

ICS 29.129.70

团体标准

T/SMA 0010-2020

SF₆ 气体密度继电器现场校验规程

On-site Calibration Method for SF₆ Gas Density Monitor

2020-04-28 发布

2020-05-08 实施

上海市计量协会 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 校验项目及技术要求.....	1
5 校验条件.....	2
6 校验方法.....	3
7 校验流程.....	4
8 校验周期.....	5
附 录 A （资料性附录） SF ₆ 气体状态方程.....	7
附 录 B （资料性附录） 校验记录格式.....	8
附 录 C （资料性附录） 测量不确定度评定示例.....	9

前 言

SF₆气体密度继电器校验是开关设备重要的诊断性试验，为了更好的指导SF₆气体密度继电器现场校验工作，特制订本标准。

本标准按照 GB/T 1.1-2009 规则起草。

本标准由上海市计量协会提出并解释。

本标准由上海市计量协会电力专委会归口。

本标准主要起草单位：国网上海市电力公司电力科学研究院、国网上海市电力公司、威卡自动化仪表（苏州）有限公司

本标准参加起草单位：上海乐研电气有限公司、朗松珂利（上海）仪器仪表有限公司、厦门加华电力科技有限公司、河南日立信股份有限公司、西安华伟电力电子技术有限责任公司、郑州赛奥电子有限公司

标准主要起草人：邓先钦、徐鹏、周谷亮、刘兆林、高凯、季怡萍、忻姿、袁志文、徐友刚、顾渊博、张勇、张嵩、万轶伦、周炳华、赵丹、金海勇、周敏、张宇峰、李辉、郑立登、陈永刚

本标准2020年04月首次发布。

SF₆气体密度继电器现场校验规程

1 范围

本标准适用于使用中的 SF₆气体密度继电器现场校验。

本标准规定了 SF₆气体密度继电器现场校验的校验项目、校验条件、校验方法、校验流程等要求。本标准中的压力值均为 20℃ 下的绝对压力值。

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。

JJG 1073-2011 压力式六氟化硫气体密度控制器检定规程

JJG 1107 自动标准压力发生器检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

SF₆气体密度继电器校验仪 SF₆ gas density monitor calibrator

具备现场校验 SF₆气体密度继电器的便携式测试设备，一般应具备额定压力值误差、设定点偏差和切换差、电接点电阻等校验功能，以下简称校验仪。

3.2

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。

[JJG1073-2011 定义 3.1]

3.3

额定压力值误差 Rating Pressure Point Deviation

在施加额定压力下，SF₆气体密度继电器示值误差。

3.4

设定点偏差 Setpoint Deviation

SF₆气体密度继电器信号切换时实际压力与设定值的差值。

3.5

切换差 Setpoint Switching Deviation

同一设定点上，SF₆气体密度继电器接通与断开时的实际压力值之差。[JJG1073-2011 定义 3.6]

3.6

电接点电阻 Resistance of Electrical Contact

SF₆气体密度继电器电接点接通后的直流电阻值。

4 校验项目及技术要求

SF₆气体密度继电器现场校验项目及其技术要求参照表 1 执行。

表1 校验项目及技术要求

序号	项目类别	校验/检查项目	技术要求	
1	通用性能	外观	表头	表盘无开裂
				表壳无破损、锈蚀
				防震油无渗漏、变色
			接线盒	无变形
				无破损、开裂
				无密封损坏、漏水
				电接点电阻
2	计量性能	额定压力值误差	$\leq \pm 2.5\% \text{ FS}$	
		设定点偏差	$\leq \pm 2.5\% \text{ FS}$	
		切换差	$\leq 3\% \text{ FS}$	

5 校验条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度

环境温度应为SF₆气体密度继电器及校验仪正常工作所要求的温度，校验时校验仪及SF₆气体密度继电器都不得受阳光直接照射，且无热源影响。

5.1.2 环境湿度

环境湿度不大于85%RH。

5.2 安装条件

被校 SF₆气体密度继电器和设备气室之间有截止阀且 SF₆密度继电器侧气路带有校验口；若影响现场校验实施，连接在校验口的压力传感器应拆卸。

5.3 安全要求

- 现场校验时应根据《国家电网有限公司电力安全工作规程》做好安全措施；
- 校验时需要断开 SF₆气体密度继电器二次接线时，拆前应做好标记，接后应进行检查，二次线应作绝缘包扎处理；
- 校验时应使用检漏仪检查管路，确保管路无泄漏；
- 校验后应使用检漏仪检查校验接口，确保校验接口无泄漏。

5.4 校验仪

5.4.1 功能要求

校验仪应具备SF₆气体密度继电器的额定压力值误差、设定点偏差、切换差的校验功能，且适用于绝对压力型和相对压力型SF₆气体密度继电器的现场校验。

校验仪应具备环境温度测量功能，并根据所测环境温度利用附录A所提供的折算公式进行温度补偿。

校验仪应具备电接点电阻测量功能，校验仪应记录和显示电接点接通后的电阻值。

5.4.2 精确度等级

校验仪测量压力的允许误差绝对值应不大于被校SF₆气体密度继电器允许误差绝对值的1/4。

5.4.3 测试电压要求

校验仪测量电接点电阻时所用测试电压应不低于DC24V。

5.4.4 升降压速率

校验仪的压力接近设定点时其升降压速率应满足0.001MPa/s-0.005MPa/s。

5.4.5 密封性要求

校验仪各管路连接部分应满足JJG1107对密封性能的要求。

5.4.6 溯源要求

校验仪应按照相关规程进行溯源，溯源周期不超过1年，在有效期内方可使用。

5.5 工作介质

纯度不小于99.9%(wt)的SF₆纯气。

6 校验方法

6.1 外观检查

按照表1的要求逐项检查，若存在其他问题也应记录。

6.2 电接点电阻校验

控制校验仪压力缓慢、平稳下降或上升至各电接点发生切换并有输出时，使用校验仪测试电接点电阻。

若不满足表1的要求，将SF₆气体密度继电器的信号线连接至二次系统，重复操作3次，汇控柜应都具有对应报警信号。

6.3 额定压力值误差校验

控制校验仪压力缓慢、平稳上升和下降至设备气室额定压力值，停止升降压，记录校验仪的实际压力值P_{n0}，同时记录SF₆气体密度继电器的示值P_{n1}，SF₆气体密度继电器的示值应按照分度值的1/5估读，使用式1计算额定压力值误差ΔP_n，取下降过程中的ΔP_n与上升过程中的ΔP_n的绝对值大者作为SF₆气体密度继电器额定压力值误差。

$$\Delta P_n = P_{n1} - P_{n0} \quad (1)$$

式中：

ΔP_n：额定压力值误差，MPa；

P_{n1}：SF₆气体密度继电器示值，MPa；

P_{n0}：校验仪的实际压力，MPa；

6.4 设定点偏差和切换差校验

设定点包含报警点和闭锁点（如有），设定点偏差包括降压设定点偏差和升压设定点偏差，低压报警点和闭锁点考核降压设定点偏差，超压报警点考核升压设定点偏差。

控制校验仪压力缓慢、平稳下降和上升至各电接点发生切换并有输出时，停止降压和升压，记录切换瞬间校验仪的实际压力值P_{n0}。使用式2分别计算降压设定点偏差ΔP_{降/升}和升压设定点偏差ΔP_升，使用式3计算各设定点的切换差ΔP_切。

$$\Delta P_{降/升} = P_{n0} - P_n \quad (2)$$

式中：

ΔP_{降/升}：降压设定点偏差/升压设定点偏差，MPa；

P_{n0}：切换瞬间校验仪的实际压力值，MPa；

P_n：设定点的压力设定值，MPa；

$$\Delta P_{切} = | \Delta P_{降} - \Delta P_{升} | \quad (3)$$

式中：

$\Delta P_{\text{切}}$: 设定点切换差, MPa;
 $\Delta P_{\text{降}}$: 降压设定点偏差, MPa;
 $\Delta P_{\text{升}}$: 升压设定点偏差, MPa;

7 校验流程

7.1 确认设备状态

进行SF₆气体密度继电器现场校验前, 应确认相关设备气室压力正常, 无报警信号等。

7.2 气室隔离

将设备气室与SF₆气体密度继电器之间的截止阀置于关闭状态, 使气室与SF₆气体密度继电器隔离, 如图1所示。

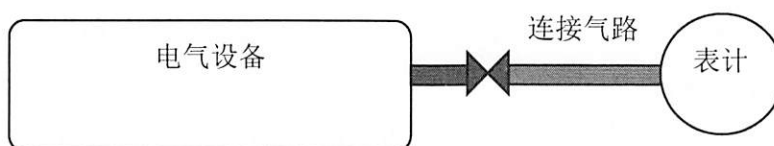


图1 气室隔离后的设备和表计连接示意图

7.3 信号线拆除

将SF₆气体密度继电器的二次接线拆除, 与二次系统连接部分应良好保护。

7.4 外观检查

按6.1检查SF₆气体密度继电器表头和电气接线盒的外观, 若存在其他缺陷也应准确记录, 其中接线盒内接线端子的外观检查应在做好相关安全措施后实施。

7.5 信号线连接

将校验仪的信号线与接线盒相连。

7.6 开启校验仪

开启校验仪的电源开关, 检查其工作状态是否正常, 根据实际情况, 输入SF₆气体密度继电器和校验的相关信息, 设置校验仪的输出压力为SF₆气体密度继电器的显示压力后启动校验仪发生压力, 使校验仪与SF₆气体密度继电器连接前已具有适当压力, 如图2所示。

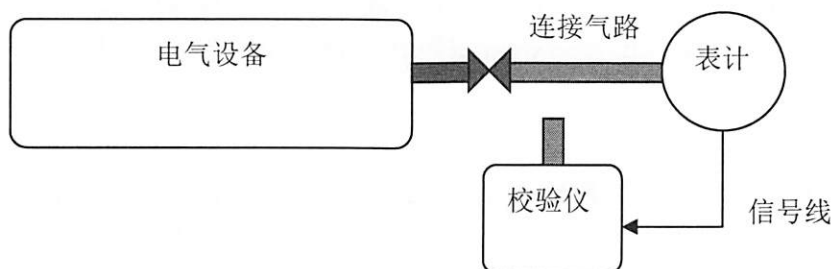


图2 校验前管路和信号线连接示意图

7.7 气路连接

通过对接阀门或快速接头将校验仪管路与设备的充放气阀门连接，并连通气路形成校验系统，如图3所示。

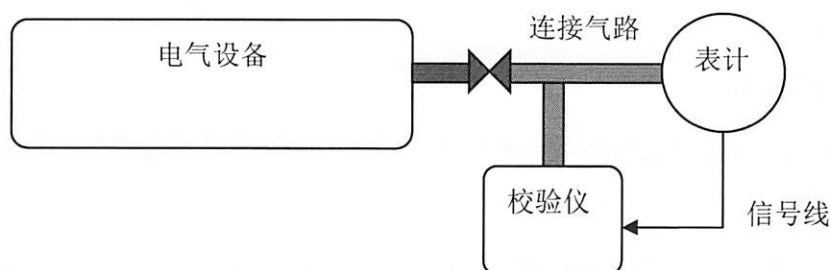


图3 校验时管路和信号线连接示意图

7.8 校验时的检漏

使用检漏仪对气体连接管路和校验接口进行检漏，确保管路和校验接口无泄漏。

7.9 计量性能和电接点电阻校验

校验时，控制校验仪压力先下降到零位后上升至量程最大值再下降到零位，校验过程中的压力变化如图4实线部分所示。

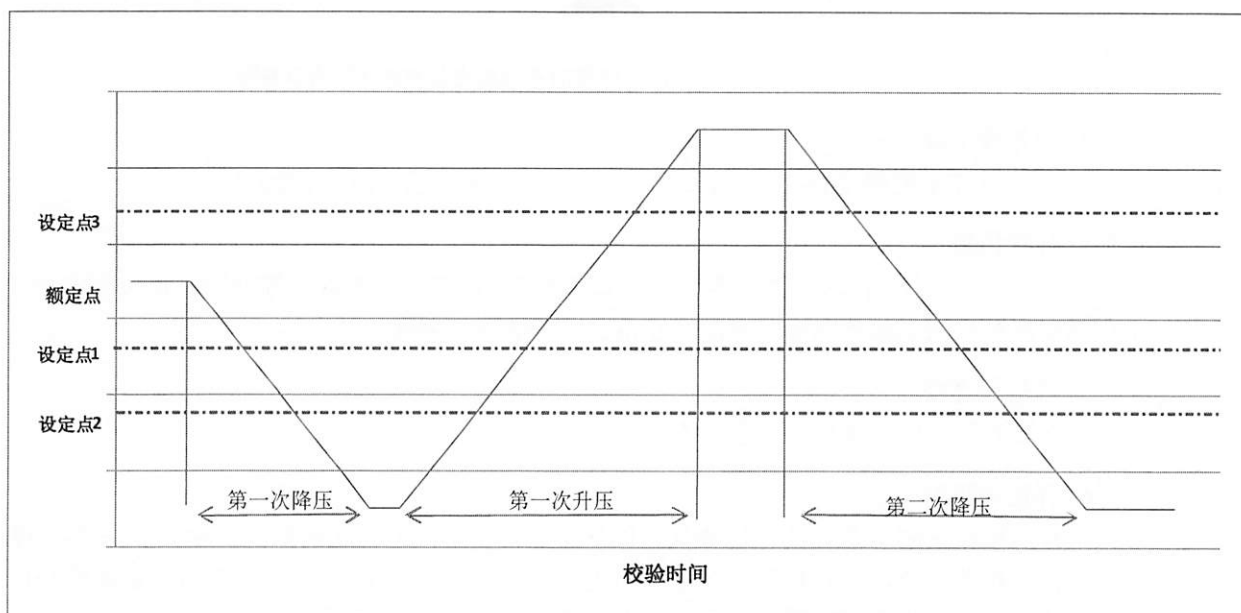


图4 校验过程中压力变化图

在第一次降压过程中依次进行降压设定点偏差和电接点电阻的校验，降压设定点偏差和电接点电阻应满足表1的要求；在第一次升压过程中依次进行升压设定点偏差和额定压力值误差的校验，切换差应满足表1的要求；在第二次降压过程中进行额定压力值误差的校验，额定压力值误差应满足表1的要求。

7.10 设备恢复和检漏

校验工作结束后，首先拆除校验的信号线，将校验系统中的 SF_6 气体回收，再拆除校验的连接管路，恢复设备运行时的信号线和阀门状态，恢复后确认 SF_6 气体密度继电器读数，读数无异常后再使用检漏仪对校验口进行检漏，确保校验后校验口无泄漏。

8 校验周期

现场校验周期可按照下表2执行。

表 2 SF₆气体密度继电器现场校验周期

现场校验类别	校验时间
异常校验	数据显示异常或必要时
周期校验	3年或大修后

附录 A
(资料性附录)
SF₆气体状态方程

SF₆气体状态方程 (Beattie-Bridgman 公式)

$$p = 0.57 \times 10^{-1} \rho T(1+B) - \rho^2 A$$

$$A = 0.75 \times 10^{-1} (1 - 0.727 \times 10^{-3} \rho)$$

$$B = 2.51 \times 10^{-3} \rho (1 - 0.846 \times 10^{-3} \rho)$$

式中:

p : SF₆气体绝对压力, 单位: MPa;

T : SF₆气体热力学温度, 单位: K;

ρ : SF₆气体密度, 单位: kg/m³;

说明: 适用于 $p \geq 0.3$ MPa

附 录 B
(资料性附录)
校验记录格式

报告编号		送检单位		运行编号				
测量范围		制造厂		出厂编号				
准确度等级		校验仪名称		准确度等级				
校验仪编号		校验仪有效期		测量范围				
校验日期		温度		湿度				
外观检查								
表头								
表盘无开裂	表壳无破损	表壳无锈蚀	防震油无渗漏	防震油未变色	其他			
接线盒								
无变形	无破损	无开裂	无漏水	无密封损坏	无接线端子虚接	无接线端子脱落	无接线端子锈蚀	其他
设定点偏差和切换差校验, MPa								
设定点名称	设定值	动作压力		设定点偏差		设定点切换差		
		降压	升压	降压	升压			
电接点电阻测量, Ω								
设定点名称				电阻				
额定压力值误差校验, MPa								
额定压力值	校验仪示值	SF ₆ 气体密度继电器示值		额定压力值误差				
		升压	降压					

附录 C
(资料性附录)
测量不确定度评定示例

C.1 概述

- a) 测量依据: T/SMA XXX—YYYY 《SF₆气体密度继电器现场校验规程》。
b) 环境条件: 温度为25.6℃, 湿度为73%RH, 大气压为0.1MPa。
c) 测量仪器: 校验仪, 准确度等级: 0.2级, 测量范围: 0-0.9MPa。
d) 测量方法: 通过校验仪向被校表计提供气源, 并读取压力标准值与被检仪表示值进行比较。
e) 测量对象: SF₆气体密度继电器, 额定压力0.55MPa, 报警点0.50MPa。

C.2 数学模型

测量的数学模型为:

$$\Delta P = P_k - P_s \quad (\text{C.1})$$

式中:

- P_k ——被检表计的示值, MPa;
 P_s ——校验仪示值, MPa;
 ΔP ——被检表计的示值误差, MPa。

C.3 标准不确定度来源

主要不确定度分量有:

- a) 由测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ;
b) 由仪表示值分辨力引入的不确定度分量 u_2 ;
c) 由校验仪准确度引入的不确定度分量 u_3 。

C.4 标准不确定度分量的评定

- a) 标准不确定度分量 u_1 的评定

测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1 , 采用标准不确定度的A类评定方法评定。对额定压力为0.55MPa的仪表的额定压力进行10次独立重复测量, 得到数据如表C.1所示。

表 C.1 重复性测量数据

序号	1	2	3	4	5
x_i/MPa	0.553	0.550	0.552	0.550	0.551
序号	6	7	8	9	10
x_i/MPa	0.554	0.553	0.550	0.553	0.552

平均值为 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 0.5518 \text{MPa}$, 单次实验标准偏差为 $s = 1.4 \times 10^{-3} \text{MPa}$, 则标准不确定度分量 $u_1 = 1.4 \times 10^{-3} \text{MPa}$ 。

- b) 标准不确定度分量 u_2 的评定

标准不确定度分量 u_2 由被校表计分辨力引入, 采用标准不确定度的B类评定方法评定。被校表计的最小分度值为0.02MPa, 分辨力为0.01MPa, 区间半宽 $a = 0.005 \text{MPa}$, 服从均匀分布, $k = \sqrt{3}$, $u_2 = a/k = 2.89 \times 10^{-3} \text{MPa}$ 。

- c) 标准不确定度分量 u_3 的评定

标准不确定度分量 u_3 由标准器准确度引入，校验仪最大允许误差为 $\pm 0.0018\text{MPa}$ ，采用标准不确定度的B类评定方法评定，区间半宽 $a=0.0018\text{MPa}$ ，服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ， $u_3=a/k=0.001\text{MPa}$ 。

C.5 合成标准不确定度

重复性条件下，示值的分散性既决定于随机效应的影响，也决定于分辨力。由于 $u_2 > u_1$ ，因此不另计入 u_1 的影响，不确定度分量 u_2 和 u_3 彼此独立不相关，合成标准不确定度可按式（C.2）计算：

$$u_c = \sqrt{u^2(P_1) + u^2(P_3)} = 0.003\text{MPa} \quad (\text{C.2})$$

C.6 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，扩展不确定度为： $U=ku_c=0.006\text{MPa}$ ，（ $k=2$ ）。