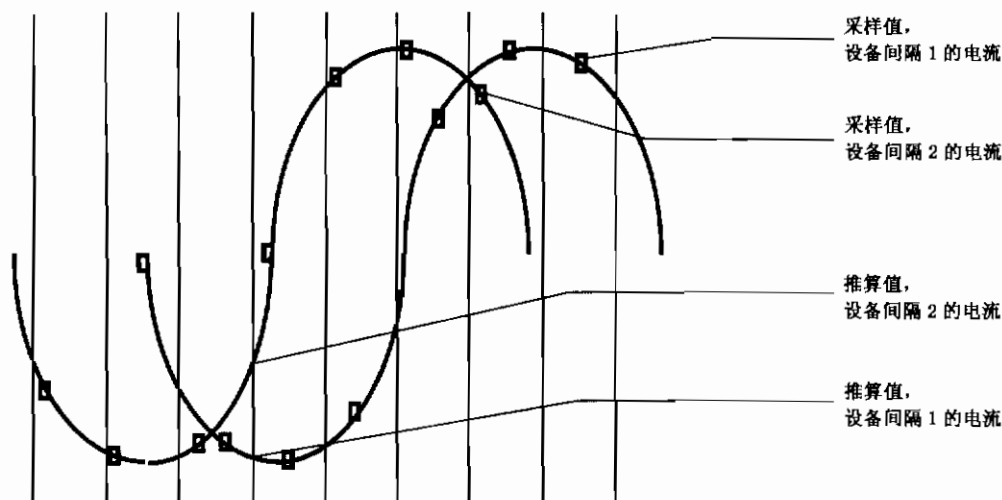


图 E.2 设备间隔 1 和设备间隔 2 的电流同步样本,
分别由设备间隔 1 和设备间隔 2 的非同步样本推算出

对于利用公共时钟脉冲的同步方法,各合并单元必须有时钟输入,并具备依照时钟输入信号给定的时间状态取得样本的协议规则。见图 E.3。

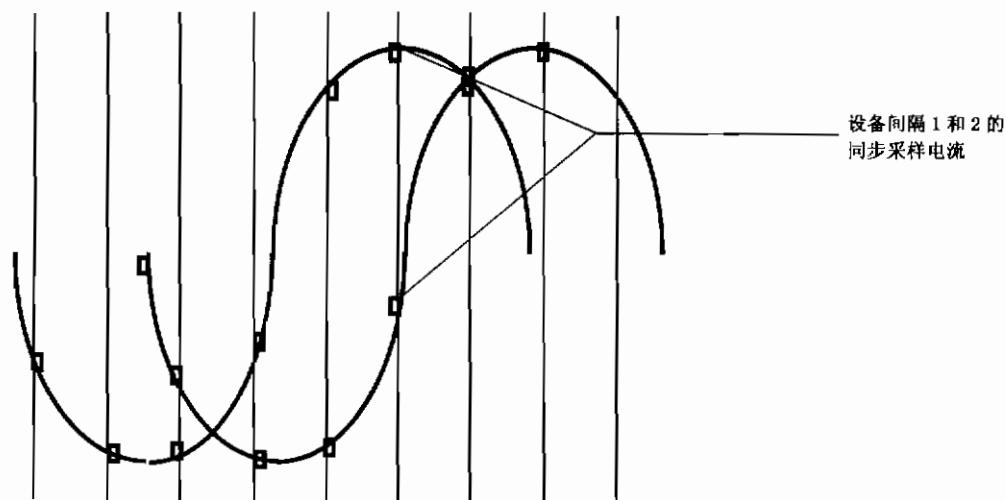


图 E.3 用公共时钟同步采样的设备间隔 1 和设备间隔 2 的电流样本

E.6 误差测量

E.6.1 数字接口的相位误差定义

图 E.4 标出了一台电子式电流互感器测量的某个一次电流。经历一段时间后,测得的电流值通过

数字接口按数字编码的方式传输。当然,由于互感器的幅值误差,传输值通常与被测的实际一次电流并不完全一样。

到达传输开始的这段时间便是相位差。它包括两个分量:一个恒定等于 $\varphi_{or} - 2\pi \times f \times t_{dr}$ 的额定值和一个可能变化的值。

如果两个合并单元的数据是用插值法结合,非常重要地是准确地保持由 φ_{or} 和 t_{dr} 确定的相位移额定值。在这种情况下,当几个合并单元的数据结合时,相位差与 $\varphi_{or} - 2\pi \times f \times t_{dr}$ 的任何差异值将形成相位误差。

必须指出,一次电流的采样时间通常与互感器 A/D 转换器的采样时间不是一样的,原因往往是模拟元件(滤波器、空心线圈相位移等)产生相位偏移,或是一次电流信息到达 A/D 转换器之前的延时。这些延时和相位偏移不是包含在额定延迟时间之内就是包含在额定相位偏移之内。

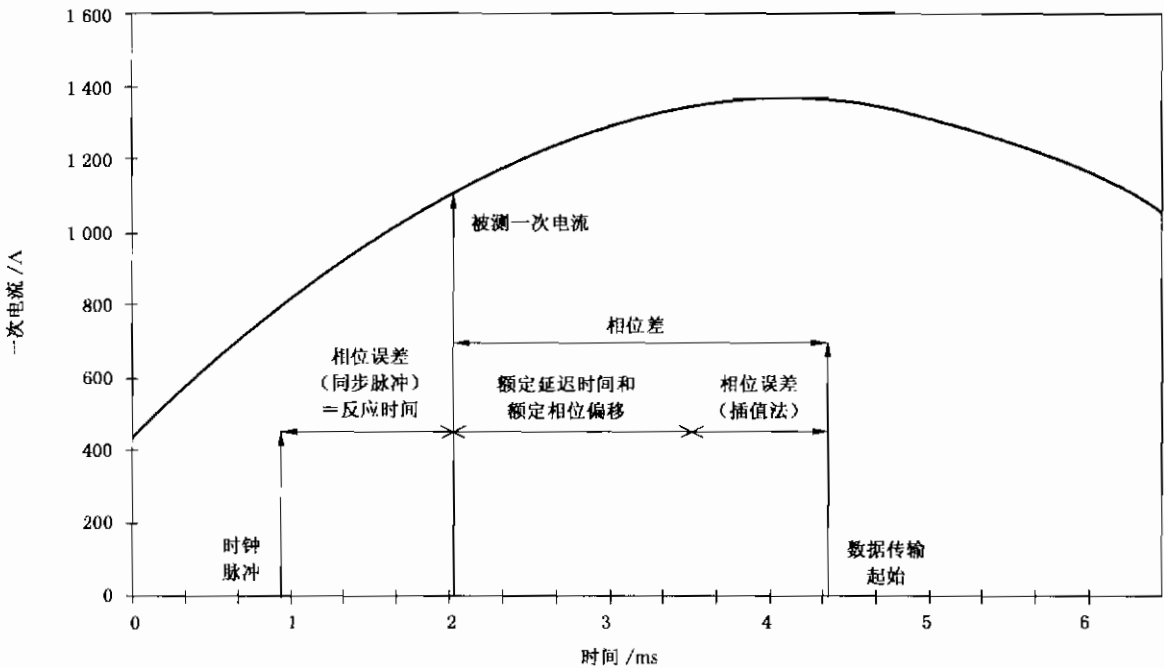


图 E.4 数字接口的相位误差定义

在多个合并单元用一个公共时钟脉冲同步时,另一个时间变得重要,即时钟脉冲与电流或电压测量之间的时间间隔。此时间理应为 0。任何与 0 的差异值形成相位误差。此时间间隔也称为“反应时间”。

时钟脉冲不是每个测量传送一次,而是每秒一次。用它使合并单元的内部时钟与主时钟同步。由于时钟脉冲是良好确定的周期性信号,可以做到反应时间为 0。

这样的话,可以确保两个时钟脉冲之间的各次测量皆不超过互感器规定的相位误差,只要求这些测量不在各时钟脉冲出现的同一时刻进行。

合并单元的设计可以采用这些原理(插值法或时钟)之一或二者并用。

E.6.2 试验布置和程序

图 E.5 表示合并单元连接一台互感器时的准确度试验布置。

如果基准系统的误差与被试的准确级相比能够忽略时,可以取基准的数字量输出 i_{ref} 乘以其额定变比 K_r 等于 i_p ,直接用于误差计算,由图 E.5 中的求值单元进行,并在下文中说明。

在合并单元规定采用插值法的情况下,求值单元(例如微机)首先必须设法取得基准和被试互感器的时间相关数据集。为此,求值单元要使用被试互感器和基准系统的额定延迟时间和额定相位偏移,其

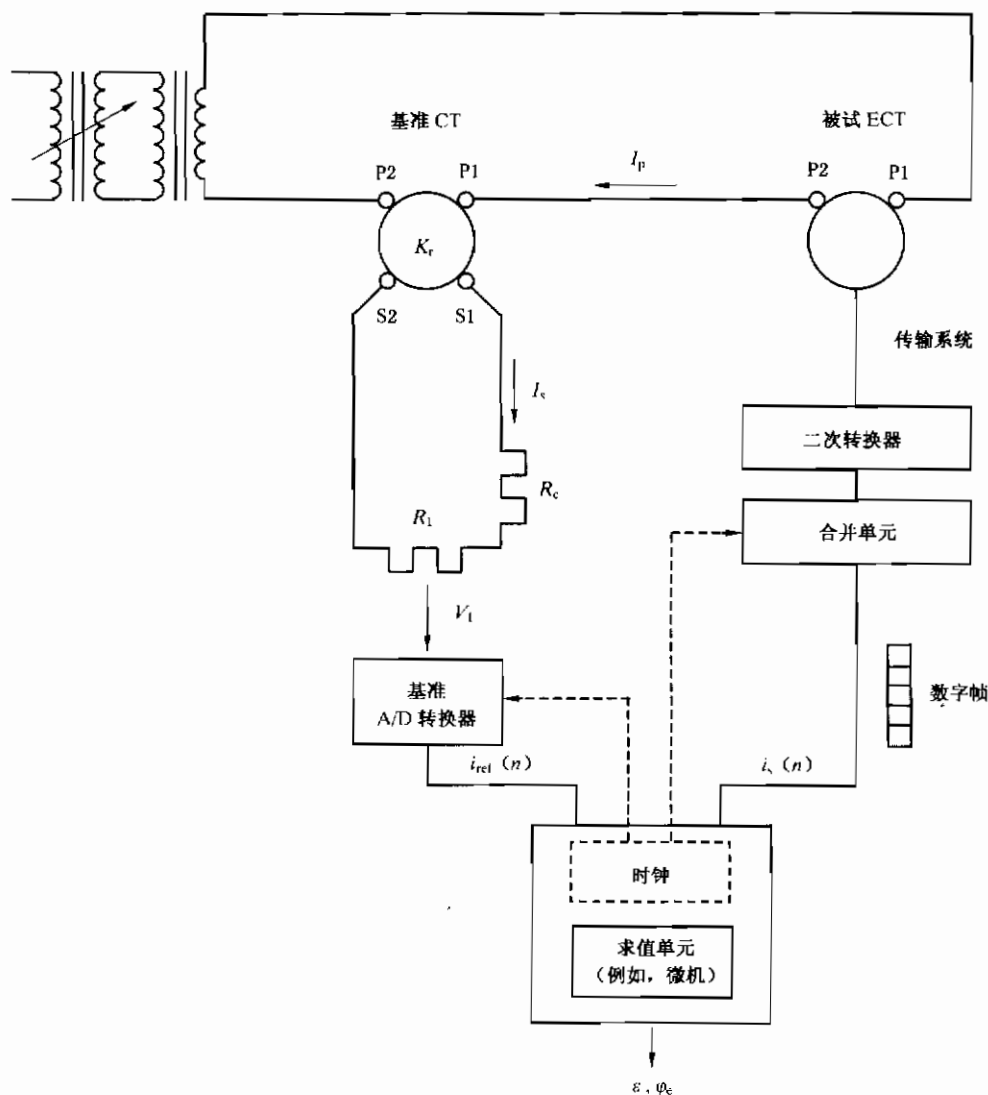
数值必须已知为非常精确。

如果 t_{nrc} 是接收被试互感器第 n 次数据集的开始时间,那么,数据集采样完毕的时间 t_n 如下计算:

$$t_n = t_{nrc} - t_{dr} + \varphi_{or} / (2\pi f)$$

于是,相应的一次电流值 $i_p(t_n)$ 或 $i_{ref}(t_n)$ 可以用基准数据 i_{ref} 和插值法算法进行计算。另一种可用方法是以被试互感器的数据集触发基准电流互感器的采样,从而在同一时间取得一次电流的两种样本。

一旦基准互感器和被试互感器的时间相关数组电流数据已经获得,误差计算可按下一条款所述的数学方法进行。



符号:

K_r — 基准电流互感器的额定变比;

V_1 — 基准 A/D 转换器的输入电压;

R_1 — 调整基准 A/D 转换器输入电压的负荷;

$R_1 + R_r$ — 基准电流互感器的额定二次负荷。

要求 R_1 是高精度的负荷。

图 E.5 试验布置

在合并单元采用时钟脉冲同步时,其程序则不相同。由于供给被试互感器和基准互感器的是同一时钟脉冲,它们的样本理应已经具有时间相关性。被试互感器的 $i_s(n)$ 和基准互感器的 $i_{ref}(n)$ 可以直接

进行比较。在下一条款的各公式中, $i_p(t_n)$ 可直接用 $K_{rd\text{ref}} \cdot i_{\text{ref}}(n)$ 置换。当然, 采用时钟脉冲同步时, 时钟脉冲务必足够精确。

如果一台数字量输出型互感器已经验证为精确度足够, 它当然可以作为基准。采用上述任一种方法经独立的外部基准校验后, 已校准的互感器可以代替图 E.5 中的基准系统, 这样, 有两个合并单元与求值单元连接, 一个是被试互感器的, 另一个是基准互感器的。如两个互感器采用相同的合并单元技术, 则试验布置可简化为两者皆接到同一个合并单元上。

E.6.3 误差计算的数学求值方法

E.6.3.1 幅值和相位误差

E.6.3.1.1 采用数字桥的误差计算

计算误差的一种方法是采用等效于传统互感器电桥的功能进行数字量计算。

在正弦电流和 $t_n \geq t_{dr} - \varphi_{or}/(2\pi f)$ 的情况下, 相位和幅值误差是用各瞬时值计算, 按以下公式:

$$\epsilon'(\varphi_{ad}) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{T_s}{kT} \sum_{n=1}^s \left[K_{rd} \cdot i_s(n) - i_p \left(t_n + \frac{\varphi_{ad}}{2\pi f} \right) \right]^2}$$

式中:

K_{rd} ——额定变比;

I_p ——一次电流方均根值;

i_p ——一次电流;

i_s ——二次的数字量输出(在合并单元输出);

T ——一个工频周期;

n ——数据集的计数;

t_n ——一次电流及电压第 n 个数据集采样完毕的时间;

k ——累加周期数;

T_s ——一次电流两个样本之间的时间间隔;

φ_{ad} ——可调节相位移。

为计算幅值误差 $\epsilon(\%)$ 和相位误差 φ_e , 选择可调节相位移 φ_{ad} 使 $\epsilon'(\varphi_{ad})$ 达到最小。此时, $\varphi_e = \varphi_{ad}$ 和 $\epsilon = \epsilon'$ 。

相位移 φ_{ad} 可以采用插值法算法作数字量引入。

为了保证上述计算结果的稳定性, 可采用 $K_{rd}i_s - i_p$ 以试验频率为中心频率的数字带通滤波和较大的累加周期数 k 。

E.6.3.1.2 采用傅立叶变换的误差计算

$i_p(t_n)$ 和 $i_s(n)$ 皆为周期性信号。这些信号数字化后的(离散)傅立叶变换, 由下式给出:

$$I_p(f) = \sum_{n=0}^{kT/T_s-1} i_p(t_n) \cdot e^{-j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t_n}$$

$$I_s(f) = \sum_{n=0}^{kT/T_s-1} i_s(n) \cdot e^{-j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t_n}$$

式中:

i_p ——一次电流;

i_s ——二次的数字量输出(在合并单元输出);

T ——一个工频周波的时间;

n ——数据集的计数;

t_n ——一次电流及电压第 n 个数据集采样完毕的时间;

k ——累加周期数;

T_s ——一次电流两个样本之间的时间间隔。

对于谐波 h , 以 $f = f_h = h \cdot f_r$ 应用上述公式, 得到 2 个复数系数:

$$I_p(f_h) = |I_p(f_h)| \cdot e^{j\varphi_{p,h}}$$

$$I_s(f_h) = |I_s(f_h)| \cdot e^{-j\varphi_{s,h}}$$

对于正弦电流和 $t_n \geq t_{dr} - \varphi_{or}/(2\pi f)$ 时, 额定频率的相位和幅值误差, 用 $h=1$ 的傅立叶变换系数计算。

$$\text{幅值误差: } \epsilon = 100 \frac{K_{rd} \cdot |I_s(f_1)| - |I_p(f_1)|}{|I_p(f_1)|}, \%$$

式中:

K_{rd} ——额定变比。

相位误差: $\varphi_e = \varphi_{s,1} - \varphi_{p,1}$, rad。

E.6.3.1.3 采用数字量同步检测算法的误差计算

计算增益和相位误差的另一种可用方法, 是按照同步检测原理(通常在锁定放大器上采用)进行数字量计算, 如同用于模拟量输出(见 D.4)。

E.6.3.2 复合误差

为计算复合误差 ϵ_c , 模拟函数用等效的数字量计算代替(在 $t_n \geq t_{dr} - \varphi_{or}/(2\pi f)$ 时):

$$\epsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{T_s}{kT} \sum_{n=1}^{kT/T_s} [K_{rd} i_s(n) - i_p(t_n)]^2}$$

式中:

K_{rd} ——额定变比;

I_p ——一次电流方均根值;

i_p ——一次电流;

i_s ——二次的数字量输出(在合并单元输出);

T ——一个周期;

n ——数据集的计数;

t_n ——一次电流及电压第 n 个数据集采样完毕的时间;

k ——累加周期数;

T_s ——一次电流两个样本之间的时间间隔。

可以用大量的累加周期数 k 保证上述计算的结果稳定。不允许使用带通滤波。

注: 对单独式空心线圈, 二次输出是在积分器的输出上测量的(见 K_{ra} 和 K_{rd} 的定义及附录 D)。积分器可以在求值单元中用数字量的方法实现。由于积分器可能影响延迟时间, 在此试验布置中, 允许其额定延迟时间与被试互感器的额定延迟时间不相同。

E.6.3.3 瞬时误差

瞬时误差电流是在 $t_n \geq t_{dr} - \varphi_{or}/(2\pi f)$ 下规定, 并用下式计算:

$$i_e(n) = K_{rd} \cdot i_s(n) - i_p(t_n)$$

式中:

K_{rd} ——额定变比;

i_p ——一次电流;

i_s ——二次的数字量输出(在合并单元输出);

n ——数据集的计数;

t_n ——一次电流及电压第 n 次数据集采样完毕的时间。

注: 对单独式空心线圈, 二次输出是在积分器的输出上测量的(见 K_{ra} 和 K_{rd} 的定义及附录 D)。积分器可以在求值单元中用数字量的方法实现。由于积分器可能影响延迟时间, 在此试验布置中, 允许其额定延迟时间与被试互感器的额定延迟时间不相同。

E.7 模拟量输出与数字量输出的电流互感器/电压互感器的系统总准确度比较

对构成元件为相同准确级的各系统进行比较时,采用数字量输出的电子式电流和电压互感器系统,其系统总准确度与采用模拟量输出的系统的不同之处,见图 E. 6。当采用数字量输出的电子式电流和电压互感器时,由纯数字信号传输引起的误差被排除。在此情况下,只要计算精度选择恰当,仪表因是数字值的纯计算而不会增加任何误差。在仪表中,受温度或长期漂移影响的可能性也全部被消除。

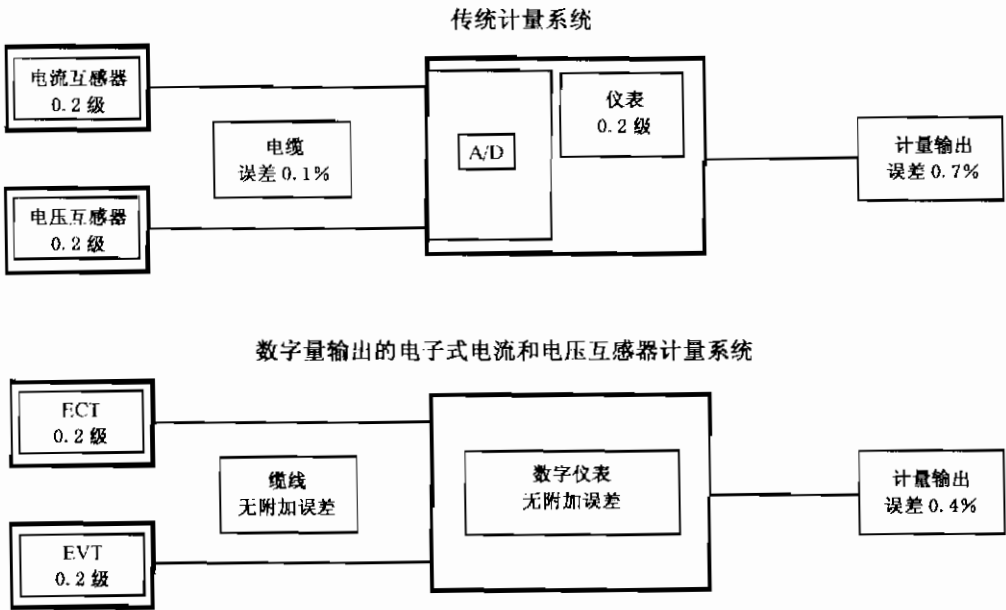


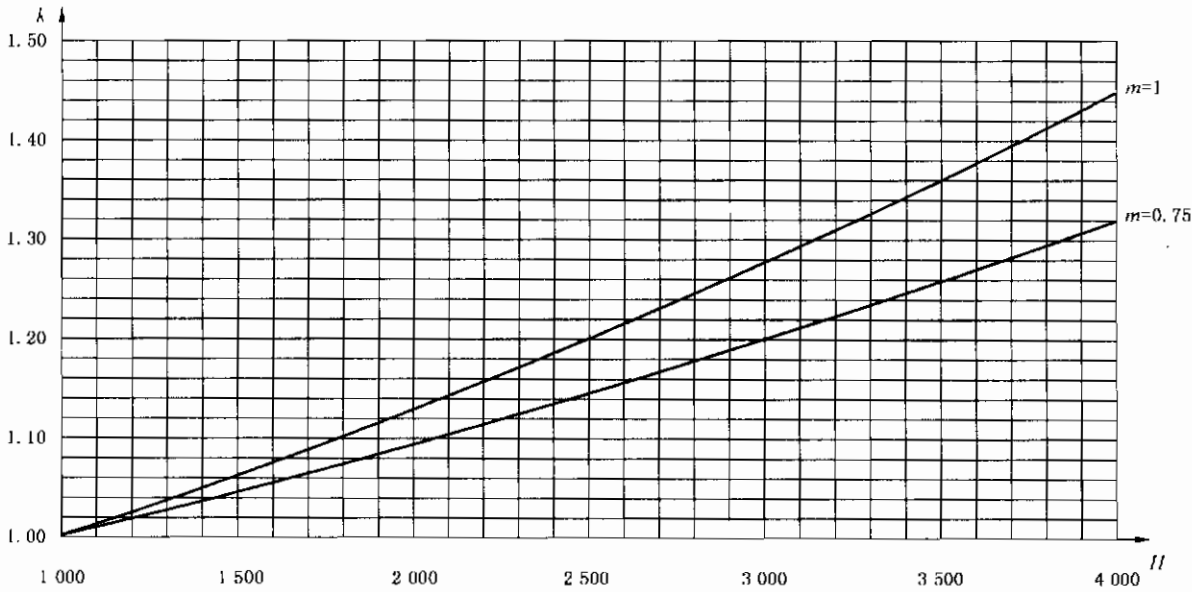
图 E.6 传统计量系统与数字量输出的电子式电流和电压互感器计量系统的误差比较

附录 F
(资料性附录)
IEC 60044-8:2002 标准的海拔

F.1 海拔

安装处海拔超过 1 000 m 时,在标准大气条件下的弧闪距离,应由使用地区要求的耐受电压乘以按图 F.1 查得的因数 k 来确定。

注:内绝缘的电介质强度不受海拔影响。检验外绝缘的方法应由制造方和用户商定。



因数 k 可用下式计算:

$$k = e^{m(H-1000)/5170}$$

式中:

H — 海拔, m;

$m = 1$ — 适用于工频和雷电冲击电压;

$m = 0.75$ — 适用于操作冲击电压。

图 F.1 海拔校正因数

附录 G
(资料性附录)
准确度要求的图形说明

图 G.1 表示一台多用途电子式电流互感器(即同时满足测量和保护的要求)的准确度限值,也规定了暂态响应要求。

各标志点,表示型式试验时在该一次电流下进行准确度测量。各实线,表示在该一次电流范围理应保持的准确度。

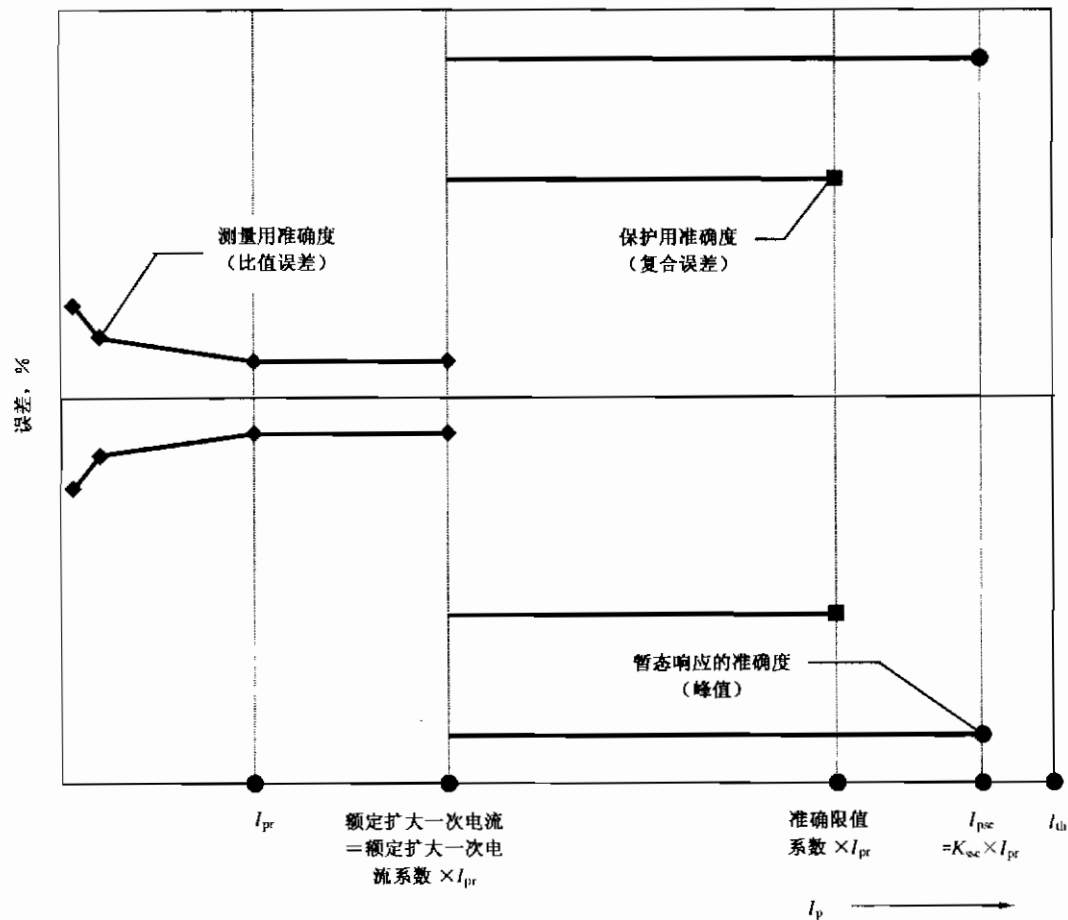


图 G.1 多用途电子式电流互感器的准确度限值

如果在应用上,要求各相上电子式电流互感器的相位误差和/或比值误差的差异很小,用户应选用校验数据相近的一组电子式电流互感器,如同对传统互感器所做的那样。校验数据可以在例行试验报告上得到。不需要特殊试验。

附录 H

(资料性附录)

电子式电流互感器的暂态特性

H.1 引言

任何一种(电磁式或电子式)电流互感器,皆以不同的瞬时误差重现电流的交流分量和暂态直流分量。交流分量的瞬时误差影响保护继电器的运行。暂态直流分量的瞬时误差通常与继电保护的判断运算无关。但仍然显示在暂态故障录波图上。电流互感器(包括电子式)的非线性度可能使重现的交流分量畸变。因此,交流分量的瞬时误差取决于其输入的幅值和暂态直流分量的大小。

在 GB 16847 中,给出了某些用途所要求的暂态特性详细分析。然而该标准仅适用于采用磁性材料的传统技术。基于法拉第传感器和罗哥夫斯基线圈等不同技术的各种电子式电流互感器,则不受传统电流互感器的制约,而使用户考虑一次直流分量时有更多的灵活性。本附录的目的是指明,在要求暂态特性时,用户采用电子式电流互感器可以得到的好处。

H.2 电网中的短路电流

为确定电网中短路电流,等效电路可以是图 H.1 表示的电路。

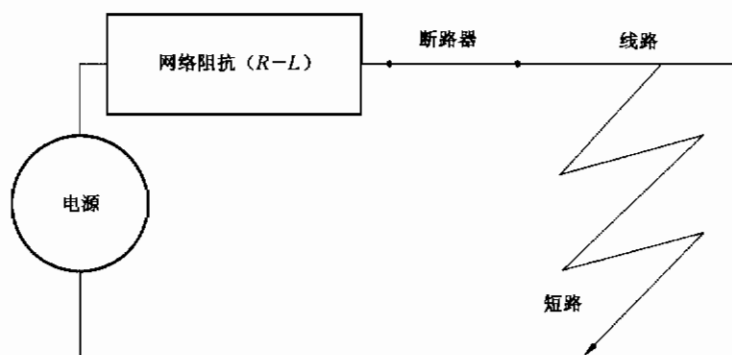


图 H.1 电网的等效电路

具有对称分量 I_{psc} 的短路电流的瞬时值近似表达式可写为:

$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot [e^{-t/\tau_p} \cdot \cos(\theta) - \cos(\omega \cdot t + \theta)]$$

式中:

τ_p ——为一次时间常数(用图 H.1 电路中电元件的 L/R 比值表示)。

表达式方括号第二项表示稳态一次电流的时间函数。

其第一项表示叠加在稳态电流上的暂态分量,满足电网各电感性分量有关的各连续方程。仅在一次故障前与故障后的一次电压与电流之间的相位差不是同一值时,此分量才出现。如果相位差保持不变, $\theta=90^\circ$, 则暂态分量不出现。

为消除此短路电流,断路器断开。因为许多短路是由线路绝缘子上受到大气过电压引起的,断路器采用自动工作循环方式在短时间内消除这些故障后又接通电网。如果是真实的故障,断路器合闸时会再次出现短路电流。为确定电流互感器在暂态下的特性,需要有两组短路电流的组合(见 3.3.9)。

但是,电网的短路电流通常是几个不同衰减指数的电流(图 H.2)叠加,所以描述短路电流的上述公式仅是一种近似。另一方面,对称幅值 I_{psc} 和一次时间常数随故障的位置而改变,还与故障发生时电网的结构有关。由于变电站中电力变压器的存在,如短路位置靠近变电站,一次时间常数可能很高(例如 200 ms),但如短路发生在数公里外,因为加上线路的电阻而可能较低(例如 60 ms)。 I_{psc} 也取决于短

路的位置。

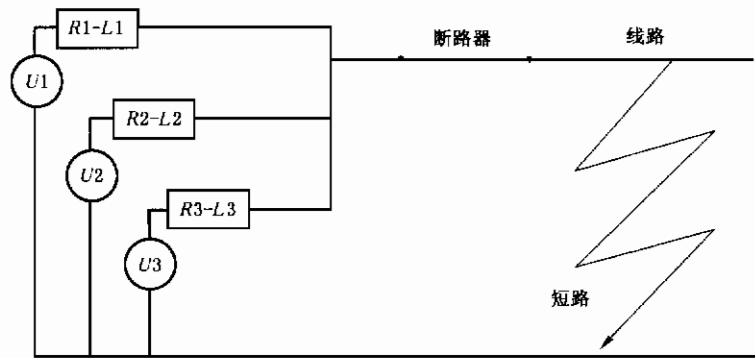


图 H.2 短路时较复杂的等效电路

这些参数不容易确定,故需要采纳一些假设来确定电流互感器的技术要求。这也由于电流互感器的特性既受一次短路参数的影响,还受下一条款中说明的二次电路的影响。

H.3 短路时电流互感器的等效电路

为分析短路电流通过时电磁式电流互感器的特性,可用以下图 H.3 表示的等效电路。

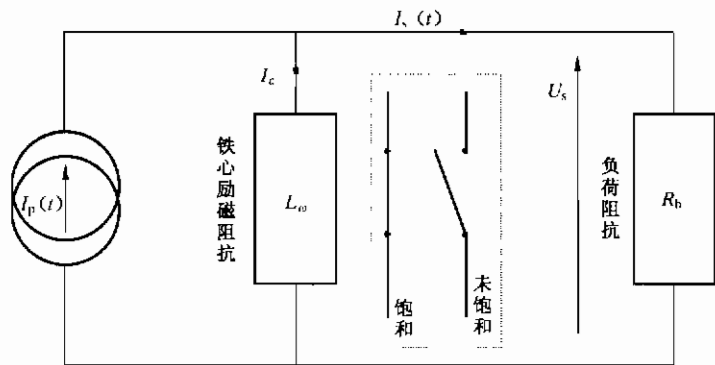


图 H.3 短路时电磁式电流互感器的等效电路

一次电流用电流源代表。二次电路用负荷阻抗(包括引线阻抗)代表。电流互感器则仅用电抗 L_s 代表,它是电流互感器铁心的励磁阻抗。

难点在于铁心发生饱和时该阻抗呈非线性变化。为了简化,铁心未饱和时该阻抗可当作是开路;在这种情况下,实际上该阻抗上的电流和所代表的误差非常小(几乎为零)。发生饱和时,该阻抗可当作是短路,认为一次电流全部流过该阻抗,误差非常大。二次电路的电流趋近零。

磁通达到饱和曲线的拐点时发生饱和(见图 H.4)。磁通为电压 U_s 的积分值(见图 H.3)。

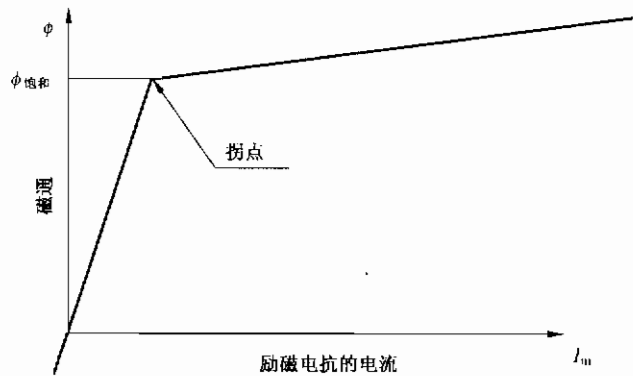


图 H.4 无剩磁电流互感器的励磁电抗

在稳态下,铁心的饱和与 U_s 的大小直接相关。此电压取决于电流和负荷,它们是检验铁心避免饱和的主要参数。

在暂态期间, U_s 此时包含来自一次短路电流的正弦分量和直流分量,磁通是其综合结果。一次时间常数越大,达到拐点越迅速。为避免暂态期间因直流分量而饱和,铁心尺寸需要显著增大。

当短路电流消失,铁心不能立即回复初始状态。二次电路有一暂态指数衰减电流流过。此电流的时间常数是二次时间常数($\tau_2 = L/R_0$)。由于铁心电抗值很大,此时间常数也远大于一次时间常数(例如, τ_2 可达 2 s、3 s、…、5 s,取决于铁心尺寸)。如果短路电流重新出现时磁通尚未降到很低值,则达到饱和前可供利用的磁通量将减少。

短路电流消失还可能出现另一个问题。如果铁心无气隙,将会有剩磁。如对电流互感器重新施加短路电流时情况又更加严重。达到饱和前可供利用的磁通量将大为减小(有些情况下,剩磁可高达饱和磁通的 80%,如图 H.5 所示)。

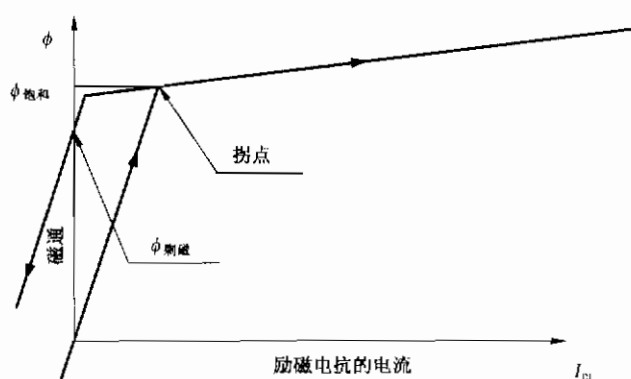


图 H.5 有剩磁电流互感器的励磁电抗

H.4 电磁式电流互感器的准确级

H.4.1 一般要求

电磁式电流互感器的技术性局限可以由适当的铁心设计来解决。但是,设计与特定的技术要求相关联,对不同的用途必须进行新的设计。因此,不同的保护准确级由各有关的电流互感器标准规定。以下条文是对 GB 1208 和 GB 16847 所述各保护准确级的简要说明。GB 1208 中的各保护准确级依据于稳态试验。GB 16847 中的各保护准确级依据于暂态试验。

H.4.2 稳态准确级

H.4.2.1 GB 1208 的传统的 P 级

当短路电流相对于额定电流不是很高时,消除故障的时间要求不苛刻。可以采用传统的机电式继电器(目前也有采用新型的电子式模拟或数字继电器)。另外,这类电路的一次时间常数通常很小,暂态电流可以忽略。这类用途采用传统的 P 级。为避免稳态下饱和,仅需考虑短路电流和负荷的数值。

H.4.2.2 GB 1208 的新的 PR 和 PX 级

当短路电流很高时,后果很严重,要求在短时间内消除。在 20 世纪 70 年代,解决此问题是采用暂态特性级(见 H.4.3)。这些特性级的验证费用高昂,而且电流互感器的全部性能未必都是必需的。例如,有些情况下,用计算拐点处的电压 U_s (见图 H.3 和图 H.4)便是以确定避免饱和的条件。这就是新 PX 级的目的,它依据于英国标准(BS)实践的长期经验。

PR 级适用于差动继电保护。在这种情况下,消除短路电流必须尽可能快。保护继电器的反应时间非常短(例如 5 ms)。即使有直流分量,在此短时间内磁通的增量对达到铁心饱和而言则很小。然后可能发生的饱和并无影响。惟一的条件是避免剩磁,确保连接差动保护继电器的各电流互感器处于相同的初始状态。

H.4.3 GB 16847 的暂态准确级

GB 16847 标准规定了特殊的 TPS、TPX、TPY、TPZ 级,并对某些用途所要求的暂态特性提供了详细分析。这些特殊级综合了 GB 1208 规定的保护准确级 P、PR 和 PX。

在本附录中对 4 种级的差别不作解释,详见 GB 16847。

TPZ 和 TPY 级经常用于新型距离保护继电器装置。TPZ 级的目的是避免因直流分量造成铁心饱和。因而铁心中包含大气隙。其效果是改变励磁阻抗特性,如图 H.6 所示。

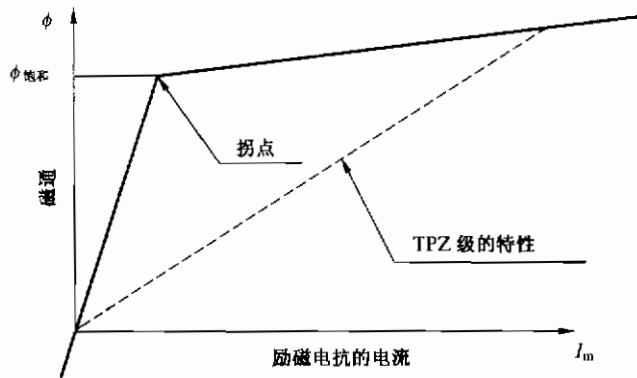


图 H.6 TPZ 级电流互感器的励磁电抗示例

结果是消除剩磁现象和避免直流分量的作用。二次输出不能正确传送直流分量,其相位差比传统保护准确级大很多。这种 TPZ 级的误差仅考虑工频分量。

如果相位差必须减小,则应采用 TPY 级。对于这种级,铁心尺寸要增大到避免直流分量存在时发生饱和。困难在于磁通的影响巨大(要求增大铁心尺寸)。其增大系数由 $k = (1 + \tau_{pr} \cdot \omega)$ 确定(例如,对于一次时间常数为 100 ms,工频 50 Hz 时的系数 k 超过 30)。

其效果是改变励磁阻抗特性,如图 H.7 所示。

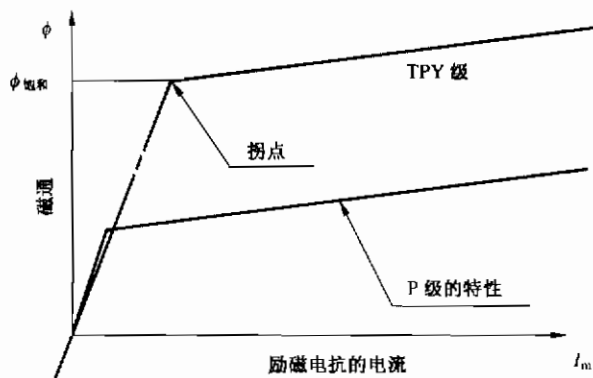


图 H.7 TPY 级电流互感器的励磁电抗示例

由于铁心尺寸大而饱和磁通值很高,因铁心中有气隙而避免剩磁。故其误差是包含直流分量和工频分量的暂态误差。此误差定义为本部分的电子式电流互感器所采用。

H.5 TPE 级

TPE 级的定义为:在准确限值条件、额定一次时间常数和额定工作循环下的最大峰值瞬时误差为 10%。峰值瞬时误差同时包含暂态直流分量和交流分量的误差。此定义等同于传统电流互感器的 TPY 级定义。所以,TPE 级电子式电流互感器满足继电保护用途和故障暂态录波的通用要求。

用于交流的电流互感器(包括电子式)通常具有低于额定频率的高通特性。TPE 级隐含规定电子

式电流互感器的最大下限截止频率(或二次时间常数)。例如,额定一次时间常数 $\tau_{pr}=120\text{ ms}$,意味着一阶系统的下限截止频率最大为 0.15 Hz ,从而得到暂态直流分量的瞬时误差低于 10% 。为了得到暂态直流分量同样的峰值瞬时误差,较大的一次时间常数要求较低的截止频率。

如果电子式电流互感器:

- 用在电网的一次时间常数大于额定时间常数,或(等效的);
- 截止频率(较小的二次时间常数)高于 TPE 级性能的要求值。

则暂态直流分量的瞬时误差增大。如果结构的线性度足够,瞬时交流误差保持低值或仍在电子式电流互感器的规定限值以内。其暂态特性与传统 TPZ 级电流互感器相同。由于继电保护的判断运算通常仅取决于瞬时交流误差,该结构可以使用不作限制。但是,在分析暂态故障录波数据时需要了解电子式电流互感器的二次时间常数。如果结构明显为非线性,瞬时交流误差将增大并可能超过可接受的限值。因此,制造方应规定在这种使用情况下的瞬时交流误差值。

H.6 TPE 级与传统暂态性能级的比较

信号高过一定水平后,几乎每一种系统都变成非线性。但按照频率响应,有两种情况应该考虑。

——情况 1:无直流滤除的系统。

这是采用磁性材料传统技术的典型情况。一次的任何直流分量都使磁感应产生直流偏移,它减小交流分量可用的线性区域。此外,由于材料的磁滞现象,如无应对措施(例如气隙),材料会记忆磁感应的先前状态。因此,电流互感器在暂态下的特性取决于其先前状态并可能导致饱和,如同所施加一次电流的作用叠加在之前的电流作用上。所以,暂态特性的传统电流互感器必须按照有关的工作循环进行试验。

——情况 2:有直流滤除的系统。

这种系统的频率响应限制在低频侧:它们不能传送任何直流分量。这是具有下述形式传递函数的任何系统的典型情况:

$$H(f) = H_0 \frac{j \frac{f}{f_{\text{low}}}}{1 + j \frac{f}{f_{\text{low}}}}$$

式中: f_{low} 为下限截止频率, f 为电网频率。

在承受 H.2 所表示的一次电流时,并经适当调整,这些系统可以误差较小地传送交流分量,而去除了部分或全部直流分量。

因而,一次时间常数可以非常大也不会影响交流分量测量的准确度。

举例:

假定额定一次时间常数为 60 ms ,相关的等效频率可为 2.67 Hz ,和一台下限截止频率设计为 0.5 Hz 的电子式电流互感器。此电子式电流互感器包含交流和直流分量的暂态误差满足 5TPE 准确级的要求(见 13.1.3)。无论何种原因,如果一次故障发生时的时间常数比较大,例如 200 ms ,相关的等效频率可为 0.8 Hz ,则误差将增大,但交流误差不变。因而继电保护可以正确工作。

由于给定电网的一次时间常额定值和短路电流(I_{psc})值的确定颇为困难,并且电磁式电流互感器对一次时间常数极为敏感,这就显示出 TPE 级的主要优点。

另一优点是,对于模拟量输出,还相对削弱了准确度受二次电路负荷的影响。在数字量输出时,则准确度与其输出无关。