

ICS 29.120.70

K 33

备案号: 36413-2012

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 259 — 2012

六氟化硫气体密度继电器校验规程

Calibration regulation for SF₆ gas density monitor

2012-04-06 发布

2012-07-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通用技术要求	2
5 计量性能要求	4
6 校验条件	4
7 校验方法	5
8 校验标准、周期及项目	7
附录 A (规范性附录) 试验流程	8
附录 B (规范性附录) 压力换算方法	9
附录 C (资料性附录) SF ₆ 气体状态方程	10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则编写。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压开关设备及直流电源标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：华北电力科学研究院有限责任公司、中国电力科学研究院、四川电力科学研究院。

本标准参加起草单位：上海乐研电气科技有限公司、秦川集团宝鸡仪器有限公司、西安西电开关电气有限公司、湖北省电力公司电力试验研究院、重庆电力科学试验研究院。

本标准主要起草人：蔡巍、王学军、张力、金海勇。

本标准参加起草人：张少平、杨晓琳、王建西、陈隽、单莉。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

六氟化硫气体密度继电器校验规程

1 范围

本标准规定了弹簧管式 SF₆ 气体密度继电器（以下简称密度继电器）的通用技术要求、计量性能要求、校验项目及校验方法。

本标准适用于新制造、使用中和修理后的弹簧管式 SF₆ 气体密度继电器的现场校验及试验室校验。其他类型的 SF₆ 气体密度继电器可参照本标准进行校验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）（GB/T 2423.10—2008，IEC 60068-2-6：1995，IDT）

GB/T 11287 电气继电器 第 21 部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第 1 篇：振动试验（正弦）（GB/T 11287—2000，IEC 255-21-1：1988，IDT）

GB/T 22065—2008 压力式六氟化硫气体密度控制器

DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程

3 术语和定义

DL/T 393—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

额定压力 rating pressure

在标准大气压条件下，设备投入运行前或补气时，按要求给设备气室充入 SF₆ 气体的压力。

3.2

报警压力 alarm pressure

当设备气室内 SF₆ 气体压力降至某一设定值时，发出报警信号的压力。

3.3

闭锁压力 lock pressure

当设备气室内 SF₆ 气体压力降至某一设定值时，发出闭锁信号的压力。

3.4

过压报警压力 overpressure alarm pressure

当设备气室内 SF₆ 气体压力升至超过额定压力的某一设定值时，发出过压报警信号的压力。

3.5

绝对压力型密度继电器 absolute pressure type density relay

标注绝对压力，以绝对真空为基准压力的气体密度继电器。

3.6

相对压力型密度继电器 relative pressure type density relay

标注相对压力，以环境大气压为基准压力的气体密度继电器。

3.7

相对混合压力型密度继电器 **relatively mixed pressure type density relay**

标注相对压力,以标准大气压为基准压力的气体密度继电器。

3.8

绝对混合压力型密度继电器 **absolutely mixed pressure type density relay**

标注绝对压力,以环境大气压为基准压力的气体密度继电器。

3.9

状态检修 **condition-based maintenance**

基于设备状态,综合考虑安全、可靠性、环境、成本等要素,合理安排检修的一种检修策略。

[DL/T 393—2010, 定义 3.1.1]

4 通用技术要求

4.1 外观

4.1.1 密度继电器应标明所测介质为 SF₆ 气体 (或具体比例的 SF₆ 混合气体)。

4.1.2 密度继电器各部件应装配牢固,无松动现象,不得有影响计量性能的锈蚀、裂纹、孔洞等缺陷。

4.1.3 新制造的密度继电器涂层应均匀光洁。

4.1.4 输出接点端子应能牢靠地与外部接线。

4.1.5 充注防震油的密度继电器,其内部的防震油应清澈透明无杂质,无渗漏现象。

4.1.6 密度继电器上应有如下标志:

- (a) 制造单位或商标。
- (b) 计量单位和数字。
- (c) 准确度等级或最大允许误差。
- (d) 额定压力。
- (e) 接点端子号及动作值。
- (f) 出厂编号。
- (g) 温度使用范围。

4.1.7 表玻璃应无色透明,不应有妨碍读数的缺陷和损伤。

4.1.8 分度盘应平整光洁,各标志应清晰可辨。表盘分度标尺应均匀分布。

4.1.9 密度继电器的指针应伸入所有分度线内,其指针指示端宽度应不大于最小分度的 1/5。指针与分度盘平面的距离应在 1mm~3mm 范围内。

4.2 零位

4.2.1 刻度从某一正压值开始并带有止销的密度继电器,在无压力工况下,当环境温度为 20℃,大气压力为标准大气压时,在升压校验前和降压校验后,其指针应靠在限制钉上。具体的参考零位与温度、大气压的关系,可参考该密度继电器的使用说明书。

4.2.2 刻度从最低压力值开始的密度继电器,在无压力工况下,在升压校验前和降压校验后,其指针零位误差应符合下列要求:

- a) 绝对压力型密度继电器,当环境温度为 20℃时,指针须指在当地大气压力值;当环境温度高于 20℃时,指针应指在当地大气压偏下的位置;当环境温度低于 20℃时,指针应指在当地大气压偏上的位置。具体的参考零位与温度、大气压的关系,可参考密度继电器的使用说明书。
- b) 相对压力型密度继电器,当环境温度为 20℃时,指针须指在零位分度线宽度范围内,零位分度线宽度不得超过最大允许基本误差绝对值的两倍;当环境温度高于 20℃时,指针应指在零位偏下;当环境温度低于 20℃时,指针应指在零位偏上。具体的参考零位与温度的关系,可参考密度继电器的使用说明书。

- c) 相对混合压力型密度继电器, 当环境温度为 20℃ 时, 指针须指在当前环境大气压减去标准大气压的差值处; 当环境温度高于 20℃ 时, 指针应指在该差值偏下的位置; 当环境温度低于 20℃ 时, 指针应指在该差值偏上的位置。具体的参考零位与温度的关系, 可参考密度继电器的使用说明书。
- d) 绝对混合压力型密度继电器, 当环境温度为 20℃ 时, 指针须指在 0.1MPa 分度线宽度范围内, 分度线宽度不得超过最大允许基本误差绝对值的两倍; 当环境温度高于 20℃ 时, 指针应指在 0.1MPa 偏下的位置; 当环境温度低于 20℃ 时, 指针应指在 0.1MPa 偏上的位置。具体的参考零位与温度的关系, 可参考密度继电器的使用说明书。

4.3 绝对漏气率

不大于 $1 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

4.4 绝缘性能

4.4.1 在正常工作条件下, 各触点之间、触点与外壳之间的绝缘电阻不应低于 20MΩ。

4.4.2 触点与外壳之间的绝缘强度应能承受 45Hz~60Hz 的正弦波电压 2kV、历时 1min 的耐压试验, 试验中漏电流应不大于 0.5mA。

4.5 接点电阻

密度继电器触点接通后其直流电阻值应不大于 1Ω。

4.6 振动等级

密度继电器的正常工作环境振动等级:

- a) 表壳内不充油: 应不超过 GB/T 11287 规定的 1 级。
- b) 表壳内充油: 应不超过 GB/T 11287 规定的 2 级。

4.7 冲击等级

密度继电器的正常工作环境冲击等级:

- a) 表壳内不充油: 应不超过 30g (g 为重力加速度, 9.8m/s^2)。
- b) 表壳内充油: 应不超过 50g (g 为重力加速度, 9.8m/s^2)。

4.8 温度补偿性能

4.8.1 在密度继电器使用温度范围内, 即在最低温度至最高温度范围内, 显示值即额定压力、信号触点动作值的准确度等级或最大允许误差都应符合要求。对于无刻度密度表, 信号触点动作值及区域分界点的准确度等级或最大允许误差应符合要求。

4.8.2 将仪表充入 SF₆ 气体至额定压力, 当仪表试验环境温度偏离 20℃ 时, 仪表指针仍应指示在额定压力, 其压力指示误差和信号触点动作值包括报警压力设定值和闭锁压力设定值的误差应不大于式 (1) 和式 (2) 规定的温度补偿误差值。

- a) 当环境温度为 -20℃ ~ +60℃ 时:

$$\Delta_1 = \pm(\delta + K_1 \Delta t) \quad (1)$$

式中:

Δ_1 ——环境温度偏离 20℃ 时的温度补偿误差值, 表示方法与基本误差相同, %;

δ ——本标准 5.1 规定的允许误差绝对值, %;

Δt —— $|t_2 - t_1|$, °C;

t_2 ——环境温度为 -20℃ ~ +60℃ 内的任意值, °C;

t_1 ——环境温度为 -20℃ ~ +60℃ 时, 选取 t_1 为 20℃。

K_1 ——环境温度为 -20℃ ~ +60℃ 内的温度补偿系数 ($0.000 2\text{℃}^{-1}$)。

- b) 当环境温度低于 -20℃ 时:

$$\Delta_2 = \pm(\Delta_{20} + K_2 \Delta t) \quad (2)$$

式中:

- Δ_2 ——环境温度低于-20℃时的温度补偿误差值；表示方法与基本误差相同，%；
 Δ_{-20} ——环境温度为-20℃时规定的温度补偿误差值，表示方法与基本误差相同，%；
 Δt —— $|t_2 - t_1|$ ，℃；
 t_2 ——环境温度为低于-20℃的任意值，℃；
 t_1 ——环境温度低于-20℃时，选取 t_1 为-20℃；
 K_2 ——环境温度低于-20℃时的温度补偿系数（ $0.000\ 5\ ^\circ\text{C}^{-1}$ ）。

5 计量性能要求

5.1 密度继电器的指示准确度等级和允许误差

密度继电器的指示准确度等级和允许误差对照表见表 1。不属于表 1 所列准确度等级或制造厂有特殊规定的按制造厂标称准确度或允许误差执行。

表 1 密度继电器的指示准确度等级和允许误差对照表

准确度等级	允许误差（按量程的百分数计算）	
	20℃±1℃	-25℃～+60℃
1.0 级	±1.0%	±2.5%
1.6 级	±1.6%	±2.5%

信号触点动作值的准确度一般等同于指示准确度。制造厂有特殊规定的按制造厂标称准确度或允许误差执行。

直接用实际误差数值来表示的按照实际误差数值执行。

5.2 示值误差

在额定压力下，示值误差应不大于 5.1 规定的允许误差。

5.3 回程误差

在额定压力下，回程误差应不大于 5.1 规定的允许误差。

5.4 轻敲位移

轻敲表壳使指针能自由摆动，指针示值变动量应不大于 5.1 规定的允许误差绝对值的 1/2。

5.5 指针偏转平稳性

在测量范围内，指针偏转应平稳，无明显跳动和卡涩现象，压力上升指针经过低压闭锁触点和低压报警触点附近时除外。

5.6 切换值误差

在同一信号触点的设定点上，密度继电器信号接通与断开或切换时的实际压力值之差，应不超过量程的 3%。

6 校验条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度应为标准器及密度继电器正常工作所要求的温度。标准器及密度继电器不得受阳光直接照射，且无较强热源影响。环境温度应稳定，现场校验时更应避免温度波动较大的时段。

6.1.2 环境相对湿度：不大于 85%。

6.1.3 环境压力：大气压。

6.1.4 密度继电器应在校验环境下至少已工作或静置 3h 方可校验。

6.2 标准器

6.2.1 标准器的允许误差绝对值应不大于被检密度继电器允许误差绝对值的 1/4。

6.2.2 可供选用的标准器包括:

- a) 经校验合格的 SF₆ 密度继电器校验仪。
- b) 其他符合标准器误差要求及现场校验特殊要求的压力计量标准器。

6.2.3 可供选用的辅助设备包括:

- a) 压力校验器。
- b) 气压压力泵或气压源。
- c) 绝缘电阻表: 500V DC, 10 级。
- d) 工频耐压测试仪。
- e) SF₆ 气体检漏仪。
- f) 温度计: -50℃~+80℃, 允许误差不大于 ±1℃。
- g) 数字万用表: 电阻测量准确度优于 1%。
- h) 高低温恒温试验箱: -50℃~+80℃。
- i) 气压表。

6.2.4 标准器对密度继电器的触点动作值或其切换值的测试电压不低于 24V, 即在试验时, 在信号触点相应端子之间施加不低于 24V 的电压。

6.2.5 在对密度继电器加压或降压时应缓慢地增加或减小负荷。测量信号触点动作值时, 接近动作值时负荷变化速度每秒钟不应大于量程的 5%, 至信号切换为止。读取信号切换时的实际负荷值。

6.3 校验前的准备工作

6.3.1 对使用中的密度继电器进行校验, 相应的电气设备必须停止运行, 并切断与密度继电器相连的控制电源。对密度继电器和电气设备本体之间有隔离阀门且密度继电器侧气路带有校验口的设备, 可关闭隔离阀门, 在校验口处连接标准器进行校验; 其他情况下, 需卸下密度继电器进行校验。注意密度继电器与设备本体的连接方式, 防止漏气。

6.3.2 现场校验密度继电器时, 原则上可在容易接线的任何地方引出触点信号线。例如: 直接在密度继电器上拆除各组信号触点原出线并引出校验用信号线, 或在接线柜的端子排上接线。在后一种情况下, 控制系统的内部连线要从端子排上断开, 以防二次回路和采样信号线构成回路, 影响校验。

6.3.3 进行零位和计量性能校验时, 密度继电器应保持直立或正常工作状态。

6.3.4 对于以环境大气压为基准压力的密度继电器, 校验前应按说明书的要求确认其顶部螺丝拧松, 使表壳内外气压平衡。

6.3.5 为准确测量密度继电器的温度, 温度计或校验仪的测温探头应尽可能靠近密度继电器, 并与密度继电器一起进行温度平衡。具体温度平衡时间应因地制宜, 原则上应彻底平衡, 一般来说不小于 0.5h, 具体时间与标准器和密度继电器之间的温差和密度继电器的结构有关。

6.4 校验用工作介质

6.4.1 将被检密度继电器从 SF₆ 设备上取下、脱离本体进行校验, 可使用清洁干燥的空气或干燥、无毒、无害和化学性能稳定的气体, 如氮气、SF₆ 气体等。

6.4.2 不脱离 SF₆ 设备校验密度继电器, 应使用纯度不小于 99.9% 的 SF₆ 气体。

7 校验方法

密度继电器校验试验流程见附录 A。

7.1 外观

用目力观测, 应符合 4.1 的要求。

7.2 零位

用目力观测, 应符合 4.2 的要求。

7.3 示值误差、回程误差和轻敲位移的校验

7.3.1 密度继电器的示值应按分度值的 1/5 估读。

7.3.2 密度继电器的示值校验只对额定压力点进行。校验时逐渐平稳地升压，当示值达到测量上限后，切断压力源，耐压 3min，然后平稳地降压回检。对额定压力点，记录密度继电器在升压校验时轻敲表壳前的示值 p_{u1} 、轻敲表壳后的示值 p_{u2} ，降压校验时轻敲表壳前的示值 p_{d1} 、轻敲表壳后的示值 p_{d2} ，以及标准器的示值 p_s 。

7.3.3 对校验点，在升压和降压校验时，轻敲表壳前、后的示值与标准器示值之差 Δp 均应符合 5.2 的要求。密度继电器示值误差 Δp 为 Δp_{u1} 、 Δp_{u2} 、 Δp_{d1} 和 Δp_{d2} 中绝对值最大者。 Δp_{u1} 、 Δp_{u2} 、 Δp_{d1} 和 Δp_{d2} 的计算见式 (3)～式 (6)。

$$\Delta p_{u1} = p_{u1} - p_s \quad (3)$$

$$\Delta p_{u2} = p_{u2} - p_s \quad (4)$$

$$\Delta p_{d1} = p_{d1} - p_s \quad (5)$$

$$\Delta p_{d2} = p_{d2} - p_s \quad (6)$$

7.3.4 对校验点，在升压和降压校验时，轻敲表壳后示值之差 Δr 应符合 5.3 的要求。 Δr 的计算见式 (7)。

$$\Delta r = |p_{d2} - p_{u2}| \quad (7)$$

7.3.5 对校验点，在升压和降压校验时，轻敲表壳后引起的示值变动量 Δs 应符合 5.4 的要求。密度继电器的轻敲位移 Δs 为 Δs_u 和 Δs_d 中较大者。 Δs_u 和 Δs_d 的计算见式 (8) 和式 (9)。

$$\Delta s_u = |p_{u2} - p_{u1}| \quad (8)$$

$$\Delta s_d = |p_{d2} - p_{d1}| \quad (9)$$

7.3.6 在示值误差校验过程中，用目力观测指针的偏转，应符合 5.5 的要求。

7.4 触点动作值误差、切换值误差校验

7.4.1 按照 6.2.4 的要求，对每一组触点应在升压和降压两种状态下分别测量其可靠接通和断开时的压力值。

7.4.2 按照 6.2.5 的要求，平稳缓慢地升压或降压，直到触点发生切换为止。同时在标准器上读取触点切换瞬间的压力值。

7.4.3 用压力下降时低压报警触点、低压闭锁触点以及压力上升时过压报警触点发生切换时的压力值与额定值比较计算触点动作值误差。触点动作值误差、切换值误差应符合 5.1 和 5.6 的规定。压力换算方法见附录 B，SF₆ 气体状态方程参见附录 C。

7.5 绝缘电阻

使用直流工作电压为 500V 的绝缘电阻表测量各触点之间、触点与外壳之间的绝缘电阻，应满足 4.4 的要求，试验条件为环境温度 15℃～35℃，相对湿度不大于 80%。

7.6 工频耐压

使用工频耐压测试仪或绝缘电阻测试仪测量触点与外壳之间的绝缘强度，应满足 4.4.2 的要求。

7.7 触点电阻

当密度继电器输出触点接通时，使用数字万用表测量各组输出触点两端间的直流电阻值，其结果应符合 4.5 的要求。

7.8 密封性能试验

按 GB/T 22065—2008 中 6.15 规定的试验方法进行，应满足 4.3 的要求。

7.9 耐振动试验

按 4.6 的要求及 GB/T 2423.10 规定的试验方法进行，试验后按 7.2～7.4 进行校验，应符合 4.2 和第 5 章的规定。

7.10 耐冲击试验

按 4.7 规定的冲击等级, 进行脉冲持续时间为 7ms, 脉冲次数为 30 次的冲击试验。试验后按 7.2~7.4 进行校验, 应符合 4.2 和第 5 章的规定。

7.11 温度补偿性能试验

利用高低温恒温试验箱或在现场特殊温度下采用标准器, 参照 7.3 和 7.4 的要求进行校验, 应符合 4.8 的规定。

8 校验标准、周期及项目

8.1 校验周期

8.1.1 新制造并附有出厂检验合格证及正常使用中的密度继电器可按例行试验项目进行校验。修理后的密度继电器在使用前应按诊断性试验项目进行校验。对使用中发现异常或怀疑有故障但例行试验合格的密度继电器, 应进行诊断性试验, 以判定密度继电器是否可用。

8.1.2 使用中的密度继电器按 DL/T 393 规定的基准周期校验。

8.1.3 制造厂有特殊规定的按制造厂规定执行。

8.2 校验项目

密度继电器校验项目见表 2。

表 2 密度继电器校验项目

校 验 项 目	校验类别		标 准
	诊断性试验	例行试验	
外观及零位	√	√	符合 4.1 和 4.2 的要求
示值误差、回程误差和轻敲位移	√	√	符合 5.2、5.3 和 5.4 的规定
触点切换值误差	√	√	符合 5.1 和 5.6 的规定
绝缘电阻	√	√	符合 4.4.1 的规定
工频耐压	√	×	符合 4.4.2 的规定
温度补偿	√	×	符合 4.8 的规定
触点电阻	√	√	符合 4.5 的规定
密封试验	√	×	符合 4.3 的规定
振动试验	√	×	符合 4.6 的规定
冲击试验	√	×	符合 4.7 的规定

注: “√”表示应进行校验的项目, “×”表示可不校验的项目。

附录 A
(规范性附录)
试验流程

密度继电器校验试验流程如图 A.1 所示。



图 A.1 密度继电器校验试验流程

附 录 B (规范性附录)

压 力 换 算 方 法

B.1 校验时, 应从标准器上读取 SF_6 气体 20°C 时的压力值, 或根据 SF_6 状态方程或状态参数曲线换算成 20°C 时的压力。

B.2 根据所校验密度继电器的类型 (绝对压力型、相对压力型、相对混合压力型以及绝对混合压力型密度继电器) 以及测量用的压力标准器的类型 (绝对压力型和相对压力型), 将标准器的示值换算为与被检密度继电器采用同一基准压力的数值, 才能与密度继电器的标称值进行比较。

B.3 原则上的换算步骤如下: 标准器的示值 $\rightarrow$ 绝对压力值 $\rightarrow 20^\circ\text{C}$ 时的绝对压力值 $\rightarrow$ 与被检密度继电器同一基准压力的数值。具体换算方法见表 B.1。按表 B.1 换算后的数值再与密度继电器的示值和触点设定值作比较。

表 B.1 压 力 换 算 方 法

压力标准器 密度继电器	绝对压力型	相对压力型
绝对压力型	标准器的示值换算为 20°C 时的数值	标准器的示值加上环境大气压再换算为 20°C 时的数值
相对压力型	标准器的示值换算为 20°C 时的数值再减去环境大气压	标准器的示值加上环境大气压, 换算为 20°C 时的数值后再减去环境大气压
相对混合压力型	标准器的示值换算为 20°C 时的数值再减去标准大气压	标准器的示值加上环境大气压, 换算为 20°C 时的数值后再减去标准大气压
绝对混合压力型	标准器的示值换算为 20°C 时的数值, 减去环境大气压再加上标准大气压	标准器的示值加上环境大气压, 换算为 20°C 时的数值后再减去环境大气压并加上标准大气压

附录 C

(资料性附录)

SF₆ 气体状态方程

Beattie-Bridgman (贝蒂—布里奇曼) 方程如式(C.1)所示:

$$p = (RTB - A)d^2 + RTd \quad (\text{C.1})$$

$$A = 73.882 \times 10^{-5} - 5.132105 \times 10^{-7} d$$

$$B = 2.50695 \times 10^{-3} - 2.12283 \times 10^{-6} d$$

$$R = 56.9502 \times 10^{-5}$$

式中:

 p ——压力, $\times 0.1\text{MPa}$; d ——密度, kg/m^3 ; T ——温度, K.