

中华人民共和国国家标准

GB/T 26216.2—2019
代替 GB/T 26216.2—2010

高压直流输电系统直流电流测量装置 第2部分：电磁式直流电流测量装置

DC current measuring device for HVDC transmission system—
Part 2: Electromagnetic DC current measuring device

2019-12-10 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 正常和特殊使用条件 2

5 额定值 2

5.1 额定一次直流电流(I_r) 2

5.2 过负荷电流 3

5.3 短时电流额定值 3

5.4 额定一次电压(U_{dr}) 3

5.5 最高持续运行电压(U_{dm}) 3

5.6 绝缘水平 3

5.7 整个电流测量装置的准确级 4

5.8 模拟输出的额定值 4

6 设计与结构 4

6.1 一般要求 4

6.2 电气屏蔽 5

6.3 防腐蚀保护 5

6.4 模拟电压输出的设计要求 5

6.5 充 SF₆ 式设备 5

6.6 充油式设备 5

7 试验 5

7.1 试验分类 5

7.2 试验的一般条件 5

7.3 型式试验 6

7.4 例行试验 10

7.5 现场试验 12

7.6 特殊试验 13

8 标志 14

8.1 端子标志 14

8.2 铭牌标志 14

前 言

GB/T 26216《高压直流输电系统直流电流测量装置》分为两个部分：

- 第1部分：电子式直流电流测量装置；
- 第2部分：电磁式直流电流测量装置。

本部分为 GB/T 26216 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 26216.2—2010《高压直流输电系统直流电流测量装置 第2部分：电磁式直流电流测量装置》，与 GB/T 26216.2—2010 相比，主要技术变化如下：

- 将“800”修改为“1 100”，“±800 kV 及以下电压等级直流输电系统直流极母线、双十二脉动换流阀组中点(如果适用)母线及中性母线的电磁式直流电流测量装置。”修改为“±1 100 kV 及以下电压等级直流输电系统的电磁式直流电流测量装置，典型布置位置为中性母线、接地极引线等。”(见第1章，2010年版的第1章)；
- 将额定一次直流电流值“600 A, 3 000 A, 3 125 A, 4 000 A, 4 500 A。”修改为“500 A, 630 A, 800 A, 1 000 A, 1 250 A, 1 600 A, 2 000 A, 2 500 A, 3 150 A, 4 000 A, 5 000 A, 6 300 A。”(见 5.1, 2010年版的 5.1)；
- 将条标题“过负荷直流电流”修改为“过负荷电流”(见 5.2, 2010年版的 5.2)；
- 将“额定电压”修改为“额定一次电压”，其中数值“408 kV, 515 kV, 680 kV, 816 kV”修改为“400 kV, 500 kV, 660 kV, 800 kV”，并增加数值“1 100 kV”(见 5.4, 2010年版的 5.4)；
- 增加了“最高持续运行电压”见(5.5)；
- 表1中，“额定电压”修改为“最高持续运行电压”，并修改了对应电压值。表中直流耐受电压值“1 200”修改为“1 224”，并增加了“1 122”及其对应值(见 5.6, 2010年版的 5.5)；
- 重新规定了表2电流误差值(见 5.7, 2010年版的 5.8)；
- 删除了“数字输出的额定值”(见 2010年版的 5.9)；
- 删除了“铭牌标识”(见 2010年版的 6.4)；
- 删除了“数字输出的设计要求”(见 2010年版的 6.5)；
- 将“ 150×10^{-6} ”修改为“250”，删除了“(包括气体密度继电器、压力指示器和温度指示器)”(见 6.5, 2010年版的 6.7)；
- 删除了“试验的分组”，将其部分内容移入型式试验项目中(见 7.3.2.1, 2010年版的 7.3.2)；
- 增加了“准确度试验、电流阶跃响应试验、频率响应试验、干热试验、大电流试验、电子设备的高频电流对联锁电路的影响、电磁兼容试验”(见 7.3.2.1, 2010年版的 7.3.3)；
- 将温升试验的内容修改为“温升试验按照 GB/T 20840.2—2014 的 7.2.2 规定和判据进行。”(见 7.3.2.3, 2010年版的 7.3.3.2)；
- 将“ $U_d < 200$ ”修改为“ $U_{dm} < 300$ ”，“ $U_d \geq 200$ ”修改为“ $U_{dm} \geq 300$ ”(见 7.3.2.4, 2010年版的 7.3.3.3)；
- 将“正极性直流电压”修改为“负极线直流电压”(见 7.3.2.6, 2010年版的 7.3.3.5)；
- 删除了“阶跃响应”，将其内容作为电流阶跃响应试验的判据(见 7.3.2.12, 2010年版的 5.7)；
- 删除了“频率响应”，将其内容作为频率响应试验的判据(见 7.3.2.13, 2010年版的 5.6)；
- 删除了“电子设备的试验”(见 2010年版的 7.3.4)；
- 删除了“数字量输出的补充型式试验”(见 2010年版的 7.3.4.8)；
- 将“ 250×10^{-6} ”修改为“250”，“66 kV”修改为“60 kV”(见 7.5.8, 2010年版的 7.5.7)；

——将“定性检漏无泄漏点,有怀疑时进行定量检漏,年泄漏率应小于0.5%。”修改为“SF₆ 气体绝缘直流电流测量装置密封性检查方法按照 GB/T 11023 的规定和判据进行。”(见 7.5.9, 2010 年版的 7.5.8);

——增加了“标志”(见第 8 章);

——删除了 2010 年版的附录 A。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国高压直流输电设备标准化技术委员会(SAC/TC 333)归口。

本部分起草单位:西安西电电力系统有限公司、西安高压电器研究院有限责任公司、南方电网科学研究院有限责任公司、南京南瑞继保电气有限公司、中国电力科学研究院有限公司武汉分院、西安西电高压开关有限责任公司、西安西电开关电气有限公司、平高集团有限公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、常州博瑞电力自动化设备有限公司、新疆维吾尔自治区产品质量监督检验研究院。

本部分主要起草人:李璐、周会高、李明、罗苏南、杨晓辉、须雷、冯宇、王蔚华、雷鹏、李婧靓、杨忠州、葛允、李宾宾、石延辉、杨洪涛、邱进、王海燕、王晓梅、王小伟。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 26216.2—2010。

高压直流输电系统直流电流测量装置

第2部分：电磁式直流电流测量装置

1 范围

GB/T 26216 的本部分规定了 $\pm 1\,100\text{ kV}$ 及以下电压等级直流输电用电磁式直流电流测量装置的正常和特殊使用条件、额定值、设计与结构、试验等。

本部分适用于安装在 $\pm 1\,100\text{ kV}$ 及以下电压等级直流输电系统的电磁式直流电流测量装置，典型布置位置为中性母线、接地极引线等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 311.1—2012 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2424.25 电工电子产品环境试验 第3部分：试验导则 地震试验方法
- GB/T 2900.50 电工术语 发电、输电及配电 通用术语
- GB/T 2900.57 电工术语 发电、输电及配电 运行
- GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
- GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量
- GB/T 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法
- GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
- GB/T 20840.1—2010 互感器 第1部分：通用技术要求
- GB/T 20840.2—2014 互感器 第2部分：电流互感器的补充技术要求
- GB/T 20840.8—2007 互感器 第8部分：电子式电流互感器
- GB/T 22071.1 互感器试验导则 第1部分：电流互感器
- GB/T 22707 直流系统用高压绝缘子的人工污秽试验
- GB 50150—2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

3 术语和定义

GB/T 2900.50、GB/T 2900.57、GB/T 2900.95 和 GB/T 20840.1—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直流电流测量装置 DC current measuring device

提供与一次回路直流电流相对应的信号的装置，输出信号供给测量仪器、仪表和保护或控制设备。

3.2

电磁式直流电流测量装置 electromagnetic DC current measuring device

一次传感器利用电磁感应原理提供与一次直流电流相对应的信号，且该信号通过电缆直接送到自

身电子设备的直流电流测量装置,原理示意图见图 1。

注:电磁式直流电流测量装置包含零磁通式直流电流测量装置、磁饱和式直流电流测量装置等类型。

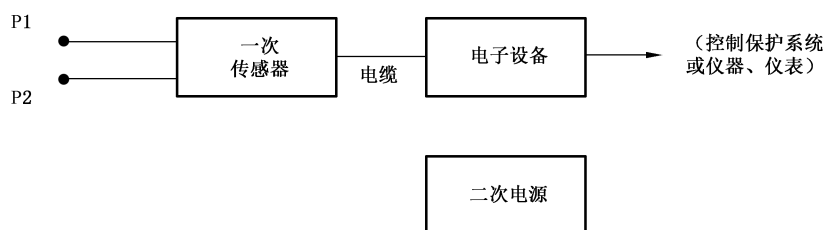


图 1 电磁式直流电流测量装置组成原理示意图

3.3

额定一次直流电流 rated primary DC current

作为直流电流测量装置性能基准的一次电流值。

3.4

一次绕组 primary winding

通过被变换电流(电流互感器)或施加被变换电压(电压互感器)的绕组。

3.5

二次绕组 secondary winding

对测量仪器、仪表、保护或控制装置的电流回路供给电流(电流互感器)或对其电压回路供给电压(电压互感器)的绕组。

3.6

电子设备 electronic device

与一次传感器相连接的电子元件和回路。

注:可包括功率放大器、二极管等元件。

3.7

准确级 accuracy class

对直流电流测量装置给定的精度等级,规定使用条件下的误差在规定的限值内。

注:改写 GB/T 20840.8—2007,定义 3.1.30。

4 正常和特殊使用条件

GB/T 20840.8—2007 的第 4 章适用(4.3 除外),并做如下补充:

对于安装在海拔高于 1 000 m 处的设备,外绝缘额定绝缘水平按照 GB/T 311.1—2012 的 B.3 进行修正。

5 额定值

5.1 额定一次直流电流(I_r)

额定一次直流电流值宜在下列数值中选取,工程有特殊需要时,具体值由制造商或承包商和用户协商确定。

500 A, 630 A, 800 A, 1 000 A, 1 250 A, 1 600 A, 2 000 A, 2 500 A, 3 150 A, 4 000 A, 5 000 A, 6 300 A。

5.2 过负荷电流

在直流系统过负荷运行时流过直流电流测量装置的直流电流,包括连续、2 h 或数秒等不同的持续时间,电流值根据具体工程研究确定。

5.3 短时电流额定值

5.3.1 额定短时热电流

对电磁式直流电流测量装置应规定额定短时热电流(I_{th})。

额定短时热电流,在二次绕组短路的情况下,电流测量装置能在规定的短时间内无损伤承受的最大一次电流方均根值。

额定短时热电流的持续时间标准值为 1 s。

5.3.2 额定动稳定电流

在二次绕组短路的情况下,电流测量装置能承受其电磁力作用而无电气或机械损伤的最大一次电流峰值。

额定动稳定电流(I_{dyn})的标准值是额定短时热电流(I_{th})的 2.5 倍。

5.4 额定一次电压(U_{dr})

作为电流互感器性能基准的一次电压值。

额定一次电压标称值标准系列:

20 kV,60 kV,100 kV,400 kV,500 kV,660 kV,800 kV,1 100 kV。

5.5 最高持续运行电压(U_{dm})

设备所在系统正常运行电压的最高值,它是直流测量设备绝缘设计的依据。

最高持续运行电压标准系列:

20 kV,60 kV,100 kV,408 kV,515 kV,680 kV,816 kV,1 122 kV。

5.6 绝缘水平

绝缘水平见表 1。

表 1 绝缘水平 单位为千伏

最高持续运行电压	直流耐受电压	操作耐受电压	雷电耐受电压
20	30	—	170
			325
			550
60	90	—	170
			325
			550
100	150	—	650
408	612	850	950
		950	1 175

表 1（续）单位为千伏

最高持续运行电压	直流耐受电压	操作耐受电压	雷电耐受电压
515	775	1 175	1 425
		1 300	1 550
		1 425	1 675
680	1 020	1 600	1 800
816	1 224	1 600	1 950
1 122	1 683	2 100	2 600

5.7 整个电流测量装置的准确级

直流电流测量装置的准确级以额定电流下所规定的最大允许电流误差百分数来标称。
标准准确级为：0.1,0.2,0.5,1,1.5。
对于上述准确级电流测量装置，电流误差应不超过表 2 所列限值。

表 2 电流误差

准确级	在下列额定电流下的电流误差 %				
	10%	20%	100%~120%	120%~300% (不含 120%)	300%~600% (不含 300%)
0.1	±0.4	±0.2	±0.1	±1.5	±10
0.2	±0.75	±0.35	±0.2		
0.5	±1.5	±0.75	±0.5		
1.0 ^a	±3.0	±1.5	±1.0	±3, ±5, ±10	
1.5 ^a	±4.5	±2.25	±1.5		
^a 对于 1 级和 1.5 级,110%以上额定电流下的误差可从推荐值±3%, ±5%, ±10%中选取。					

5.8 模拟输出的额定值

应符合 GB/T 20840.8—2007 的 5.4 规定。

6 设计与结构

6.1 一般要求

二次出线端子螺杆直径不得小于 6 mm,应用铜或铜合金制成,二次出线端子防潮性能良好,并有防转动措施。
所有端子及紧固件应有良好的防锈镀层,足够的机械强度和保护良好的导电接触面。
电磁式直流电流测量装置应为干式、充气式或充油式,其结构应便于现场安装、运行、维护,应满足卧式运输要求。

6.2 电气屏蔽

直流电流测量装置应配有必要的电晕环。

6.3 防腐蚀保护

所有暴露在腐蚀环境中的零件、接触部件以及螺钉均应进行防腐处理或由耐腐蚀材料制成。

6.4 模拟电压输出的设计要求

应符合 GB/T 20840.8—2007 的 5.4 规定

6.5 充 SF₆ 式设备

对于充 SF₆ 式电磁式直流电流测量装置的要求：

- SF₆ 气体年泄漏率 $\leq 0.5\%$ ；
- SF₆ 气体充入设备 24 h 后取样，其水分含量 $< 250 \mu\text{L/L}$ ，应有取气样阀门以便测量 SF₆ 气体含水量；
- 每台设备应配置气体运行监测装置。

6.6 充油式设备

对于充油式电磁式直流电流测量装置的要求：

- 每台设备应配置油面监测装置；
- 油中微量水分应符合下述规定：对于 300 kV 以上直流电流测量装置， $\leq 10 \text{ mg/L}$ ；对于 300 kV～150 kV 直流电流测量装置， $\leq 15 \text{ mg/L}$ ；对于 150 kV 以下直流电流测量装置， $\leq 20 \text{ mg/L}$ ；
- 对电压等级在 100 kV 以上的充油式电磁式直流电流测量装置，油中溶解气体组分含量 ($\mu\text{L/L}$) 不宜超过下列任一值，总烃：10，H₂：50，C₂H₂：0。

7 试验

7.1 试验分类

本部分所规定的试验分为以下四类：

- a) 型式试验
对每种型式直流电流测量装置所进行的试验，用它验证按同一技术规范制造的直流电流测量装置均应满足要求。
- b) 例行试验
每台直流电流测量装置都应经受的试验。
- c) 现场试验
在安装完好并完成所有的连接后应进行现场试验，用来检查直流电流测量装置设备没有因运输、储存、安装而损坏。
- d) 特殊试验
例行试验或型式试验之外，经制造商和用户协商同意的试验。

7.2 试验的一般条件

7.2.1 试验的标准大气条件和校正因数

标准大气条件以及大气条件的校正因数应符合 GB/T 16927.1 的规定。



7.2.2 湿试程序

户外直流电流测量装置的外绝缘应在 GB/T 16927.1 规定的标准湿试程序下承受湿耐受试验。

7.2.3 施加电压的间隔

连续两次施加电压的时间间隔应足够长,以免先前的施加电压对下次试验的影响,一般应不少于 1 min。

7.3 型式试验

7.3.1 概述

电磁式直流电流测量装置由以下两部分组成:

- 一次传感器,包括一次绕组、二次绕组及铁心等部件;
- 电子设备。

应对两部分设备分别进行试验。

7.3.2 试验项目

7.3.2.1 项目

试验项目包括:

- a) 短时电流试验;
- b) 温升试验;
- c) 雷电冲击电压试验;
- d) 操作冲击电压试验;
- e) 直流耐受电压试验和局部放电测量;
- f) 极性反转试验;
- g) 无线电干扰电压测量;
- h) 人工污秽试验;
- i) 准确度试验;
- j) 阶跃响应试验;
- k) 频率响应试验;
- l) 干热试验;
- m) 大电流试验;
- n) 电磁兼容试验。

适用时,应进行的试验项目:

- 电子设备的高频电流对联锁电路的影响;
- 电容量和介质损耗因数测量。

7.3.2.2 短时电流试验

按照 GB/T 20840.8—2007 的 8.1 进行,且进行如下补充。

如果试验后电流测量装置,当冷却到周围的环境温度(5℃~40℃)后,能满足下列要求,则认为电流测量装置通过本试验:

- 目视检查无损伤;
- 误差与试验前的差异,不超过其相应准确级的误差限值的一半,且满足相应准确级的要求;

- 能承受 7.3.2.1 中 e) 项直流耐受电压试验, 但试验电压应降至原规定值的 90%;
- 经检查, 与导线表面接触的绝缘无明显的劣化现象(例如碳化现象)。

7.3.2.3 温升试验

温升试验方法和判据按照 GB/T 20840.2—2014 的 7.2.2 规定进行。

7.3.2.4 雷电冲击电压试验

仅对独立安装的电流测量装置进行该项试验。

试验时雷电冲击电压施加在一次端子与地之间, 按照 U_{dm} 不同试验方法如下:

a) 最高持续运行电压 $U_{dm} < 300$ kV 的电流测量装置

试验应在正、负两种极性下进行。每一极连续冲击 15 次, 不需作大气条件校正。

如果每一极性下的试验均满足下列要求, 则电流测量装置通过本试验:

- 非自复性内绝缘不出现击穿;
- 非自复性外绝缘不出现闪络;
- 自复性外绝缘出现的闪络不超过 2 次;
- 未发现绝缘损坏的其他依据(例如: 记录波形的变异)。

注: 施加 15 次正、负极性冲击波, 是对外绝缘进行试验而规定的。如果制造厂与用户协商同意, 采用其他试验方法检查外绝缘, 则每一极性下的冲击次数可减至 3 次, 且不需作大气条件校正。

b) 最高持续运行电压 $U_{dm} \geq 300$ kV 的电流测量装置

对一次端子进行雷电冲击试验, 试验在正、负两种极性下进行, 每极性连续冲击 3 次, 不需作大气条件校正。

如果每一极性下的试验均满足下列要求, 则电流测量装置通过本试验:

- 不发生击穿;
- 未发现绝缘损坏的其他依据(例如: 记录波形的变异)。

7.3.2.5 操作冲击电压试验

对于独立安装且最高持续运行电压 $U_{dm} \geq 200$ kV 的直流电流测量装置进行此项试验, 户外安装的电流测量装置进行湿试。

试验电压值应根据设备额定电压和所规定的绝缘水平, 取表 1 中的相应值。

试验和判据按照 GB/T 20840.1—2010 的 7.2.3.3 执行。

7.3.2.6 直流耐受电压试验和局部放电测量

应进行以下干式直流耐受电压试验和局部放电测量, 对户外直流电流测量装置还应进行湿试:

a) 直流干耐受试验

试验电压为负极性直流电压, 持续 60 min, 试验电压取表 1 中相应的直流耐受电压值。

b) 直流湿耐受试验

试验回路应符合 GB/T 16927.1。

施加负极性的直流试验电压 U_t 。

如果没有发生破坏性放电, 则认为直流电流测量装置通过了试验; 如果在外部自恢复绝缘上发生破坏性放电, 应在同一试验状况下重复进行试验, 如果没有再次发生破坏性放电, 则认为直流电流测量装置成功地通过了该项试验。

c) 局部放电测量

在上述直流干耐受试验的最后 10 min 内进行局部放电测量。局部放电试验通过判据为:

10 min 内大于或等于 1 000 pC 的脉冲应少于 10 个。

应测量单个局部放电脉冲的视在放电量,试验设备和基本试验回路要求应符合 GB/T 7354 的规定。

7.3.2.7 极性反转试验

对于独立安装且最高持续运行电压 $U_{dm} \geq 200$ kV 的直流电流测量装置,进行此项试验。试验电压取最高持续运行电压的 1.25 倍。

首先加负极性电压 90 min,然后将电压反转成正极性电压,保持 90 min,再将电压反转成负极性并保持 45 min。每次电压反转应尽可能在 1 min 内完成,但最长不能超过 2 min。

在整个试验过程中都应进行局部放电测量,局部放电试验按照 GB/T 7354 进行。试验接受判据如下:任何 10 min(不包括极性反转完成后的 1 min)内大于 2 000 pC 的脉冲数不应超过 10 个。

应记录每一次极性反转完成后 1 min 内不小于 500 pC 的放电脉冲数,仅作为参考。

7.3.2.8 无线电干扰电压测量

应对最高持续运行电压 $U_{dm} \geq 200$ kV 的直流电流测量装置进行无线电干扰电压测量。

在电流测量装置上施加 $1.1U_{dm}/\sqrt{2}$ (方均根值)的电压,至少维持 5 min,随后应把电压逐级下降至 $0.3U_{dm}/\sqrt{2}$,再逐级上升至初始值,最后逐级下降至 $0.3U_{dm}/\sqrt{2}$ 。在每级电压上,应进行无线电干扰的测量,并应画出最后一个电压下降系列中记录的无线电干扰电压对外施电压的曲线;这样得出的曲线就是电流测量装置的无线电干扰特性。电压级约为 $0.1U_{dm}/\sqrt{2}$ 。

如果在 $1.1U_{dm}/\sqrt{2}$ 下 RIV 水平不超过 2 500 μ V,认为电流测量装置通过了试验。

如果试验采用直流电压,具体的试验方法由用户和制造商协商确定。

7.3.2.9 电容量和介质损耗因数测量



仅适用于独立安装的采用电容均压绝缘结构的充油式电流测量装置。

介质损耗因数 ($\tan\delta$) 应采用电桥或其他等效的方法进行。

试验电压施加在短接的一次绕组和地之间。通常,屏蔽和绝缘的金属箱壳均应与测量电桥连接。如果测量装置有专用的装置(端子)供介质损耗因数测量用,则所有其他低压端子和金属箱壳相连接,然后接地或与电桥的屏蔽连接。

在 50 Hz 频率下,进行 $50\% \times U_{dr}/\sqrt{2}$ 、 $U_{dr}/\sqrt{2}$ 、 $150\% \times U_{dr}/\sqrt{2}$ 三级试验电压(方均根值、kV)的电容量测量。测量电容要给出电容值和介质损耗因数,以保证高压电阻的负荷效应不导致测量电容的误差。

在绝缘试验前后进行测量,介质损耗因数和电容不应有明显的变化。

7.3.2.10 人工污秽试验

仅对于独立安装的电流测量装置进行此项试验。

应对最高持续运行电压 $U_{dm} \geq 200$ kV 的户外直流电流测量装置进行人工污秽试验,其绝缘外套的爬电比距应符合实际工程的要求。

对于瓷绝缘子,试验方法应符合 GB/T 22707 的规定。

如果在试品上连续 3 次试验都没有发生闪络(每次试验持续时间为 1 h),则受试设备被认为是满足要求的。若 3 次试验中发生了 1 次闪络,应进行第 4 次试验。如果在第 4 次试验中没有发生闪络,则此设备也被认为是满足要求的。

对于复合绝缘子的人工污秽试验方法,由用户和制造商协商确定。

7.3.2.11 准确度试验

在 ± 0.1 p.u.、 ± 1 p.u.、 ± 1.1 p.u.、 ± 2 p.u.、 ± 3 p.u.、 ± 6 p.u.电流时进行误差测量。同时,为得到饱和曲线,电流应升到 9 p.u.。

整台测量装置的准确级应满足 5.7 的要求。

7.3.2.12 阶跃响应试验

在一次电流发生以下要求的阶跃变化时记录电流测量结果:

0 p.u.	到	0.1 p.u.
0.1 p.u.	到	0 p.u.

测得的电流曲线应满足:

- 对于过冲不超过 $1.1I_r$ 的阶跃,响应时间小于 400 μ s;
- 趋稳时间(幅值误差不超过阶跃值 1.5%)小于 5 ms。

7.3.2.13 频率响应试验

对频率为 1 200 Hz 及以下的正弦输入信号进行交流变比(幅值)和相位移的测量,可以仅在 50 Hz 以及 1 200 Hz 以下的所有偶次谐波频率下进行,电流方均根值为 0.1 倍额定一次电流。

频率响应试验结果应满足:

50 Hz~1 200 Hz;误差不超过 3%。

7.3.2.14 干热试验

根据 GB/T 2423.2 进行干热试验。

温度为实际工程规定的户内最高温度,持续 4 h。

试验过程中应监测额定电流下的测量误差及联锁信号,如果测量误差保持在要求的范围内,并且联锁信号正常动作,则试验通过。

7.3.2.15 大电流试验

通过电流阶跃测试测量装置在大电流时的特性,前沿应为近似线性上升。

一次阶跃电流等于额定动稳定电流。

阶跃最短持续时间: 20 ms

阶跃上升时间: 4 ms

如果仅用电流阶跃进行误差检查,应检查 300%~600%倍额定电流时的误差。

当阶跃电流达到 9 p.u.之后,直流电流测量装置的输出应大于 10 V 且持续时间不小于 20 ms。试验中,在电流到 9 p.u.之后的 15 ms~20 ms 的时间之内,饱和信号应被给出。

7.3.2.16 高频电流对联锁电路的影响试验

一次电流等于 1 p.u.直流电流加上幅值衰减的 10 kHz 交流电流,这个交流电流的第一个峰值为 10 p.u.(与直流电流同向),1 ms 后衰减至 0.1 p.u.。此试验中,触点应始终保持在合态,即不出现饱和现象。

一次电流等于 1 p.u.直流电流加上幅值衰减的 5 kHz 交流电流,这个交流电流的第一个峰值为 5 p.u.(与直流电流同向),30 ms 后衰减至 0.1 p.u.。此试验中,触点应保持在合态,即不出现饱和现象。

如果无法按上述方法进行试验,则由制造商提供替代方法,以证明直流测量装置能承受高频振荡而不饱和。

7.3.2.17 电磁兼容试验

验证二次系统在工程规范规定的电磁兼容(EMC)环境下应能正常工作。按照 GB/T 20840.8—2007 中 8.8 的规定和判据进行试验。

7.4 例行试验

7.4.1 试验项目

例行试验将包括但不限于下述项目：

- a) 端子标志检验；
- b) 线圈变比的测量；
- c) 二次绕组平衡试验；
- d) 二次绕组的工频耐压试验；
- e) 一次绕组的工频电压耐受试验和局部放电测量；
- f) 准确度测量；
- g) 直流耐受电压试验和局部放电测量；
- h) 电容量和介质损耗因数测量；
- i) 铁心和线圈验证；
- j) 阶跃响应试验；
- k) 频率响应试验；
- l) 匝间过电压试验；
- m) 密封性能试验；
- n) 模拟量输出的补充例行试验。

7.4.2 端子标志检验

检查接线端子是否标明下列标志内容：

- 一次和二次绕组；
- 绕组的分段(如果有)；
- 绕组或分段的极性关系；
- 中间抽头(如果有)。

检查标志是否符合下列要求：

 接线标志应清晰、牢固，并标在端子表面或其近旁处。标志应由字母及字母后的数字和字母前的数字(必要时)组成。字母均为大写印刷体。

7.4.3 线圈变比的测量

此试验可不带电子设备。

每个绕组的变比都要进行测量并记录。

通过判据：总匝数误差应少于一匝。

注：本试验可在包括电子设备的整个测量装置上进行，这种情况下，通过直流电流测量精度试验来校验匝数。

7.4.4 二次绕组平衡试验

适用时，进行二次绕组平衡试验。

根据测量感应电压，调节电压 U_1 (可由低阻抗电源提供，比如调压器)使铁心饱和，由示波器测量电

压 U_2 。

试验通过判据由制造商提出。

7.4.5 二次绕组的工频耐压试验

对二次绕组之间及对地进行工频耐压试验,试验电压 3 kV,持续 1 min。试验过程中不发生击穿或闪络。

7.4.6 一次绕组的工频电压耐受试验和局部放电测量

本试验仅适用于户外独立安装的直流电流测量装置,包括以下试验内容:

a) 工频耐压试验

按照 GB/T 20840.1—2010 中 7.3.2 的规定和判据进行试验。

b) 局部放电测量

按照 GB/T 20840.1—2010 中 7.3.3 的规定和判据进行试验。

7.4.7 准确度试验

试验方法和判据见 7.3.2.11。

7.4.8 直流耐受电压试验及局部放电测量

仅适用于独立安装的电流测量装置。

施加正极性直流电压,时间为 60 min,试验电压取表 1 中相应的直流耐受电压值。

局部放电试验:在直流耐受试验最后 10 min 内,应同时进行局部放电试验。通过的判据是:直流耐压最后 10 min 内最大的脉冲幅值为 1 000 pC 的脉冲个数不超过 10 个。测量单个局部放电脉冲的视在放电量,试验设备和基本试验回路应符合 GB/T 7354。

7.4.9 电容量和介质损耗因数测量

仅适用于独立安装的采用电容均压绝缘结构的充油式电流测量装置。

试验和判据按照 7.3.2.9 进行。

此项试验可以与 7.4.6 一起进行。

7.4.10 铁心和线圈验证

在传感器最终组装完成后,对铁心和线圈组件的一致性进行校验。

试验通过判据由制造商提出。

7.4.11 阶跃响应试验

在一次电流发生以下要求的阶跃变化时记录电流测量结果:

0 p.u.	到	0.1 p.u.
0.1 p.u.	到	0 p.u.

测得的电流曲线应满足:

——对于过冲不超过 $1.1I_r$ 的阶跃,响应时间小于 400 μs ;

——趋稳时间(幅值误差不超过阶跃值 1.5%)小于 5 ms。

7.4.12 频率响应试验

频率响应试验包括 50 Hz 下测量幅值和相角。测量时用的电流值是相应于 0.1 p.u.一次侧额定电

流的方均根值。频率响应试验结果应满足：误差不超过 3%。

7.4.13 匝间绝缘试验

按照 GB/T 20840.2—2014 中 7.3.204 的规定和判据进行试验。

7.4.14 密封性能试验

对于充油或充气的直流电流测量装置应按照 GB/T 22071.1 的规定和判据进行试验。

7.4.15 模拟量输出的补充例行试验

对于模拟量输出的电磁式电流测量装置，还应按照 GB/T 20840.8—2007 的 9.8 的规定和判据进行相关的例行试验。

7.5 现场试验

7.5.1 试验项目

现场试验将包括但不限于下述项目：

- a) 外观检查；
- b) 绝缘电阻测量；
- c) 电容量和介质损耗因数测量(如果适用)；
- d) 极性检查；
- e) 准确度试验；
- f) 直流耐受电压试验；
- g) 绝缘介质性能试验；
- h) 密封性能检查。

7.5.2 外观检查

外观检查包括如下内容：

- 表面的清洁度；
- 绝缘距离；
- 设备和基架的接地；
- 电缆连接。

外观检查的结果应满足设备技术要求中的规定。

7.5.3 绝缘电阻测量

绝缘试验前后测量绝缘电阻。测量一次绕组对二次绕组及外壳、各二次绕组及其对外壳的绝缘电阻，由于结构原因而无法测量时可不进行。绝缘电阻不宜低于 1 000 MΩ。

7.5.4 电容量和介质损耗因数测量

按照 GB 50150—2016 中 10.0.4 的规定和判据进行试验。

7.5.5 极性检查

检查极性是否与端子标志相一致。

7.5.6 准确度测量

根据现场的试验条件选择合适的试验电流值进行准确度试验,测得的准确度应满足 5.7 准确等级级的要求。

7.5.7 直流耐受电压试验

按照 7.3.2.6 的方法和判据进行干式直流耐受电压试验。试验电压为出厂试验时的 80%,持续时间 5 min。

7.5.8 绝缘介质性能试验

- 油浸式电流互感器中的绝缘油及 SF₆ 气体绝缘电流互感器中 SF₆ 气体的试验,应符合下列规定:
- 绝缘油的试验分类应符合 GB 50150—2016 的表 19.0.2 的要求,试验项目及要求应符合 GB 50150—2016 的表 19.0.1 的规定;
 - 测量 SF₆ 气体含水量,并满足:SF₆ 气体充入设备 24 h 后取样, SF₆ 气体水分含量不得大于 250 $\mu\text{L/L}$ (20 $^{\circ}\text{C}$ 体积分数);
 - 最高持续运行电压 $>60\text{ kV}$ 的油浸式电流测量装置,应进行油中溶解气体的色谱分析。新装绝缘油中溶解气体组分含量 ($\mu\text{L/L}$) 不宜超过下列任一值,总烃:10, H₂:50, C₂H₂:0.1。

7.5.9 密封性能检查

检查油浸式直流电流测量装置油位,外表应无可见油渍现象。

SF₆ 气体绝缘直流电流测量装置密封性检查方法按照 GB/T 11023 的规定和判据进行。

7.6 特殊试验

7.6.1 试验项目

特殊试验包括但不限于下述项目:

- 抗震试验;
- 机械强度试验。

7.6.2 抗震试验

抗震性能的验证通过分析计算法、试验法或者两者的组合完成。

试验可在地震模拟振动台上进行,也可根据地震波的加速度,近似地折算成作用在产品中心上的静力,对产品进行校核。

试验过程根据具体的设施,通过 GB/T 2424.25 中所规定的试验程序进行。

试验应在设备规范技术要求中规定的地震烈度下进行,地震试验期间,应记录下列参数并作为试验通过的判据:

- 关键元件的形变(套管、法兰、外壳和支撑件);
- 可能出现显著位移处的部件的偏移;
- 主回路的电气连续性;
- 在设备额定电压下辅助和控制回路的电气连续性。

7.6.3 机械强度试验

按照 GB/T 20840.8—2007 中 10.2 的规定和判据进行试验。

8 标志

8.1 端子标志

端子标志方法应符合 GB/T 20840.8—2007 中 11.1 的规定。

8.2 铭牌标志

电子式直流电流测量装置的铭牌应用不锈钢板制造,并用中文书写,提供的铭牌放在易观察的位置上。铭牌应至少包含如下内容:

- a) 制造厂名(不以工厂所在地地名为厂名者,应同时标出地名);
 - b) 型号或序号,最好两者均有;
 - c) 准确度,以及有关的其他附加性能数据;
 - d) 最高持续运行电压;
 - e) 额定绝缘水平;
 - f) 额定短时电流;
 - g) 绝缘耐热等级(A 级绝缘不标出);
 - h) 带有两个二次绕组的测量装置,应标明每一绕组的用途和其相应的端子;
 - i) 国名;
 - j) 测量装置名称;
 - k) 标准代号;
 - l) 设备种类:户内或户外,如果允许使用在海拔高于 1 000 m 的地区,还应标出其允许使用的最高海拔;
 - m) 测量装置总重及绝缘介质的重量(适用时);
 - n) 二次绕组排列示意图;
 - o) 制造日期。
-