

a) 优选方法

除非本标准另有规定,优选的方法是用联合电压试验(见 GB/T 16927.1—2011 的第 9 章)。

——工频电压试验

为了获得规定的试验电压,应利用处在反相条件下的两个不同的电压源来进行试验。电压的分配在 7.2.7.2 和 7.2.8.2 中规定。

在这种情况下,分闸的开关断口(或隔离断口)间的试验电压应按表 11 施加。

表 11 工频试验条件

试验条件	加压部位	接地部位
1	A 和 a	BCbcF
2	B 和 b	ACacF
3	C 和 c	AbabF

注 1: A、B、C 为开关设备一侧端子, a、b、c 为开关设备另一侧端子, F 为底座。
 注 2: 如果外侧两极的布置相对于中间极和底座是对称的, 试验条件 3 可以省略。
 注 3: 如果极的布置相互完全对称且相对于底座也完全对称, 试验条件 2 和试验条件 3 可以省略。

——冲击电压试验

额定冲击耐受电压(极对地)构成试验电压的主要部分, 它施加到一个端子上; 附加电压由另一个反极性的电压源提供, 并施加到对侧的端子上。这一附加电压可以是另一个冲击电压, 一个工频电压的峰值或者是一个直流电压。其他的极和底座接地。

由于两个电压回路间的电容耦合, 冲击电压波会影响工频电压的波形, 为了计及这一影响, 应满足以下的试验要求: 在冲击电压峰值时刻冲击电压峰值与附加电压之和应等于要求的总的试验电压, 容差为 $\pm 3\%$ 。为了获得这一条件, 可以提高瞬时工频电压或者冲击电压。对于雷电冲击试验, 瞬时工频电压可以提高但不超过 $U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$; 对于操作冲击试验, 瞬时工频电压可以提高但不超过 $1.2U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$ 。

在工频侧的端子上并联一个容量适当的电容器, 能够大大减小工频波形上的电压降。

试验电压应按表 12 施加。

表 12 冲击电压试验条件

试验条件	主要电压	附加电压	接地部位
	加压部位		
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	AaBbF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF

注 1: A、B、C 为开关设备一侧端子,a、b、c 为开关设备另一侧端子,F 为底座。

注 2: 如果外侧两极的布置相对于中间极和底座是对称的,试验条件 3 和试验条件 6 可以省略。

注 3: 如果极的布置相互完全对称且相对于底座也完全对称,试验条件 2、试验条件 3、试验条件 5 和试验条件 6 可以省略。

注 4: 如果每极接线端子的布置相对于底座是对称的,试验条件 4、试验条件 5 和试验条件 6 可以省略。

b) 替代方法

如果只用一个电压源,对于工频电压试验和冲击电压试验,开关断口(或隔离断口)的绝缘都可以按下述方法进行试验:

- 把总的试验电压 U_t 施加在一个端子和地之间,对侧的端子接地;
- 如果在开关装置极导体的支持绝缘子上作用的电压超过额定极对地耐受电压,把底座和未承受试验的其余两极调整在对地为 U_t 的部分电压上,使得 $U_t - U_t'$ 的最小值为额定极对地耐受电压的 70%;上限值应由制造厂规定(通常,不超过额定极对地耐受电压)。
- 如果 7.2.7 中参考了本替代方法,没有承受试验的所有端子和底座可以与地绝缘。表 13 给出了如何施加不同的电压。

表 13 替代方法的试验条件

试验条件	主要部分		部分电压 U_t' 的施加位置
	U_t 施加位置	接地部位	
1	A	a	B, b, C, c, F
2	B	b	A, a, C, c, F
3	C	c	A, a, B, b, F
4	a	A	B, b, C, c, F
5	b	B	A, a, C, c, F
6	c	C	A, a, B, b, F
注: A、B、C 为开关设备一侧端子, a、b、c 为开关设备另一侧端子, F 为底座。			
* 如果允许,所有非受试端子和底座可以与地绝缘,7.2.7 中参考了 7.2.6.3 的替代方法。			

7.2.7 $U_t \leq 252$ kV 的开关设备和控制设备的试验

7.2.7.1 概述

试验电压等于表 1~表 3 中选取的额定耐受电压。

7.2.7.2 工频电压试验

试品应按 GB/T 16927.1—2011 承受工频电压试验。对每一试验条件,应把试验电压升到要求值并维持 1 min。

应进行干试,对具有外绝缘的户外开关设备和控制设备还应进行湿试。

对于在 7.2.6.3 中提到的特殊情形,隔离断口可以按下述方法进行试验:

- 优选方法:一侧端子施加的电压为额定极对地耐受电压,其余的电压施加在另一侧的端子上。
- 替代方法:对额定电压 72.5 kV 以下的气体绝缘金属封闭开关设备和控制设备,和任一额定电压的其他技术的开关设备和控制设备,底座的对地电压 U_t 不需准确地调整,甚至可以把底座绝缘。
- 对于额定电压 252 kV 的开关设备和控制设备,由于其工频电压湿试的结果有很大的分散性,这些试验可用 250/2 500 μ s 操作冲击电压湿试来代替,试验电压的峰值等于规定的工频试验电压有效值的 1.67 倍。

7.2.7.3 雷电冲击电压试验

试品只应在干燥状态下承受雷电冲击电压试验。试验应按 GB/T 16927.1—2011 用标准雷电冲击

波 $1.2/50\ \mu\text{s}$ 在两种极性的电压下进行。

如果用替代方法来试验开关断口(或隔离断口),对额定电压 72.5 kV 以下的气体绝缘金属封闭开关设备和控制设备,和任一额定电压的其他技术的开关设备和控制设备,底座的对地电压 U_f 不需准确地调整,甚至可以把底座绝缘。

7.2.8 $U_r > 252\ \text{kV}$ 的开关设备和控制设备的试验

7.2.8.1 概述

试验电压等于表 4 中选取的额定耐受电压。

在合闸位置,试验应按表 10 的试验条件 1、试验条件 2 和试验条件 3 进行。在分闸位置,试验应按如下所述进行。此外,极间操作冲击电压试验应按如下所述进行。

7.2.8.2 工频电压试验

试品应按 GB/T 16927.1—2011 承受短时工频耐受电压试验。对每一试验条件,应把试验电压升到要求值并维持 1 min。

只应进行干试。

开关断口或隔离断口间的绝缘应用上述 7.2.6.3 的优选方法进行试验。经与制造厂协商,也可以用 7.2.6.3 的替代方法。

7.2.8.3 操作冲击电压试验

试品应承受操作冲击电压试验。应按 GB/T 16927.1—2011 用标准操作冲击波 $250/2\ 500\ \mu\text{s}$ 在两种极性的电压下进行试验。只对具有外绝缘的户外开关设备和控制设备进行湿试。

开关断口(或隔离断口)应用 7.2.6.3 的优选方法进行试验。

极间绝缘只应在干状态下按照表 12 的试验条件进行,以表 4 栏(5)的值作为试验电压,用 7.2.6.3a) 的优选方法进行试验,试验电压的主要电压应等于表 4 栏(4)给出的数值。附加电压应施加到相邻的极上且反相以便两个电压(主要电压和附加电压)的和等于表 4 栏(5)中给出的数值。

实际的电压分配应尽可能平衡。总的试验电压的任何不平衡分配都是更加严格的。如果电压分量的波形和/或幅值不同,试验应在倒换连接后重复进行。

7.2.8.4 雷电冲击电压试验

试品只应在干状态下承受雷电冲击电压试验。试验应按 GB/T 16927.1—2011 用标准雷电冲击波 $1.2/50\ \mu\text{s}$ 在两种极性的电压下进行。

7.2.9 户外绝缘子的人工污秽试验

如果绝缘子的爬电距离满足 6.15 和附录 A 的推荐值,则不需要进行人工污秽试验。

如果爬电距离不同于附录 A 中给出的推荐值,应按 GB/T 4585 用额定电压和 GB/T 26218.1—2010 中给出的应用系数进行人工污秽试验。

7.2.10 局部放电试验

不要求进行局部放电试验,除非相关的产品标准有规定。如果相关产品标准要求试验,应按 GB/T 7354 进行。

7.2.11 辅助和控制回路的绝缘试验

辅助和控制回路的绝缘试验涵盖在 7.10.5 中。

7.2.12 作为状态检查的电压试验

如果要求绝缘试验作为状态检查,且相关的产品标准没有其他规定,应按 7.2.7.2 或 7.2.8.2,在下述工频电压下对开关装置断口进行工频耐受电压干试验。

- 对隔离断口为相应额定短时工频耐受电压的 100%；
- 对其他情况为相应额定短时工频耐受电压的 80%。

注 1: 降低试验电压出于两方面的原因,一是考虑到老化、耗损和其他的正常劣化,额定试验电压留有安全裕度;二是由于网络电压的统计特性。

注 2: 对某些类型的封闭开关装置,可能需要进行对地绝缘的状态检查试验。这时,宜分别以表 1~表 4 栏(2)值的 80%进行工频电压试验。

7.3 无线电干扰电压试验(RIV)

本试验仅适用于额定电压 252 kV 及以上的开关设备和控制设备,并应在相关产品标准中有规定时进行。无线电干扰电压试验被认为是 EMC 发射试验并涵盖在 7.9.1 中。

注: 运行经验表明额定电压低于 252 kV 的无线电干扰的影响可以忽略。

7.4 回路电阻测量

7.4.1 主回路电阻测量

应在连续电流试验前测量主回路电阻,试验程序见 7.4.4.1。

连续电流型式试验前测量的试品的电阻值,用于与所有其他同型开关设备和控制设备出厂试验测量的电阻值进行比较(见 8.4)。

7.4.2 辅助回路电阻测量

7.4.2.1 1 级和 2 级辅助触头电阻测量

把 1 级和 2 级辅助触头的每种类型的一个样品接入阻性负载回路,然后用开路电压为 6 V(相对偏差为 $_{-15}^{+0}\%$)的直流电源施加到该回路上使其流过 $10\text{ mA} \pm 2\text{ mA}$ 的电流,电阻的测量按照 GB/T 5095.2 进行。

在这些测量条件下,闭合的 1 级和 2 级辅助触头的电阻不应超过 50 Ω 。

注: 触头材料出现的氧化可能降低有效的载流能力。这将会导致接触电阻的增加,甚至在电压非常低时回路不能导通,而在较高电压时无法发现问题。本试验的目的是为了验证在这些低电压条件下触头的接触性能。评估的判断考虑了电阻的非线性。50 Ω 的数值来自于统计方面的考虑且该数值已被用户接受。

7.4.2.2 3 级辅助触头电阻测量

把 3 级辅助触头的一个样品接入阻性负载回路,然后用开路电压 $\leq 30\text{ mV}$ 的直流电源施加到该回路上使其流过 $\leq 10\text{ mA}$ 的电流,电阻的测量按照 GB/T 21711.7—2018 中 4.12 进行。

闭合的 3 级辅助触头的电阻不应超过 1 Ω 。

7.4.3 接地金属部件的电气连续性试验

通常的外观检查就足以评定是否符合 6.3 的要求。

但是,作为替代,在正常运行期间可能触及并接地的所有金属部件和外壳,可以采用 30 A(DC)电流进行试验,其到接地点的电压降应小于 3 V。

注：在测量点局部除去涂层可能是必要的。

7.4.4 作为状态检查的主回路中触头和连接的电阻测量

7.4.4.1 试验程序

如果要求电阻测量作为试验后的状态检查,应采用下述程序。

需要检查的触头间或连接间的电阻应在试验前进行测量。测量点应处于有疑问的触头和连接的两侧最近的可接触到的点。应进行三次测量计算电阻的平均值。如果试品包含开关装置,两次测量之间应对每一台开关装置进行一次空载分闸和合闸操作循环。如果试品包含可移开元件,两次测量之间应进行一次移开/推进循环。

试验用直流电流测量。如果额定连续电流小于或等于 100 A,测量应在额定连续电流(容差 -20%)下进行。如果额定连续电流大于 100 A,试验电流应取 100 A 到额定连续电流之间的任一方便的值。

注：某些设计中,型式试验期间可能仅当几个连接和/或触头在主回路中串联,甚至对装置的整极进行测量才是可行的。

试验完成后,应采用和试验前电阻测量所用的相同程序再次测量电阻。在该电阻测量前,基于制造厂的建议,触头的某些修整(如空载操作循环或者施加一定时间的额定连续电流)是可接受的。

试验前后进行的电阻测量应在最大温差不超过 10 K 的周围空气温度下进行。电阻的增加是通过试验前后测量的平均值之间的差来计算。

7.4.4.2 关合和开断试验

对于开关装置的关合和开断试验,如果按照 7.4.4.1 确定的每一极的电阻增加不大于 100%,则认为关合和开断试验后试品的电阻状态检查合格。

注：对于本标准,关合和开断试验后作为状态检查的电阻增加 100% 的接受判据是缺省值。该判据可能不适用于所有的开关设备的设计,例如,具有并联的弧触头和主触头的设计。在这种情况下,相关的产品标准给出它们自己的方法或者状态检查的判据。

7.4.4.3 其他试验

对于不同于关合和开断试验的其他试验,如果按照 7.4.4.1 确定的每一极的电阻增加不大于 20%,则认为试验后试品的电阻状态检查合格。如果电阻增加超过 20%,则需应用连续电流试验(7.5)来确定试品是否能够承载其额定连续电流。

注：对于本标准,其他试验后作为状态检查的电阻增加 20% 的接受判据是缺省值。该判据可能不适用于所有的开关设备的设计,在这种情况下,相关的产品标准给出它们自己的方法或者状态检查的判据。

7.5 连续电流试验

7.5.1 试品的状态

主回路的连续电流试验,如果适用,应在装有清洁触头的试品上进行,在试验前充以用作绝缘的合适的液体或处于最低功能压力(密度)的气体。

7.5.2 试品及试验回路的布置

试验应在户内、大体上无空气流动的环境下进行,试品本身发热引起的气流除外。实际上,当气流速度不超过 0.5 m/s 时,就达到了这一条件。

对于除辅助设备以外的部分的连续电流试验,试品及其附件在所有重要方面都应安装得和使用中

的一样,包括试品各部分在正常工作时的所有外罩(包括为了进行试验的所有附加外罩,例如母排延伸段的外罩),并应防止来自外部的过度加热和冷却。

按照制造厂的说明书,如果试品可以在不同的位置安装,连续电流试验应在最不利的位罝上进行。

原则上,这些试验应在三极开关设备和控制设备上进行;但若其他极或其他单元的影响可以忽略,试验也可以在单极或一个单元上进行。这是 40.5 kV 以上非封闭开关设备的一般情况。对于额定连续电流不超过 1 250 A 的三极开关设备和控制设备,可以把三极串联后进行试验。

对地绝缘对温升没有明显影响的特大型的试品,其对地绝缘可以适当地降低。

对于三极试品,除了上述的例外,试验应在三相回路中进行。

接到主回路的临时连接线应使得试验时与实际运行时的连接相比较,其热量的散出和传入没有明显的差异(见 7.5.4.2)。

注:为了使连续电流试验更具复现性,临时连接线的类型和/或尺寸可以在相关标准中予以规定。

7.5.3 试验电流和持续时间

7.5.3.1 主回路的试验

应在开关设备和控制设备的额定连续电流(I_c)下进行试验,电源电流应为正弦波。

如果谐波的有效值不超过基波电流的 5%,则满足该要求。如果制造厂同意,可以接受高于 5% 的谐波分量。

试品应在额定频率下试验,频率的偏差为 $\pm 2\%$ 。试验频率应记入试验报告。

对于额定频率为 50 Hz 和 60 Hz 且载流部件附近没有铁磁元件的开关设备和控制设备,在 50 Hz 下进行连续电流试验时,如果实测的温升值不超过最大允许值的 95%,则应认为涵盖了两个频率。在 60 Hz 下进行的试验涵盖了两个频率。

试验应持续足够长的时间以使温升达到稳定。如果在 1 h 内温升的增加不超过 1 K,就认为达到了这一状态。通常在试验持续时间达到试品热时间常数的 5 倍时满足该判据。

如果记录到的试验数据足够计算出热时间常数,可以用较大电流预热回路的办法来缩短整个试验的时间。

7.5.3.2 辅助和控制设备的试验

试验应在规定的供电电压(交流或直流)、且对交流在其额定频率(容差为 $\pm 2\%$)下进行。

辅助设备应在其额定供电电压(U_c)或在其额定连续电流下进行试验。交流供电电压应为正弦波。

用于连续工作制的线圈应在足以使温升达到稳定值的时间内进行试验。如果在 1 h 内温升变化不超过 1 K,则达到了这一状态。

对于仅在开合操作时才通电的回路,试验应按下述条件进行:

- a) 如果开关装置具有在操作终了时切断辅助回路的自动开断装置,该回路应通电 10 次,每次 1 s 或者直到自动开断装置动作为止,两次通电之间的时间间隔取 10 s,如果开关装置的结构不允许,则取可能的最短时间间隔;
- b) 如果开关装置不具有在操作终了时切断辅助回路的自动开断装置,试验时回路应一次通电 15 s。

7.5.4 试验期间的温度测量

7.5.4.1 周围空气温度

周围空气温度是试品周围空气(对于封闭开关设备和控制设备是指外壳外面的空气)的平均温度。

在试验期间应至少使用三只均匀布置在试品周围、处在载流部件的平均高度上并距试品约 1 m 处的温度计、热电偶或其他温度检测器件来测量周围空气温度。应防止温度计或热电偶受气流以及热的过分影响。

为了避免温度快速变化造成的读数误差,可以把温度计或热电偶放入装有 0.5 L 油的小瓶中。

在试验周期的最后四分之一的试验期间,周围空气温度的变化在 1 h 内不应超过 1 K。如果因试验室不利的温度条件而不可能达到时,可以用在相同条件下但不通过电流的一台相同的开关设备和控制设备的温度来代替周围空气温度。这台附加的开关设备和控制设备不应受到不适当热量的影响。

未经制造厂的同意,试验时的周围空气温度应高于 10 ℃,但不超过 40 ℃。周围空气温度在这一范围内,不应进行温升值的修正。

7.5.4.2 试品的温度

应采取预防措施来减少由于开关装置的温度和周围空气温度的变化之间的时间滞后引起的变化和误差。

对于线圈,通常采用电阻变化来测量温升。只在使用电阻法不可行时才允许使用其他的方法。

除线圈以外的各部分的温度(其温度限值已有规定)应用温度计、热电偶或其他适用的传感器件来测量,它们应被放在可触及的最热点上。

浸入液体介质中的元件的表面温度只应使用紧贴在元件表面的热电偶来测量。液体介质本身的温度应在它的上层测量。

使用温度计或热电偶测量时,应采取以下的预防措施:

- a) 应防止温度计的球泡或热电偶受到来自外部的冷却(如用干燥清洁的羊毛等遮盖),然而,被保护的面积和受试电器的冷却面积相比应是可以忽略的;
- b) 应保证温度计或热电偶与受试部分的表面之间具有良好的导热性;
- c) 如果在变化的磁场中使用球泡形温度计,酒精温度计比水银温度计更为适宜,因为后者更易受到变化磁场的影响。

为了计算热时间常数,试验过程中应进行足够的温度测量(测量时间间隔不超过 30 min),并应记录在试验记录中。

主回路端子处的温度和距离端子 1 m 处的临时连接处的温度应予以测量,两者温升的差别不应超过 5 K。

然而,如果距离主回路端子 1 m 处的临时连接线温升超过端子温升 5 K 以上,7.5.5 中确定的通过试验的所有判据都满足,可以认为试验有效。

7.5.5 通过试验的判据

7.5.5.1 概述

如果规定有温升限值的试品部件的温升未超过表 14 中的规定值,则试品通过了试验。

试验前后,试品在周围空气温度下测量回路电阻,试验后回路电阻的增加不应超过 20%。

如果线圈的绝缘由几种不同的绝缘材料组成,则线圈的温升限值应取具有最低温升限值的绝缘材料的温升限值。

如果试品配有符合特定标准的各种设备(例如,整流器、电动机、低压开关等),此类设备的温升不应超过相关标准规定的限值。

表 14 高压交流开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升限值

部件、材料和绝缘介质的类别(见 7.5.5.2 中的说明 1、说明 2 和说明 3)(见注 1)	最大 值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40 ℃时的温升(见注 2) K
1 触头(见说明 4) 裸铜或裸铜合金: 在氧化性气体(OG)中(见说明 5) 在非氧化性气体(NOG)中(见说明 5) 在油中 镀银或镀镍(见说明 6): 在氧化性气体(OG)中(见说明 5) 在非氧化性气体(NOG)中(见说明 5) 在油中 镀锡(见说明 6): 在氧化性气体(OG)中(见说明 5) 在非氧化性气体(NOG)中(见说明 5) 在油中	 75 115 80 115 115 90 90 90 90	 35 75 40 75 75 50 50 50 50
2 用螺栓的或与其等效的联结(见说明 4) 裸铜、裸铜合金或裸铝合金: 在氧化性气体(OG)中(见说明 5) 在非氧化性气体(NOG)中(见说明 5) 在油中 镀银或镀镍: 在氧化性气体(OG)中(见说明 5) 在非氧化性气体(NOG)中(见说明 5) 在油中 镀锡: 在氧化性气体(OG)中(见说明 5) 在非氧化性气体(NOG)中(见说明 5) 在油中	 100 115 100 115 115 100 105 105 100	 60 75 60 75 75 60 65 65 60
3 其他裸金属制成的或其他镀层的触头或联结	(见说明 7)	(见说明 7)
4 用螺栓或螺钉与外部导体连接的端子(见说明 8): 裸的 镀银、镀镍 镀锡 其他镀层	 100 115 105 (见说明 7)	 60 75 65 (见说明 7)
5 油开关装置用油(见说明 9 和说明 10)	90	50
6 用作弹簧的金属零件	(见说明 11)	(见说明 11)

表 14 (续)

部件、材料和绝缘介质的类别(见 7.5.5.2 中的说明 1、说明 2 和说明 3)(见注 1)	最大值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40 ℃时的温升(见注 2) K
7 绝缘材料以及与下列等级的绝缘材料接触的金属部件(见说明 12):		
Y	90	50
A	105	65
E	120	80
B	130	90
F	155	115
瓷漆:油基	100	60
合成	120	80
H	180	140
C 其他绝缘材料	(见说明 13)	(见说明 13)
8 除触头外,与油接触的任何金属或绝缘件(见说明 14)	100	60
9 可触及表面	(见说明 15)	(见说明 15)
正常运行期间人力控制元件的可被触及表面:		
没有涂层的金属	55	15
有涂层的金属	55	15
非金属	65	25
正常运行期间不持续握在手中的其他可被触及表面:		
没有涂层的金属	65	25
有涂层的金属	70	30
非金属	80	40
正常运行期间不必被触及的表面:		
没有涂层的金属	80	40
有涂层的金属	80	40
非金属	90	50
注 1: 本表的说明见 7.5.5.2。 注 2: 对于特殊使用条件中的开关设备和控制设备,包括最高温度不同于 40 ℃,温度的最高值适用且对温升的最大值进行相应计算。		

7.5.5.2 表 14 的说明

表 14 的有关说明如下:

说明 1:按其功能,同一部件可以属于表 14 列出的几种类别。在这种情况下,允许的最高温度和温升值是相关类别中的最低值。

说明 2:对真空开关装置,温度和温升的限值不适用于处在真空中的部件。其余部件不应超过表 14 给出的温度和温升值。

说明 3:应注意保证周围的绝缘材料不遭到损坏。

说明 4:当接合的零件具有不同的镀层或一个零件是裸露的材料制成的,允许的温度和温升应是:

- a) 对触头,表 14 项 1 中有最低允许值的表面材料的值;
- b) 对联结,表 14 项 2 中有最高允许值的表面材料的值。

说明 5:本标准中的 NOG(非氧化性气体)是指不活跃气体。由于其化学特性和已验证的运行记录,他们不会通过腐蚀或氧化加速触头老化。

公认的 NOG 包括 SF_6 、 N_2 、 CO_2 、 CF_4 。它们可以单独使用或者各种 NOG 混合使用。

本标准中 OG(氧化性气体)是指活跃性气体。它们通过腐蚀现象(存在湿度时)或者氧化现象(大多数由于类似氧气的周围空气介质)加速触头老化。划分为 OG 的气体有周围空气、“干燥”空气,没有划为 NOG 的任何气体以及包含 OG 成分的任何混合气体。

注:在本标准的未来版本中,按上述划分为 OG 的某些气体可能会被重新划分为 NOG。

这些腐蚀和氧化现象的描述见 GB/T 25840。

由于在 NOG 中不存在腐蚀和氧化,在气体绝缘开关设备中不同触头和连接件之间温度限值的协调一致显然是适宜的。

在 NOG 环境下,裸铜和裸铜合金零件的允许温度极限可以等于镀银或镀镍零件的值。

在镀锡零件的特殊情况下,由于腐蚀效应,即使在 NOG 的无氧化和腐蚀条件下,提高其允许温度也是不合适的,因此镀锡零件的限值较低。

说明 6:按照设备的相关标准要求,下述试验后在接触区域内触头的镀层应连续存在,否则,触头应被看作是“裸露”的:

- a) 关合和开断试验(如果有);
- b) 短时耐受电流试验;
- c) 机械寿命试验。

说明 7:当使用表 14 没有给出的材料时,应考虑它们的性能,以便确定最高的允许温升。

说明 8:即使和端子连接的是裸导体,这些温度和温升限值仍是有效的。

说明 9:在油的上部测量的温度。

说明 10:当采用低闪点的油时,应特别注意油的气化和氧化。

说明 11:温度不应达到使材料弹性受损的数值。

说明 12:绝缘材料的分级在 GB/T 11021 中给出。

说明 13:仅以不损害周围的零部件为限。

说明 14:这些数值没有考虑对于电缆和电缆终端绝缘的影响。

说明 15:关于可触及的热表面的温度限值的详细信息可见 GB/T 34662。

7.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

7.6.1 概述

该试验适用于试品的主回路和接地回路(如果适用),来检验其在额定短路持续时间内承载额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流的能力。

除 7.6.3 的规定外,试验应在额定频率(容差为 $\pm 10\%$)和任一合适的电压下进行。

对于额定频率为 50 Hz 和/或 60 Hz 的试品,只要验证了额定峰值耐受电流,试验可以在任一频率下进行。

试验可以在任何方便的周围空气温度下进行。

7.6.2 试品以及试验回路的布置

试品应安装在它自身的支架上,或者安装在等效的支架上,并且装上它自身的操动机构。尽量使试验具有代表性,以检查试验电流的机械效应和热效应。对于开关装置,试验期间试品应处于合闸位置。

每次试验前,应对机械开关装置(如果有)进行一次空载操作,除了接地开关外,还要按照 7.4.4 测量主回路电阻。在动力操作的情况下,应在额定供电电压下进行空载分闸操作。在人力操作的情况下,应测量空载分闸时的操作力/力矩。对于充气式开关设备可以充入任何方便的气体。

可以进行三相试验或单相试验。单相试验时,下列各点适用:

- 对于三极试品,应在相邻的两极串联后进行试验;
- 对于各极分离的试品,试验既可在相邻的两极上进行,也可在装设返回导体(安装在运行中极间中心距处)的单极上进行,如果极间中心距在设计上不是固定不变的,应按制造厂给出的最短极间中心距进行试验;
- 除非相关标准另有规定,额定电压 40.5 kV 以上的开关设备和控制设备,不必考虑返回导体,但决不应把返回导体放在比制造厂给出的最短极间中心距还要靠近受试极的位置。

在试品的两侧,端子和最近的导体支持件或者电缆连接点之间的距离应按制造厂说明书的规定。

试验的布置应记入试验报告中。

7.6.3 试验电流和持续时间

试验电流的交流分量应等于试品的额定短时耐受电流(I_k)的交流分量以及下面给出的替代。峰值电流(对于三相回路,在任一边相中的最大值)应不小于额定峰值耐受电流(I_p),未经制造厂同意不应超过该值的 5%。

对于三相试验,任一相中电流的交流分量与三相电流平均值的差别不应大于 10%。试验电流交流分量有效值的平均值不应小于额定值。

可以采用下述两个方法之一进行试验:

方法 1:试验电流 I 施加的时间 t 应等于额定短路持续时间 t_k ,交流分量的容差为 $+5\%$ 。

方法 2:试验电流的交流分量的焦耳积分值 $\int I^2 t$ 不应小于由额定短时耐受电流(I_k)和额定短路持续时间(t_k)计算得的 $I_k^2 t_k$,未经制造厂同意不应超过该值的 10%,按照附录 H 确定。

下述偏差是允许的:

- a) 如果试验设备短路电流的衰减特性使得在额定短路持续时间内,不在开始时施加过大的电流,就不能得到规定的有效值时,试验时允许把试验电流的有效值降低到规定值以下,并将短路持续时间适当延长,但是,峰值电流不小于规定值,短路电流的持续时间不得大于 5 s;
- b) 如果为了得到要求的峰值电流,将试验电流的有效值提高到规定值以上,则可以相应地将短路电流的持续时间缩短;
- c) 允许将峰值耐受电流试验和短时耐受电流试验分开进行:
 - 对于峰值耐受电流试验,短路电流的持续时间不应小于 0.3 s;
 - 对于短时耐受电流试验,短路电流的持续时间应等于额定短路持续时间,但是,符合 a) 的时间偏差是允许的;
- d) 如果因试验室的设备特征,使试验电流的频率在规定的短路持续时间内不能保持在规定的公差内,则试验开始时的试验电流的频率应在规定的容差内,到试验終了之前,试验电流的频率允许降低到规定频率的 80%。

7.6.4 试验后试品的状态

试验后,试品不应有明显的损坏,应能正常地操作,并承载其额定连续电流。

如果机械开关装置具有额定关合和/或开断能力,那么,触头的状态不应因关合和/或开断直到其额定值的任一电流的性能有实质上的影响。

下列各项用来检查这些要求:

- a) 试验后在和 7.6.2 规定的相同条件下,应立即对机械开关装置进行空载分闸操作,触头应在第一次操作时分开;
- b) 试品及其触头的外观检查(如无危害);
- c) 除接地开关外,应按照 7.4.4.3 检查主回路电阻的变化。

7.7 防护等级验证

7.7.1 IP 代码的验证

按照 GB/T 4208—2017 第 11 章、第 12 章、第 13 章和第 15 章规定的要求,试验应在和使用情况一样的、完全装配好的开关设备和控制设备的外壳上进行,以验证 6.14.2 和 6.14.3 中要求的性能。对于型式试验,通常不安装进入外壳的真实电缆连接线,应使用一段相应的填充物来模拟。试验时开关设备的运输单元应用盖板封闭,盖板能提供和单元间的连接同一等级的防护性能。

然而,试验只在对符合这些要求有怀疑时才应进行,且在认为有必要的有关部件的各个位置上进行。

当使用补充字母 W 时,应采用附录 D 中给出的试验方法。

7.7.2 IK 代码的验证

应按照 GB/T 20138 来验证 6.14.4 中规定的要求,试验应在和使用情况一样的、完全装配好的开关设备和控制设备的外壳上进行。

试验后,外壳不应开裂且外壳的变形不应影响设备的正常功能,不降低绝缘和/或缩短爬电距离,也不使规定的外壳提供的防止接近危险部件的防护等级降到允许值以下。表面损伤如油漆脱落,冷却肋片或类似零件的开裂或小面积的凹陷可以忽略。

然而,试验只在对符合这些要求有怀疑时才应进行,且在认为有必要的有关部件的各个位置上进行。

成为外壳一部分的如仪表、继电器、位置指示器等辅助设备在本试验中不承受撞击。

7.8 密封试验

7.8.1 气体和真空的密封试验

7.8.1.1 概述

密封试验的目的是证明在标准周围空气温度为 20℃ 时绝对漏气率 F 不超过允许漏气率 F_p 的规定值。试验时可接受的周围空气温度为 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ 。

如果在相关的产品标准中要求了使用条件的温度限值下的密封试验,只要在温度回复到正常周围空气温度后,漏气率回复到不高于在正常的周围空气温度下的允许值,暂时提高的漏气率是允许的。该暂时提高的漏气率不应超过表 15 中给出的数值。

密封试验应在和运行中使用的同样的压力(密度)、同样的气体上进行。如果气体本身不可示踪,可以添加附加的示踪气体,例如氦。密封试验方法应合理,试验仪器应具有足够的灵敏度。见 GB/T 11023。

如果可能,试验应在完整的系统上进行。如果不可行,试验可以在部件、元件或分装上进行。这时,整个系统的漏气率应利用密封配合图(参见 GB/T 11023),由各部分漏气率的总和来确定。压力不同的分装之间可能的泄漏也应予以考虑。

装有机开关装置的开关设备和控制设备的密封试验应既在机械开关装置的合闸位置又在机械开关装置的分闸位置上进行,除非漏气率与主触头的位置无关。

漏气率的计算应采用累积泄漏量的测量方法,该方法考虑了给定总装的所有泄漏,以确定漏气率。

型式试验报告应包括下面这些资料：

- 试品的说明，包括它的内部容积和充入气体的性质；
- 完成的操作次数(如果适用)；
- 试品是在合闸位置还是在分闸位置(如果适用)；
- 试验开始时和结束时记录的压力和温度，以及补气的次数(如果需要)；
- 试验期间周围空气温度的数值；
- 压力(或密度)控制或监视装置的投入和切除压力整定值；
- 用来检测漏气率的仪表校验的说明；
- 测量的结果；
- 试验气体和评定试验结果用的换算因数(如果适用)。

通常，为了使用合适的试验方法，可参考 GB/T 11023—2018。

表 15 气体系统的允许漏气率

温度/℃	允许漏气率
最高使用温度(≥ 40 ℃)	$3F_p$
标准周围空气温度(20 ℃)	F_p
最低使用温度(直到并包含 -40 ℃的所有值)	$3F_p$
最低使用温度(小于 -40 ℃的所有值)	$6F_p$

7.8.1.2 气体的可控压力系统

检查相对漏气率 F_{rel} 的优选方法是通过在一段时间 t 内测量压力降 ΔP ，这段时间要长到足以确定压力降(在充气 and 补充压力范围之内)，在这段时间内补气装置不应工作。试验过程中应对周围空气温度的变化进行修正。

$$F_{rel} = \frac{\Delta P}{P_{re}} \times \frac{24}{t} \times 100 (\%/ \text{天})$$

$$N = \frac{\Delta P}{P_{re} - P_{rx}} \times \frac{24}{t}$$

式中：

ΔP ——经过时间 t 后 P_r 和 P_{in} 之间的压力降，单位为帕(Pa)， $\Delta P = P_r - P_{in}$ ；

P_{re} ——额定充入压力，绝对压力值，单位为帕(Pa)；

t ——试验持续时间，单位为小时(h)；

N ——每天补气次数；

P_{rx} ——报警压力，绝对压力值，单位为帕(Pa)；

P_{in} ——经过时间 t 后测量的压力，单位为帕(Pa)；

P_r ——充入压力，单位为帕(Pa)。

注：为了保持公式的线性， ΔP 和 $P_{re} - P_{rx}$ 具有同一数量级。

7.8.1.3 气体的封闭压力系统

GB/T 11023 中描述的扣罩法及局部包扎法与密封配合图 TC 组合可以用来计算气体的封闭压力系统的相对漏气率 F_{rel} 和补气时间间隔 t_r 。试验程序、测量灵敏度以及计算示例的详细信息也在 GB/T 11023 中给出。

如果测量漏气率没有超过表 15 规定的允许漏气率，偏差在 $\pm 10\%$ 以内，就认为密封试验是成功的。

在计算补气时间间隔时,应计入这一测量误差。

7.8.1.4 密封压力系统

密封压力系统的密封试验应按:

- a) 密封压力系统使用气体的开关设备

试验应按 7.8.1.3 的方法进行。

- b) 密封压力系统使用真空灭弧室的开关设备

对真空灭弧室没有要求特定的密封试验,因为它们的密封性在制造过程中已经验证且认为在其使用寿命期间漏气率为零。不过,如果特定的标准要求作为状态检查的密封试验(例如机械试验、低温和高温试验等),则需要验证真空的完整性,而不是密封试验。

真空的完整性可以通过绝缘状态检查试验来验证,见 7.2.12。

7.8.2 液体的密封试验

密封试验的目的是证明系统总的绝对泄漏率 F_{liq} 不超过允许泄漏率 $F_{p(lig)} c$ 。

试品应装上使用时带有的各种附件和规定的液体,安装得尽可能接近使用情况。

在极端温度下(如果相关标准要求进行这样的试验)和/或在操作过程中,泄漏率的增加是可以接受的,只要在温度回复到正常周围空气温度后和/或在操作完成后,泄漏率回复到起始的数值。暂时增加的泄漏率不应妨碍开关设备和控制设备的安全运行。

装有机开关装置的开关设备和控制设备的密封试验应既在机械开关装置的合闸位置又在机械开关装置的分闸位置上进行,除非泄漏率与主触头的位置无关。

对开关设备观测的时间应足以确定可能的泄漏或压力降 ΔP_{liq} 。这时,7.8.1.2 给出的计算公式是有效的。

作为替代,试验时可能采用和工作时不同的液体,但要求制造厂证明其合理性。

型式试验报告应包括下面这些资料:

- 试品的一般说明;
- 液体的性质和压力;
- 完成的操作次数(如果适用);
- 开关装置在合闸位置还是分闸位置(如果适用);
- 试验期间周围空气温度的数值;
- 用来检测泄漏率的仪表校验的说明;
- 测量的结果。

7.9 电磁兼容性试验(EMC)

7.9.1 发射试验

7.9.1.1 主回路的发射试验(无线电干扰电压试验,RIV)

如果相关的产品标准中有规定,无线电干扰电压试验仅适用于额定电压 252 kV 及以上的开关设备和控制设备。

试品应按 7.2.4 的规定安装。

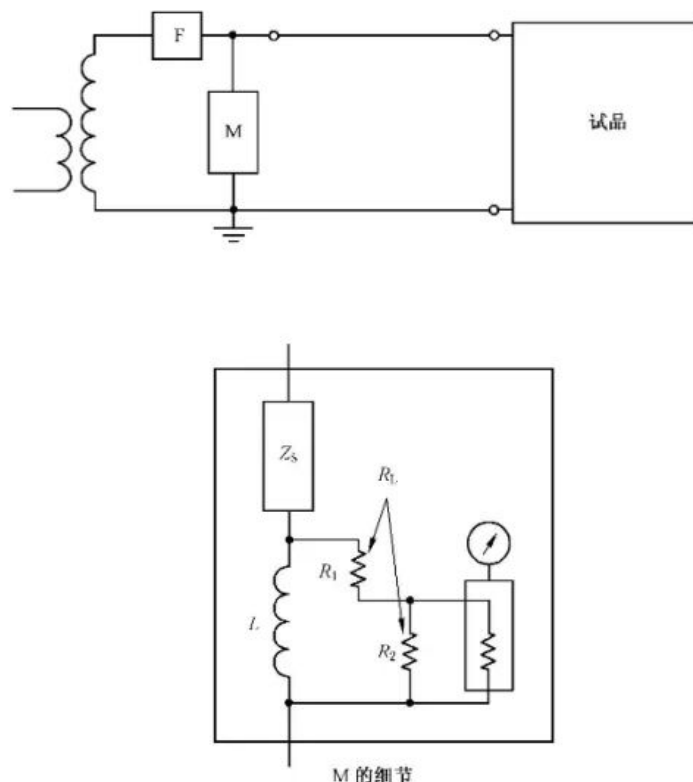
试验电压的施加应如下:

- a) 在合闸位置,端子与接地底座之间;
- b) 在分闸位置(如果有),一个端子与和接地底座相连的其他端子之间,如果开关装置不是对称的,要把连接倒换后再试。

箱壳、罐体、底座和其他正常运行时需接地的零部件应接地。

试品应是干燥的和清洁的,且其温度接近试验室的室温。试验期间,开关设备和控制设备应装有所有影响无线电干扰电压的附件,如均压电容器、电晕环、高压连接等。

测量回路(见图3)应遵照 GB/T 11604。测量回路的频率最好应调谐到 $0.5\text{ MHz} \pm 0.05\text{ MHz}$ 的范围内,但可以用 $0.5\text{ MHz} \sim 2\text{ MHz}$ 范围内的其他频率,要记录测量的频率。测量结果应以微伏(μV)表示。



说明:

F —— 滤波器;

R_z —— 测量装置和 R_2 并联组合后与 R_1 串联的等效阻抗;

Z_s —— 可以是电容器或者电容器和电感器串联组成的回路;

L —— 用来分流工频电流并且在测量频率下补偿杂散电容的阻抗。

图3 无线电干扰电压试验的试验回路图

优选的测量阻抗是 GB/T 11604 规定的值。如果使用的测量阻抗不同于 GB/T 11604 的规定值,它不该大于 $600\ \Omega$,也不小于 $30\ \Omega$ 。不论何种情况,相角不应超过 20° 。除了电容大的试品外,可假定测量电压正比于电阻,相对于 $300\ \Omega$ 的等值无线电干扰电压能够计算出来。对于电容大的试品,基于上述假定所作的修正可能不准确。因此,对装有套管(带接地法兰)的开关设备和控制设备(如落地罐式开关设备和控制设备)推荐用 $300\ \Omega$ 的电阻。

滤波器 F 在测量频率下应具有高阻抗,使得从受试的开关设备和控制设备看过去高压导体和接地点之间的阻抗不被旁路。

注:该滤波器也减小试验回路中的由高压变压器产生的或从外部电源拾取的射频电流。滤波器在测量频率下的合适阻抗值为 $10\ 000\ \Omega \sim 20\ 000\ \Omega$ 。

应采取适当的措施保证无线电干扰的背景噪声水平(由外部电场和由高压变压器在全试验电压下励磁时引起的无线电干扰水平)比给试品规定的无线电干扰水平至少低 6 dB。测量仪器的校正方法和

测量回路的校正方法分别在 GB/T 6113(所有部分)和 GB/T 11604 中给出。

应按照下述试验程序进行试验：

在试品上施加 $1.1U_r/\sqrt{3}$ 的电压，至少维持 5 min， U_r 是开关设备和控制设备的额定电压。

如果无线电干扰水平不超过 $2\,500\,\mu\text{V}$ ，应认为通过了试验。

由于无线电干扰电平可能受积存在绝缘子上的纤维和灰尘的影响，允许在测量前用干净的布擦拭绝缘子。试验时的大气条件应予以记录。如果测量到的 RIV 数值超过限值且相对湿度超过 80%，对试验结果存疑时，则应在相对湿度低于 80% 的条件下重复试验。

7.9.1.2 辅助和控制回路的发射试验

开关设备和控制设备的辅助和控制回路中如果包含有电子设备或元件，则应进行电磁发射试验。其他情况下，不要求试验。

对于开关设备和控制设备的辅助和控制回路，本标准中规定的 EMC 要求和试验较其他 EMC 技术规范优先。

试验仅在代表性的辅助和控制回路上进行，因为单个元件已经按照相关的标准(如果有)进行了试验。

作为辅助和控制回路一部分的电子设备，应满足 GB 4824 为 1 组 A 类设备所规定的关于射频发射的要求，不再规定其他的试验。把限值增加 10 dB，可以用 10 m 的测量距离代替 30 m 的测量距离。

7.9.2 辅助和控制回路的抗扰度试验

7.9.2.1 概述

如果开关设备和控制设备的辅助和控制回路中包含有电子设备和元件，则应进行电磁抗扰度试验。其他情况下，不要求试验。

试验在典型的辅助和控制回路上进行，元件应满足相关的标准(如果有)。

规定了以下的抗扰度试验：

- 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(见 7.9.2.2)，该试验模拟在辅助和控制回路中开合引起的工况；
- 阻尼振荡波抗扰度试验(见 7.9.2.3)，该试验模拟在主回路中开合引起的工况。

注：还有其他的 EMC 抗扰度试验，但在这里不作规定。

电磁抗扰度试验应在完整的辅助和控制回路或分装上进行。试验可在下述部位进行：

- 完整的辅助和控制回路；
- 分装，如汇控柜、操动机构箱等；
- 柜内的分装，如计量和监控系统。

在需要的较长内部连接或分装间可能存在显著的干扰电压的场合，强烈推荐对分装进行单独试验。对每一个可更换的分装，单独试验是强制性的。

试验电压应施加到辅助和控制回路或受试分装的界面上。

型式试验报告应清楚地说明受试的系统或分装。

7.9.2.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

电快速瞬变脉冲群抗扰度试验应按照 GB/T 17626.4 进行，重复率为 5 kHz。端口和接口的选择应符合 GB/T 17799.2。试验电压和耦合方式应按照表 16 选择。

表 16 电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验时电压的施加

界面	设备的关联性	试验电压 kV	耦合方式
电源端口	交流和直流电源线	2	CDN
机箱接地端口		2	CDN
信号端口	承载模拟和/或数字信号的 屏蔽或非屏蔽线路； 控制线路； 通信线路(如数据总线)； 测量线路(如 CT、VT 等)	2	CCC 或等效的耦合方法
其中： CDN:耦合/去耦网络。 CCC:容性耦合夹。			

7.9.2.3 阻尼振荡波抗扰度试验

应进行阻尼振荡波抗扰度试验,试验电压的波形和持续时间应按照 GB/T 17626.18 的要求。接口和端口的选择应符合 GB/T 17799.2。

阻尼振荡波抗扰度试验应在 100 kHz 和 1 MHz 下进行,频率的相对允差为 $\pm 30\%$ 。

试验应对共模和差模进行。试验电压和耦合方式应按照表 17 选择。

表 17 阻尼振荡波抗扰度试验时电压的施加

界面	设备的关联性	试验电压 kV	耦合方式
电源端口	交流和直流电源线	差模:1.0 共模:2.5	CDN CDN
信号端口	承载模拟和/或数字信号的 屏蔽或非屏蔽线路； 控制线路； 通信线路(如数据总线)； 测量线路(如 CT、VT 等)	差模:1.0 共模:2.5	CDN CDN 或等效的耦合方法
其中： CDN:耦合/去耦网络。			

7.9.2.4 试验中和试验后二次设备的性能

辅助和控制回路应耐受 7.9.2.2 和 7.9.2.3 规定的每一试验而不出现永久的损坏。试验后系统仍应能完全运行。按照表 18,某些部件功能的暂时丧失是允许的。

表 18 瞬态干扰的抗扰度试验的评估判据

功能	判据
保护, 电讯保护	A
报警	B
监督	B
命令和控制	A
测量	B
计数	A
数据处理: 用于高速保护系统 一般应用	A B
信息	B
数据存储	A
处理	B
监控	B
人机界面	B
自诊断	B
处理、监控和自诊断功能如果是在线连接的, 并且是命令和控制回路的一部分, 应满足判据 A。	
其中: A: 技术规范限值内的正常性能; B: 能够自恢复的功能或性能的暂时劣化或丧失。	

7.9.3 辅助和控制回路附加的 EMC 试验

7.9.3.1 概述

下述试验的目的是验证完整装置, 而不是在元件上重复单个试验。因此, 对于符合其相关产品标准和相关额定值的元件, 试验不必重复。

7.9.3.2 直流电源输入端口纹波抗扰度试验

本试验应按照 GB/T 17626.17 进行。试验水平应为 2 级, 纹波频率等于 3 倍的额定频率(f_r)。

评价判据是: “技术规范限值内的正常性能”(判据 A)。

7.9.3.3 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

交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应按照 GB/T 17626.11 进行, 直流电源输入端口按照 GB/T 17626.29 进行。

相关的接受判据在 6.4.1 中给出。

7.10 辅助和控制回路的附加试验

7.10.1 概述

对于符合其相关产品标准和相关额定值的元件,试验不必重复。

7.10.2 功能试验

应对所有辅助和控制回路进行功能试验,以验证与开关设备和控制设备的其他元件连在一起的辅助和控制回路的正确功能。试验程序取决于辅助和控制回路的特征和复杂性。它们应在 6.4.1 确定的供电电压的上限和下限时进行。

对于辅助和控制回路、分装和元件,如果它们全部参与了对开关设备和控制设备施加的试验或者在相关的环境下的试验,则操作试验可以免去。

7.10.3 辅助触头动作特性的验证

7.10.3.1 概述

除非设备作为功能单元通过了整个型式试验,否则,包含在辅助回路中的辅助触头应进行下述试验。

7.10.3.2 辅助触头的额定连续电流试验

本试验验证了预先闭合的辅助触头能够连续承载的电流的额定值。

回路的开合方式应与受试触头无关。试验程序在 7.5.3.2 中规定。触头应承载符合表 8 的相应等级的额定连续电流,根据触头材料和工作环境,不超过表 14 中的温升。

7.10.3.3 辅助触头的额定短时耐受电流试验

本试验验证了预先闭合的辅助触头在规定的短时间内承载电流的能力。

回路的开合方式应与受试触头无关。触头应在阻性回路中承载符合表 8 的相应等级的额定短时耐受电流 30 ms。在电流开始后的 5 ms 内应达到要求的电流值。试验电流幅值的相对偏差为 $+5\%$,试验电流持续时间的偏差为 $+10\%$ 。

本试验应重复进行 20 次,两次试验之间间隔时间 1 min。试验前后应在表 8 中规定的 50% 额定连续电流下测量触头电阻值,两次测量触头都应在周围空气温度下。

满足下列要求则认为试验通过:

- 试验后,电阻的增加小于 20%;
- 或者,如果超过 20%,应按照 7.5.3.2 进行连续电流试验,并应成功通过。

7.10.3.4 辅助触头的开断能力试验

本试验验证辅助触头的开断能力。

回路的接通方式应与受试触头无关。触头应在感性回路中承载符合表 8 的相应等级的电流 5 s 并将其开断。试验电压的偏差为 $+10\%$,试验电流幅值的偏差为 $+5\%$ 。

对于所有等级,回路的时间常数应不小于 20 ms,偏差为 $+20\%$ 。

本试验应重复进行 20 次,两次试验之间间隔 1 min,在每 1 min 间隔时间内恢复电压应持续,最后一次开断后恢复电压应保持 300 ms $\pm$ 30 ms。试验前后应在表 8 中规定的 50% 额定连续电流下测量触

头电阻值,两次测量触头都应在周围空气温度下。

满足下列要求则认为试验通过:

- 试验后,电阻的增加小于 20%;
- 或者,如果电阻的增加超过 20%,应按照 7.5.3.2 进行连续电流试验,并应成功通过。

7.10.4 环境试验

7.10.4.1 概述

除非另有规定,加热元件(若有)应处于待用状态。

下述试验为独立的型式试验。

试验结束后(除了振动试验),应检查辅助和控制回路以确保其功能符合设计要求。在进行功能检查之前,试验期间和试验后辅助和控制回路都应带电并保持在运行状态。

如果由于特殊的环境条件,要求进行 7.10.4 以外的其他环境试验,适用时,这些试验应按照 GB/T 2423 (所有部分)进行。

7.10.4.2 低温试验

低温试验应在第 4 章规定的使用条件下,按照 GB/T 2423.1—2008 的试验 Ad 进行。试验温度应为最低周围空气温度且试验持续时间应为 16 h。

7.10.4.3 高温试验

高温试验应在第 4 章规定的使用条件下,根据辅助回路的配置按照 GB/T 2423.2—2008 的试验 Be 进行。试验温度应为最高的周围空气温度且试验持续时间应为 16 h。

7.10.4.4 交变湿热试验

交变湿热试验应按照 GB/T 2423.4—2008 的试验 Db 进行。上限温度为第 4 章规定的最高周围空气温度,温度循环的次数为 2 次。在标准的大气条件下,变量 2 可以用于温度降低阶段和恢复阶段。不应采取专门的措施除去表面的湿气。

7.10.4.5 振动试验

因相应的开关设备和控制设备的操作可能引起振动,振动试验应按 GB/T 11287 进行,试验的参数取严酷度等级为 1 的参数。

辅助和控制回路应耐受振动试验而不产生永久的损坏。试验后,仍然应能操作。如果满足表 18 中的判据,试验期间部分功能的暂时丧失是允许的。

如果辅助和控制设备的总装已经在完整的开关设备和控制设备中进行了相关的机械寿命试验,则该试验可以免去。

7.10.4.6 状态检查

在每项型式试验后,应按照 7.10.5 进行工频电压试验以确认试验期间试品的性能没有降低。

在同一试品上进行 7.10.4 规定的所有型式试验时,该状态检查可以仅在所有型式试验结束时进行一次。

7.10.5 绝缘试验

开关设备和控制设备的辅助和控制回路应承受工频电压试验。试验应按照下述进行:

- a) 连接在一起的辅助和控制回路和开关装置底座之间；
- b) 如果可行，正常运行中可以和其他部分绝缘的辅助和控制回路的每一部分和与底座连接在一起的其他部分之间。

应按照 GB/T 17627 进行工频电压试验。试验电压应为 2 kV，持续时间 1 min。

制造厂同意时可接受直流电压试验，试验电压应为 2.8 kV，持续时间 1 min。

如果试验期间没有出现破坏性放电，则认为开关设备和控制设备的辅助和控制回路通过了试验。

如果辅助和控制回路中使用的电动机和其他器件(例如电子设备)已按其相关的规范进行了试验，在这些试验中应将它们隔离。

7.11 真空灭弧室的 X 射线试验

7.11.1 一般要求

7.11.1.1 受试真空灭弧室的条件

X 射线发射水平试验应在新的真空灭弧室上进行。

如果该型真空灭弧室作为元件成功地通过了试验，则不要求对开关设备和控制设备进行 X 射线发射试验。

7.11.1.2 试品的安装

真空灭弧室应安装在试验定位支架上，试验定位支架的设计应使得触头开距可以调整到安装在开关设备和控制设备中的最小距离。设计运行在不同于空气的绝缘介质(例如油或 SF₆)中的真空灭弧室可以在这类介质中进行试验，如有必要，可以耐受试验电压。

绝缘介质的容器应由具有辐射抑制作用的绝缘材料构成，其辐射抑制作用不大于 9.5 mm 厚度的甲基丙烯酸甲酯能够提供的辐射抑制作用。真空灭弧室和辐射测量仪之间的绝缘介质应为绝缘要求的最小值。

7.11.1.3 辐射测量仪

应使用具有下述最低技术要求的射频屏蔽辐射测量仪：

——精度：测量范围为 5 μ Sv/h~150 μ Sv/h，全范围内精度为 $\pm 25\%$ ，响应时间不超过 15 s。

——能量响应范围：25 keV~0.5 MeV。

注：辐射测量仪的选择与试验电压和在规定的能量响应范围内探头的灵敏度有关。

7.11.1.4 辐射测量仪的位置

辐射测量仪的传感元件应位于分离的触头平面内并指向触头。辐射测量仪和真空灭弧室壁之间的优选距离为 1 m，但也可采用最大到 15 m 的距离。在这种情况下，仪器的读数应采用如下平方反比公式调整：

$$R(1\text{ m}) = R(d) \cdot d^2$$

式中 $R(d)$ 为在距真空灭弧室外表面 d (单位：m) 处测量的辐射水平。

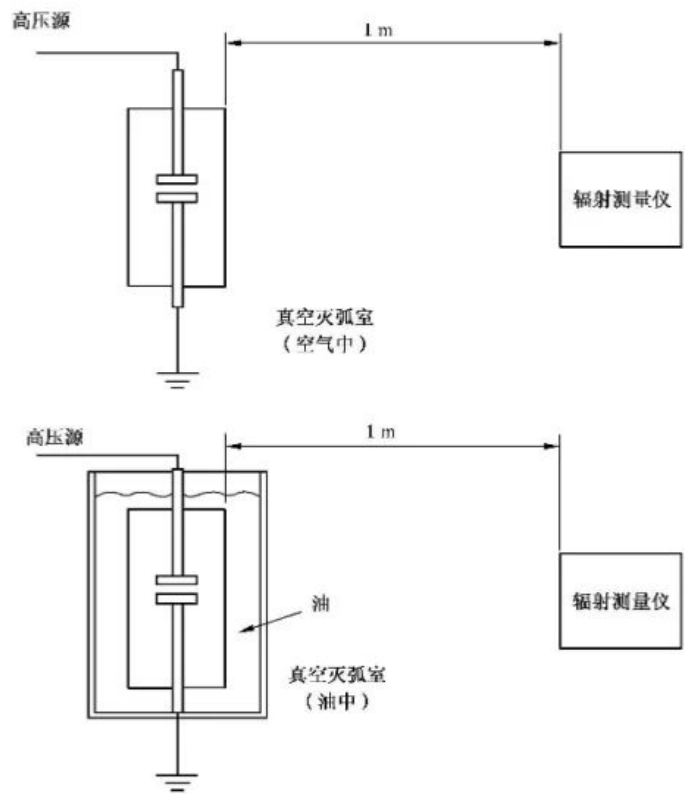


图 4 辐射测量仪的位置

7.11.2 试验电压和测量程序

真空灭弧室安装在试验定位支架上,触头分离在规定的最小触头间距处且辐射测量仪就位(见图 4),试验电压等于开关设备和控制设备的额定电压 U_r ,并施加在真空灭弧室触头的两端。经过最短 15 s 后,应按照 7.11.3 读取辐射测量仪上的辐射水平。

接下来,将真空灭弧室触头两端的电压升高到等于表 1~表 3 中给出的额定短时工频耐受电压通用值 U_d ,经过最短 15 s 后,辐射测量仪上的辐射水平应记录在试验报告中。

7.11.3 接受判据

在额定电压 U_r 下,距离 1 m 处,真空灭弧室发射的 X 射线不应超过 $5 \mu\text{Sv/h}$ 。

对于在额定电压小于 72.5 kV 的开关设备和控制设备中使用的真空灭弧室,在额定短时工频耐受电压 U_d 下,距离 1 m 处,发射的 X 射线不应超过 $150 \mu\text{Sv/h}$ 。

对于在额定电压 72.5 kV 及以上的开关设备和控制设备中使用的真空灭弧室,应在额定短时工频耐受电压 U_d 下测量发射的 X 射线。如果距离 1 m 处的测量值超过 $150 \mu\text{Sv/h}$,则制造厂应声明实际值。

注:进行真空灭弧室断口间的工频耐受电压试验后,该声明值可以用来构建符合当地法规的安全工作环境。

8 出厂试验

8.1 概述

出厂试验是为了发现材料和结构中的缺陷,出厂试验不会损坏产品的性能和可靠性。出厂试验应

在制造厂任一合适可行的地方对每台制成的设备进行。根据协议,任何出厂试验都可以在现场进行。

本标准规定的出厂试验项目包括:

- a) 主回路的绝缘试验,按 8.2;
- b) 辅助和控制回路的试验,按 8.3;
- c) 主回路电阻的测量,按 8.4;
- d) 密封试验,按 8.5;
- e) 设计检查和外观检查,按 8.6。

可能需要进行一些附加的出厂试验,如果需要,在有关的产品标准中予以规定。

如果开关设备和控制设备在运输前不完成总装,那么应对所有的运输单元进行单独的试验。在这种情况下,制造厂应证明这些试验的有效性(例如,漏气率、试验电压、部分主回路的电阻)。

8.2 主回路的绝缘试验

应进行短时工频电压干试验。除了单极或运输单元,试验应按 GB/T 16927.1—2011 和 7.2 进行。对气体的封闭压力系统,试验应在绝缘用的最低功能压力(密度)或以上进行;对于密封压力系统,试验应在绝缘用的额定充入压力(密度)下进行。

试验电压应是表 1~表 4 栏(2)规定的额定短时工频耐受电压。

如果开关设备和控制设备的绝缘仅由实心绝缘子和处在大气压力下的空气提供,只要检查了导电部分之间(极间、断口间以及导电部分和底座间)的尺寸,工频电压试验可以省略。

尺寸检查的基础是尺寸(外形)图,这些图样是特定的开关设备和控制设备的型式试验报告的一部分(或是在型式试验报告中被引用)。因此,在这些图样中应给出尺寸检查所需的全部数据,包括允许的偏差。

8.3 辅助和控制回路的试验

8.3.1 辅助和控制回路的检查以及电路图和接线图一致性的验证

材料的特性、装配的质量、成品以及必要时的防腐涂层应予以检查。有必要通过外观检查来检查隔热设施(如果有)。

应对执行器、联锁和挂锁等进行外观检查。

应检查外壳内的辅助和控制回路元件的正确安装。应检查连接外部接线用的工具的位置,以保证多芯电缆的芯线的分开和导体的正确连接所需的接线空间。

应检查导体和电缆的正确路径。特别应注意保证,由于靠近尖锐的零部件或加热元件、或者由于运动部件的运动,不会对导体和电缆引起机械损伤。

元件和端子的标识以及如果适用时的电缆和接线的标识应予以确认。另外,应检查辅助和控制回路和电路图及接线图的一致性。

8.3.2 功能试验

如果在相关的产品标准中规定了功能试验,它们应在辅助和控制回路上进行,以验证与开关设备和控制设备其他部分相连的辅助和控制回路的正确功能。试验程序取决于开关装置的辅助和控制回路的特征和复杂性。

如果在整个开关设备和控制设备的试验期间对辅助和控制回路、分装和元件试验过,则这些操作试验可以免去。

8.3.3 电击防护的验证

应对直接接触及主回路的防护和易于接触的辅助和控制设备在正常运行期间的安全触及性进行检

查。优先的方法是外观检查。

如果认为外观检查不能确定接地金属部件的电气连续性,应采用 7.4.3 中规定的替代程序。

8.3.4 绝缘试验

仅应进行工频电压试验。试验应在与 7.10.5 中所述的相同条件下进行。

试验电压为 2 kV,持续时间为 1 min;或试验电压为 2.5 kV,持续时间为 1 s。

8.4 主回路电阻的测量

对于出厂试验,主回路每极直流电压降或电阻的测量,应尽可能在与相应的连续电流试验前测量相似的条件(周围空气温度和测量部位)下进行。试验电流应在 7.4.4 规定的范围内。

测得的电阻不应超过 $1.2R_0$,这里 R_0 等于连续电流试验前测得的电阻。

在成套装配的情况下,可能有必要根据相关的型式试验计算预期的电阻值。

8.5 密封试验

8.5.1 概述

出厂试验应在周围空气温度下、在绝缘用的最低功能压力(或密度)或以上进行,以证明开关设备的部件、元件或分装符合 6.16 和 6.17 的密封性判据。

8.5.2 气体的可控压力系统

试验程序与 7.8.1.2 一致。

8.5.3 气体的封闭压力系统

试验可以在制造过程或现场装配的不同阶段,对部件、元件和分装进行。

对于在工厂进行出厂试验的部件或者分装,累积试验是优选的方法。

对于在工厂进行出厂试验的充气系统,检漏试验可以采用探头。如果检查到任何泄漏,则认为试验失败或者采用累积法量化泄漏。

对于在现场进行的出厂试验,采用探头的检漏试验是优选方法。

探头的灵敏度至少应为 $10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

8.5.4 密封压力系统

根据绝缘介质,考虑了两种情况:

a) 密封压力系统使用气体的开关设备

试验程序与 7.8.1.4a)一致。

带质谱仪的密封示踪气体试验作为替代的试验程序,见 GB/T 2423.23。

b) 密封压力系统使用真空灭弧室的开关设备

按照相关产品标准的要求,应在出厂机械试验后按照 7.2.12 进行绝缘试验来验证真空的密封性。

8.5.5 液体密封试验

出厂试验应在正常的周围空气温度下,在完全装配好的开关设备和控制设备上进行。分装的试验也是允许的,这时,应在现场进行最终检查。

试验方法和型式试验方法一致(见 7.8.2)。

8.6 设计检查和外观检查

应对开关设备和控制设备的设计和外观进行检查,以证明它们符合买方的技术条件(如果有)。

9 开关设备和控制设备的选用导则

9.1 概述

根据开关设备和控制设备所涵盖的应用,本章给出了适当选择额定值和参数的一般导则。附录 I 简要给出了规定开关设备和控制设备额定值时需要考虑的因素。

9.2 额定值的选择

按照本标准选择额定值时应考虑系统的特性以及潜在的未来发展。额定值清单在第 5 章中给出。

对于大多数额定电压,允许存在几个额定绝缘水平以便用于不同的性能判据或过电压类型。所做的选择应考虑暴露给快波前和缓波前过电压的程度,系统中性点的接地类型以及过电压限制装置的类型(见 GB/T 311.2—2013)。其他参数,例如当地的大气和气候条件以及在海拔超过 1 000 m 的使用也应予以考虑。

宜通过计算开关设备和控制设备在系统中所处位置的故障电流来确定故障条件所产生的负荷。在此方面,可以参考 GB/T 15544.1 和 GB/T 15544.2。

9.3 电缆接口方面

对于电缆连接,在额定连续电流时端子处的最高温度应低于电缆绝缘和电缆终端的温度限值。

9.4 运行条件改变引起的持续和暂时过载

可能要求设备在一段短时间内承载高于其额定连续电流的负荷电流;或者,如果环境温度有利时,使得设备的温度不超过表 14 中规定的最高温度值时承载高于其额定连续电流的电流。参见 IEC TR 62271-306。

注:对于某些装置(例如,负荷开关),暂时过载电流可能导致超过开关设备开合能力的负荷电流。

9.5 环境方面

9.5.1 运行条件

所选的开关设备和控制设备及其相关的操动机构和辅助设备应针对用户要求的特定运行条件来设计和确认,或者进行适当的布置。

9.5.2 受运行条件影响的间隙

如果环境(如积雪、积沙等)相关的变化可能危害到电气间隙,使电气间隙接近运行的最低要求,则应考虑采用增加的电气间隙。

9.5.3 高湿度

对于在 4.1.2e)中给出的正常使用条件,凝露可能偶尔会出现在户内开关设备和控制设备上。

为了耐受高湿度和凝露的影响(例如绝缘击穿或金属件的腐蚀),应使用按此类条件设计的开关设备。

可以通过建筑物或房屋的特殊设计、适当的通风以及站加热或者通过使用除湿设备来防止凝露。

包括在开关设备内采用带有温度/湿度计的加热器。

高湿度也可能来自地面的雨水,或者地下网络的电缆连接应用场合与开关设备连接电缆的进线通道。

9.5.4 太阳辐射

在一定的太阳辐射水平下,为了不超过规定的温度和压力升高限值,适当的措施(例如,加盖屋顶、强制通风等)可能是必要的,或者可以降容使用。模拟吸收日光的试验可以用来证明是否需要采取措施或降容。

10 查询、投标和订货时提供的资料

10.1 概述

本章的目的是确定能够使用户对设备进行适当地询问并能够使供应商提供充分的标书所需要的资料。

再则,能够使用户对不同供应商的投标文件进行比较和评估。

注:供应商既可以是制造厂,也可以是合同方。

询问和订购开关设备和控制设备时,询问者至少应提供下述资料。

附录 I 以表格的形式给出了类似的信息项以便使用。

10.2 询问单和订单的资料

下面列出的信息,如果适用,宜由询问者/用户给出。

a) 系统特征:

标称电压和最高电压,频率,系统接地类型。

b) 如果不同于正常的运行条件(见第 4 章):

任何偏离正常使用条件或影响设备满意运行的条件。

在这种情况下,高压交流开关设备和控制设备及其相关的操动机构和辅助设备应针对用户要求的任何特殊使用条件来设计和确认,或者进行适当的布置。

c) 设施及其元件的特征:

1) 户内或户外设施;

2) 极数;

3) 母线数量,如单线图所示的;

4) 额定电压;

5) 额定频率;

6) 额定绝缘水平 $[(U_d, U_p \text{ 和 } U_k \text{ (适用时)}]$;

7) 母线和馈线的额定连续电流;

8) 额定短时耐受电流 (I_k) ;

9) 额定短路持续时间(不同于 2 s 时);

10) 额定峰值耐受电流(如果不同于 $2.5I_k$);

11) 元件的额定值(例如,总装中的 VT 或 CT,总装中的各个功能单元);

12) 外壳和隔板的防护等级;

13) 线路图。

d) 操动机构的特征:

1) 操动机构的型式;

- 2) 额定供电电压(如果有);
- 3) 供电电压额定频率(如果有);
- 4) 额定压缩气源压力(如果有);
- 5) 特殊的联锁要求;
- 6) 要求的可用辅助触头的数量(用户应规定需要的触头性能)。

作为对这些项目的补充,询问者宜指明可能影响标书或订单的所有条件,例如,特殊的安装或安装条件,外部的高压连接的位置或压力容器的任何特定规程,电缆试验要求以及如果适用,地震中或者地震后功能是否应保持。

如果要求型式试验报告或者其他一致性评估相关的文件,宜提供资料。

10.3 标书的资料

如果适用,应由制造厂提供下述列出的资料的说明和草图。

- a) 额定值和特性,和 10.2c) 中列举的一样。
- b) 结构特征,例如:
 - 1) 最重的运输单元的质量;
 - 2) 设施的总体尺寸;
 - 3) 外部连接的布置;
 - 4) 外部扩展(如果适用);
 - 5) 运输和安装设施;
 - 6) 安装规程;
 - 7) 可触及的侧面;
 - 8) 安装、运行、维护的说明书;
 - 9) 气体压力系统或液体压力系统的类型;
 - 10) 额定充入水平/压力和最低功能水平/压力;
 - 11) 不同隔室流体的体积或质量;
 - 12) 流体的具体说明。
- c) 操动机构的特征:
 - 1) 类型和额定值,和 10.2d) 中列举的一样;
 - 2) 动作的电流和功率;
 - 3) 动作时间;
- d) 用户应采购的建议的备件清单。
- e) 询问单中要求的任何其他文件或信息。

11 运输、储存、安装、运行和维护规则

11.1 概述

按照制造厂给出的说明书来进行开关设备和控制设备的运输、储存和安装,以及它们在使用中的运行和维护是十分重要的。

因此,制造厂应提供开关设备和控制设备的运输、储存、安装、运行和维护说明书的适用版本。运输和储存说明书应在交货前的适当时间提供,而安装、运行和维护说明书最迟应在交货时提供。操作手册最好是有别于安装和维护手册的独立文件。

在这里不可能详细地列出制造出的每种不同型式设备的安装、运行和维护的全部规则,但是下面给出的资料,对制造厂提供的说明书来说,认为是十分重要的。

11.2 运输、储存和安装时的条件

如果在运输、储存和安装时不能保证订货单中规定的使用条件(温度和湿度),制造厂和用户应就此达成专门的协议。为了在运输、储存和安装中以及在带电前对绝缘进行保护,以防由于雨、雪或凝露等而吸潮,采取特殊的预防措施可能是必要的。运输中的振动也应予以考虑。这些应由制造厂给以适当的说明。

根据用户的要求,用于维护的需要长期储存的部件,制造厂应给出特殊包装的建议。

11.3 安装

11.3.1 概述

对于每种型式的开关设备和控制设备,制造厂提供的说明书至少应包括 11.3.2~11.3.9 相关内容。

11.3.2 开箱和起吊

每一台完整的设备应提供足够的起吊设施并且标注(外部)清楚起吊的方法。设备装配完好后应标注(外部)其最大的质量(单位:kg)。专门的起吊设备应能够吊起每个运输单元的质量,并应在安装使用说明书中明确专门的规则(例如,不打算放在户外需要现场搬移的起吊固定夹/螺栓)。

应提供要求的开箱资料。

11.3.3 总装

如果开关设备和控制设备不是完全装配后发运的,所有的运输单元应清晰地加以标记。将它们总装起来的图样应随同开关设备和控制设备一起提供。

11.3.4 安装上位

开关设备和控制设备、操动机构和辅助设备安装上位用的说明书应包括定位件和基础的详细说明,以便完成现场的准备工作。

这些说明还应包括:

- 包括灭弧或绝缘流体的设备的总质量;
- 灭弧或绝缘流体的质量;
- 需要单独起吊的每个单元的质量。

11.3.5 连接

说明书应包括的资料:

- 导体的连接,包括为防止在开关设备和控制设备上产生过热和不必要的变形以及提供适当的电气间隙所需的建议;
- 辅助回路的连接;
- 如果有,液体或气体系统的连接,包括管道尺寸和布置;
- 接地连接;
- 用户可用的辅助触头。

11.3.6 可控和封闭压力系统用气体和混合气体的信息

对于充有混合气体的可控和封闭压力系统,不同气体的百分比及其相应的容差应由制造厂确定,并考虑到测量的不确定度和处理。适当的气体处理程序在 GB/T 28537 中规定。

交接或维护期间,充气开关设备和控制设备在绝缘用的额定充入压力(密度)下,最大允许的湿度分量应通过露点测量检查,在不同于 20℃ 进行测量时,应按照制造厂的说明书采用适当的校正系数。

使用新的或者使用过的气体充入或者再充入的设备,最大允许湿度分量应使得开关设备内部的露点不高于:

- 对于有吸附材料的设备, -10℃;
- 对于无吸附材料的设备, -15℃。

交接或维护期间,在绝缘用的额定充入压力(密度)下在 20℃ 时进行测量。

注 1: 交接期间的这些露点值期望得到运行寿命期间低于 -5℃ 的露点值(在 20℃ 测量时)。

注 2: 因为随着温度变化气体和固体材料之间可能的水分交换,会改变测量值,所以,规定了在给定温度下测量露点。

注 3: 露点的测量和确定的示例在 GB/T 5832.2 中给出。

11.3.7 安装竣工检验

开关设备和控制设备安装完毕和完成所有的连接后应进行检查和试验,应提供检查和试验的说明。这些说明应包括:

- 为建立正确运行,建议的现场试验计划;
 - 为了达到正确的运行,可能需要进行调整的程序;
 - 为了帮助作出将来维修的决定,建议进行并记录的有关测量项目;
 - 对于气体的封闭压力系统所有现场装配的连接,现场的定性密封性(探漏)试验程序按照 8.5.3 进行;
 - 最终检查和投入使用的说明。
- 电磁兼容性现场测量的导则在附录 J 中给出。

11.3.8 用户的基本输入数据

这些数据应包括:

- a) 进入就地现场的限制;
- b) 当地的工作条件和任何可能适用的限制(例如,安全性设备,正常的工作时间,监督者的统一要求,制造厂的和当地的安装人员等);
- c) 起吊和装卸设备的能力及可用性;
- d) 当地人员的可用性、数量和经验;
- e) 在安装和交接试验期间可能适用的专门的压力容器规程和程序;
- f) 高压电缆和变压器的接口要求;
- g) 现有开关设备和控制设备扩展的情况下:
 - 现有的一次和二次设备内部可行的扩展规则;
 - 适用的运行条件和操作限制;
 - 当地适用的安全规程。

11.3.9 制造厂的基本输入数据

这些数据应包括:

- a) 安装和装配必需的空间;
- b) 元件和试验设备的尺寸和重量;
- c) 洁净安装和准备区域的洁净度和温度方面的现场条件;

- d) 安装要求的当地人员的数量和经验;
- e) 安装和交接的时间和活动计划;
- f) 安装和交接用的电源、照明、水和其他需要;
- g) 安装和服务人员的培训建议;
- h) 充气(混合气体)程序和露点验证,如果需要;
- i) 现有的开关设备和控制设备扩展的情况下:
 - 与安装计划相关的现有元件的停运要求;
 - 安全保证。

11.4 运行

制造厂给出的运行说明应包括以下资料:

- 设备的一般说明,要特别注意它的特性和运行的技术说明,使用户充分了解所涉及的主要原理;
- 设备安全性能以及联锁和挂锁操作的说明;
- 和运行有关的,为了对设备进行操作、隔离、接地、维修和试验所采取的行为的说明;
- 应给出有关的防腐蚀措施。

11.5 维修

11.5.1 概述

维修的有效性主要取决于制造厂编写的说明书的内容和用户贯彻执行说明书的程度。

11.5.2 维护手册应包含的气体和液体的信息

如果适用,制造厂应提供下述信息:

- a) 开关设备和控制设备所用的液体的类型以及要求的质量和数量;
- b) 开关设备和控制设备所用的气体的类型以及要求的质量和数量。

11.5.3 对制造厂的建议

制造厂应负责从开关设备和控制设备制造完成之日起,在不少于10年内保证维护所需的零部件的持续可供。

制造厂应知会特定类型的开关设备和控制设备的购买者关于系统缺陷和运行中出现的失效时所要求的正确行为。

制造厂的维修手册应包括下面列出的资料。

- a) 维修的范围和频度。为此应考虑的因素如下:
 - 1) 开合操作(电流和次数);
 - 2) 总的操作次数;
 - 3) 使用时间(断续的时间间隔);
 - 4) 环境条件;
 - 5) 地震后的工作(如果适用);
 - 6) 测量和诊断试验(如果有)。
- b) 维修工作的详细说明:
 - 1) 推荐进行维修工作的场所(户内、户外、工厂、现场等);

- 2) 检查、诊断试验、检验和检修的程序;
 - 3) 参考图样;
 - 4) 参考零部件号;
 - 5) 专用设备或工具的使用;
 - 6) 要注意的事项(例如清洁度和有害的电弧分解物的可能影响);
 - 7) 润滑的步骤。
- c) 对维修至关重要的开关设备和控制设备细节的综合性图样,图样上要有总装、分装和重要零件的清晰标识(零部件图号和说明)。
- 注:说明在总装和分装中相对位置时,常见的方法是采用放大的详细图纸。
- d) 运行或日常维护期间能够测量到的极限值和允许偏差,如果超出,要进行必要的校正,例如:
- 1) 压力,密度,气体混合物的容差;
 - 2) 电阻和/或电容(主回路的);
 - 3) 操作时间;
 - 4) 主回路电阻;
 - 5) 绝缘液体或气体的特性;
 - 6) 液体或气体的数量和质量(见 GB/T 8905 和 GB/T 28537 中对 SF₆ 的规定);
 - 7) 符合 11.3.6 规定的开关设备隔室内部的露点;
 - 8) 磨损零件的允许磨损;
 - 9) 转矩;
 - 10) 主要尺寸。
- e) 辅助维修材料的规格,包括对已知的不相容材料的警告:
- 1) 油脂;
 - 2) 油;
 - 3) 流体;
 - 4) 清洁剂和去油剂。
- f) 专用工具、起吊和维修用设备的清单。
- g) 维修后的试验。
- h) 推荐的备件(说明、编号、数量)清单和储存建议。
- i) 按照既定时间表进行维修时,有效计划维修时间的估计。
- j) 在设备运行寿命终了时,计及环境的要求,怎样对设备进行处理。

11.5.4 对用户的建议

如果用户希望自行维修,应遵守制造厂的维修手册。

用户应记录下列的信息:

- 开关设备和控制设备的出厂编号和型号;
- 开关设备和控制设备投入使用的日期;
- 所有的测量和试验(包括开关设备和控制设备在寿命期内进行的诊断试验)的结果;
- 进行维修工作的日期和范围;
- 使用的历史,动作计数器的定期记录和其他需要说明的事项(例如短路操作);
- 所有可参考的失效报告。

如果出现失效或缺陷,应建立一份失效报告,并应向制造厂说明特别的细节和采取的措施。根据失

效的性质,用户应和制造厂一起做出失效分析。

11.5.5 失效报告

失效报告的目的是使开关设备和控制设备的失效记录标准化,它的目标如下:

- 采用共同的术语描述失效;
- 为用户的统计资料提供数据;
- 向制造厂反馈有意义的信息。

以下给出如何建立失效报告的指导。

失效报告应包括下述几点:

- a) 失效开关设备的确认:
 - 1) 变电站的名称;
 - 2) 开关设备的确认(制造厂,型号,出厂编号,额定值);
 - 3) 开关设备的种类(空气,少油,SF₆,真空);
 - 4) 使用场所(户内,户外);
 - 5) 外壳;
 - 6) 操动机构(液压,气动,弹簧,电动机,电磁力,人力),如果适用。
- b) 开关设备的历史:
 - 1) 设备投运日期;
 - 2) 失效/缺陷出现的日期;
 - 3) 操作循环总数,如果适用;
 - 4) 上次维修的日期;
 - 5) 出厂以来对设备进行的任何改动的细节;
 - 6) 上次维修以来操作循环的总数;
 - 7) 发现失效/缺陷时开关设备的状态(运行,维修等)。
- c) 对主要的失效/缺陷负责的分装/元件的确认:
 - 1) 高电压作用的元件;
 - 2) 电气控制和辅助回路;
 - 3) 操动机构,如果适用;
 - 4) 其他元件。
- d) 推测的促使失效/缺陷发生的因素:
 - 1) 设备的误操作或者误用;
 - 2) 环境条件(温度,风,雨,雪,冰,污秽,雷击等)。
- e) 失效/缺陷的分类:
 - 1) 重失效;
 - 2) 轻失效;
 - 3) 缺陷。
- f) 失效/缺陷的起源和原因:
 - 1) 起源(机械的,电气的,密封性,如果适用);
 - 2) 原因(设计,制造,说明书不够详细,不正确的安装上位,不正确的维修,负荷超过规定值等);
 - 3) 设备的误操作或误用。

g) 失效或缺陷的后果:

- 1) 开关设备停工时间,即设备处于停工状态的时间间隔;
- 2) 修理用去的时间;
- 3) 劳动力的花费;
- 4) 备件的花费。

失效报告可以包括以下内容:

- 图样,草图;
- 损坏元件的照片;
- 变电站的单线图;
- 运行情况和时间顺序;
- 记录和图表;
- 参考的维修或运行手册。

12 安全

12.1 概述

符合适用的产品标准的高压交流开关设备和控制设备,按有关的规程包括制造厂提供的那些文件安装,并按制造厂的说明书(见第 11 章)使用和维修时,它才能够安全地工作。

通常只有指派的人员才可以接近高压交流开关设备和控制设备。仅允许技术熟练的人员来使用和维修。如果对接近开关设备和控制设备不加限制,就需要有附加的安全性能。

符合产品标准的高压交流开关设备和控制设备在应对可能危害人员的外部影响方面提供了高的安全水平,主要是因为高压部件可能被外壳包围。然而,大容量的设备,可能存在某些潜在的危险,例如:

- 外壳,如果有,可能承受气体的压力;
 - 意外条件下产生的内部电弧导致的压力释放装置可能打开,在极端条件下,电弧可能烧穿外壳,两者都会导致热气体的突然释放;
 - 突发事件,事件本身对人员危害较小,但可能使人员受到惊吓而出现事故(例如,跌落);
 - 交接、维护及其延伸行为可能需要特别注意设备的复杂性以及其内部部件的不可见性。
- 经验表明,应考虑的一个因素是人为失误(例如,将接地开关合到带电导体上)。

12.2 制造厂的预防措施

下面列出了制造厂通常执行的预防措施示例:

- 承压外壳、压力释放装置以及符合相关标准的开关设备元件的设计和试验;
- 提供充分的且简单的方法来检查联锁系统(避免人为失误是最合理的方法);
- 在说明书中清楚地解释开关设备和控制设备的安全操作,解释防止不正当的操作和不正当的操作后果的措施;
- 为了减小故障发生时对人员的危害,给用户或合同方提供关于与周围区域的设计相关的适用资料,以及可能的通风和气体检测资料;
- 提供拆卸和处理的安全程序。

12.3 用户的预防措施

下面列出了用户可以采取的预防措施示例:

- 仅限于受过训练和授权的人员接近设施；
 - 保证运行人员和其他人员知晓危险性和安全性要求，包括地方法规；
 - 保证开关设备和控制设备满足最新的技术标准，尤其在联锁和保护装置方面；
 - 采用遥控且使联锁装置正常工作；
 - 选择不正当操作情况下对人员危害最小的设备（例如，在线具有短路关合能力的接地开关，电动机操作，允许遥控操作）；
 - 保护系统和产品特性的配合（例如，不要在内部故障时重合闸）；
 - 起草接地程序时要考虑到参照和理解开关设备和控制设备复杂的布置和运行的难度；
 - 清楚地标识设备以便易于确认各个装置和充气隔室。
- 尤其在维护、修理和扩展的工作期间：
- 保证维护、修理和扩展工作仅由有资质的和经过培训的人员进行；
 - 起草一份工作的安全和保护计划。指明对计划、执行以及强制的安全和保护措施负责的人员；
 - 起动前检查联锁和保护装置；
 - 特别注意人力操作，尤其在开关设备和控制设备带电时；
 - 设备操作前通知可能靠近开关设备和控制设备的人员（例如，警笛和闪灯）；
 - 标记紧急出口并保持通道没有障碍；
 - 给相关人员说明在开关设备和控制设备环境中如何安全地工作以及在紧急情况下如何处置。

13 产品对环境的影响

文件应包含关于开关设备对环境影响的下述相关信息。

- a) 如果开关设备和控制设备中使用了流体，应提供说明让用户注意：
 - 如果可行，将泄漏率减到最小；
 - 新的和用过的流体处理的控制。对于 SF₆ 及其混合物按照 GB/T 28534 的要求。
- b) 关于拆卸和设备的不同材料的寿命终了程序以及指明回收的可能性方面的说明。

附录 A (资料性附录)

污秽等级及开关设备外绝缘最小标称统一爬电比距

A.1 概述

由灰尘、烟雾、腐蚀和/或可燃气体、蒸汽或者盐导致与空气质量相关的污秽是正常和特殊使用条件下需要考虑的因素(见第4章)。本附录确定了污秽等级以及外绝缘最小标称统一爬电比距的推荐值。

A.2 污秽等级

为了标准化的目的,从很轻到很重定性地定义了5个污秽等级:a,b,c,d,e。表A.1中给出了定性示例,近似地描述了某些典型的对应环境。其他更极端的环境条件值得进一步考虑,例如,重污秽下的雪和冰、暴雨以及干旱地区。对于这些特殊条件,见GB/T 26218.1—2010、GB/T 26218.2—2010和GB/T 26218.3—2011。

A.3 开关设备外绝缘最小标称统一爬电比距

对于大气污染的正常使用条件且海拔不超过1 000 m,最小爬电距离用爬电比距来表示,单位mm/kV。在这些条件下,该最小爬电距离通常提供了满意的运行。

对于表A.1中描述的每个污秽等级,相应推荐的沿绝缘子的最小标称统一爬电比距(USCD)(单位mm/kV)在表A.2中给出。

注:表A.1中的信息改编自GB/T 26218.1—2010;表A.2中的数值摘自GB/T 26218.2—2010。

表 A.1 现场污秽严酷度(SPS)等级对应的环境示例

SPS 等级	典型环境示例
a	示例 1: 距离大海、沙漠和敞开的干旱土地超过 50 km^a; 距离人为的污染源超过 10 km^b; 在距离上述的污染源更短的距离,但是: 没有直接来自这些污染源的主风; 和/或每月定期的雨水冲洗
b	示例 2: 距离大海、沙漠和敞开的干旱土地 10 km~50 km^a; 距离人为的污染源 5 km~10 km^b; 在距离示例 1 中的污染源更短的距离,但是: 没有直接来自这些污染源的主风; 和/或每月定期的雨水冲洗

表 A.1 (续)

SPS 等级	典型环境示例
c	示例 3: 距离大海、沙漠和敞开的干旱土地 3 km~10 km^a; 距离人为的污染源超过 1 km~5 km^b; 在距离上述的污染源更短的距离,但是: 没有直接来自这些污染源的主风; 和/或每月定期的雨水冲洗 示例 4: 比示例 3 中距离污染源更远,但是: 经过长期(几周或者几个月)干旱污染累积季节后经常出现浓雾(或者蒙蒙细雨); 和/或出现高导电性的大雨; 和/或存在不可溶解的沉积(参见 GB/T 26218.1 2010)
d 和 e	参见 GB/T 26218.1 2010
^a 在暴风雨期间,在距大海这个距离处等值盐密(ESDD)水平可以达到较高的水平。 ^b 相比于规定的距离大海、沙漠和干旱土地的距离,大城市影响的距离可能更远。 ^c 取决于沿海地区的地形和风的强度。	

表 A.2 污秽等级确定的最小标称统一爬电比距

SPS 等级	推荐的最小标称统一爬电比距(USCD) ^a /(mm/kV)
a	22
b	27.8
c	34.7
d	43.3
e	53.7
^a 统一爬电比距(USCD)是绝缘子的爬电距离除以绝缘子两端最高运行电压的有效值。 [源自:GB/T 26218.1 2010 中 3.1.6]	

附 录 B
(资料性附录)

辅助和控制回路元件的标准

表 B.1 给出了很多元件标准的快速参考。应采用最新版本。

表 B.1 辅助和控制回路元件的参考标准清单

装置		标准
电缆和电线	PVC 电线的绝缘	GB/T 5023(所有部分)
	导体的尺寸和区域	GB/T 3956
	橡胶电缆的绝缘	GB/T 5013
	标识	GB/T 4026
端子	圆电线的端子排	GB/T 14048.7
	圆电线的保护性端子排	GB/T 14048.8
	标识	GB/T 4026
继电器	有或无继电器	IEC 61810(所有部分)
	有或无继电器的电压额定值和动作范围	GB/T 21711.1
	继电器触头的性能	IEC 61810 2
接触器和电动机起动器	合分闸电路用的机电式接触器	GB/T 14048.4
	短路保护用的组合有继电器的机电式接触器	GB/T 14048.2
	电动机起动器(交流)	GB/T 14048.4
	交流半导体电动机控制器	GB/T 14048.6
	电动机保护性过载继电器	GB/T 14048.4
低压开关	电动机回路和配电回路用的低压开关	GB/T 14048.3
	手动控制开关和按钮	GB/T 14048.5
	指示开关;压力、温度等开关	GB/T 14048.5
	家用湿度传感控制器	GB/T 14536.15
	家用开关	GB/T 16915.1
	家用温度计	GB/T 14536.10
	连杆开关	GB/T 9536
	手动开关的图形符号	GB/T 5465.2
	手动开关灯的颜色要求	GB/T 4025
低压断路器和带有剩余电流保护的低压断路器	要求	GB/T 14048.2

表 B.1 (续)

装置		标准
低压熔断器	一般要求	GB/T 13539.1
	授权人员使用的熔断器的补充要求(主要用于工业场合的熔断器):A类~K类熔断器的标准化系统示例	GB/T 13539.2
低压隔离开关	要求	GB/T 14048.3
电动机	要求	GB/T 755
表计	模拟表	GB/T 7676.1
	电压表和电流表	GB/T 7676.2
	频率表	GB/T 7676.4
	相角和功率因数表	GB/T 7676.5
指示灯	要求	GB/T 14048.5
	图形符号	GB/T 5465.2
	灯光颜色	GB/T 4025
插头、插座和连接器	插头、插座、工业电缆连接器、电器连接器的要求	GB/T 11918.1
	尺寸和互换性	GB/T 11918.2
	家用插头、插座和连接器	GB/T 2099.1
	其他插头和连接器	IEC 60130(所有部分)
印刷线路板	要求	IEC 62326 1
电阻器	电势表	GB/T 15298
	1 W~1 000 W 的电阻	GB/T 5732
照明	照明荧光灯	GB/T 10682
	碘钨灯	GB/T 10681
注:辅助和控制设备中使用的电子元件的附加信息可在 GB/T 28810 中找到。		

附 录 C
(资料性附录)
符 号 清 单

为了方便使用,表 C.1 给出了符号清单。

表 C.1 符号清单

描述	符号	章条号
绝对漏气率	F	3.6.6.4
绝对泄漏率	F_{liq}	3.6.7.1
绝缘和/或开合用的报警压力(或密度)	$p_{ac}(\rho_{ac})$	3.6.5.3
操作用的报警压力(或密度)	$p_{am}(\rho_{am})$	3.6.5.4
充入压力	P_r	7.8.1.2
绝缘和/或开合用的额定充入压力(或密度)	$p_{rc}(\rho_{rc})$	3.6.5.1
操作用的额定充入压力(或密度)	$p_{rm}(\rho_{rm})$	3.6.5.2
连续电流试验前测到的主回路电阻	R_u	8.4
测量的压力	P_m	7.8.1.2
绝缘和/或开合用的最低功能压力(或密度)	$p_{mc}(\rho_{mc})$	3.6.5.5
操作用的最低功能压力(或密度)	$p_{mm}(\rho_{mm})$	3.6.5.6
每天补气次数	N	3.6.6.8
每天补液次数	N_{liq}	3.6.7.3
对地的部分电压	U_l	7.2.6.3 b)
允许漏气率	F_p	3.6.6.5
允许泄漏率	$F_{p(liq)}$	3.6.7.2
压力降	ΔP	3.6.6.9
压力降	ΔP_{liq}	3.6.7.4
防止水进入的保护代码	IP	6.14.3
正常使用条件下设备防止机械撞击的保护代码	IK	6.14.4
无线电干扰电压试验	RIV	7.3
额定连续电流	I_r	5.5
额定短路持续时间	t_k	5.8
额定峰值耐受电流	I_p	5.7
额定短时耐受电流	I_k	5.6

表 C.1 (续)

描述	符号	章条号
额定频率	f_e	5.4
额定雷电冲击耐受电压	U_p	5.3
额定操作冲击耐受电压	U_n	5.3
额定短时工频耐受电压	U_d	5.3
合分闸装置以及辅助和控制回路的额定供电电压	U_a	5.9
设备的最高电压	U_m	3.7.3
额定电压	U_e	5.2
相对漏气率	F_{rd}	3.6.6.6
补气时间间隔	t_r	3.6.6.7
总的试验电压	U_T	7.2.6.3 b)

附 录 D
(规范性附录)

户外开关设备和控制设备的防雨试验方法

受试的开关设备和控制设备应完全装好,配齐所有的盖板、屏蔽、套管等,放在有人工淋雨设备的场所。对于由几个功能单元组成的开关设备和控制设备,最少应用两个单元来试验它们之间的连接的防雨性能。

人工淋雨设备应具有足够数量的喷嘴,以便在受试表面产生均匀的淋雨。如果均匀的淋雨也同时加到了下列的两个部位,那么开关设备和控制设备的各个部分可以分别试验:

- a) 从装在适当高度上的喷嘴产生的淋雨加到设备的顶部表面;
- b) 设备置于制造厂规定的离地面的最低高度上,淋雨加到设备受试部分前方距离 1 m 以内的地面上。

如果设备的宽度超过 3 m,可以依次对 3 m 宽的区域淋雨。充压外壳不需要进行防雨试验。

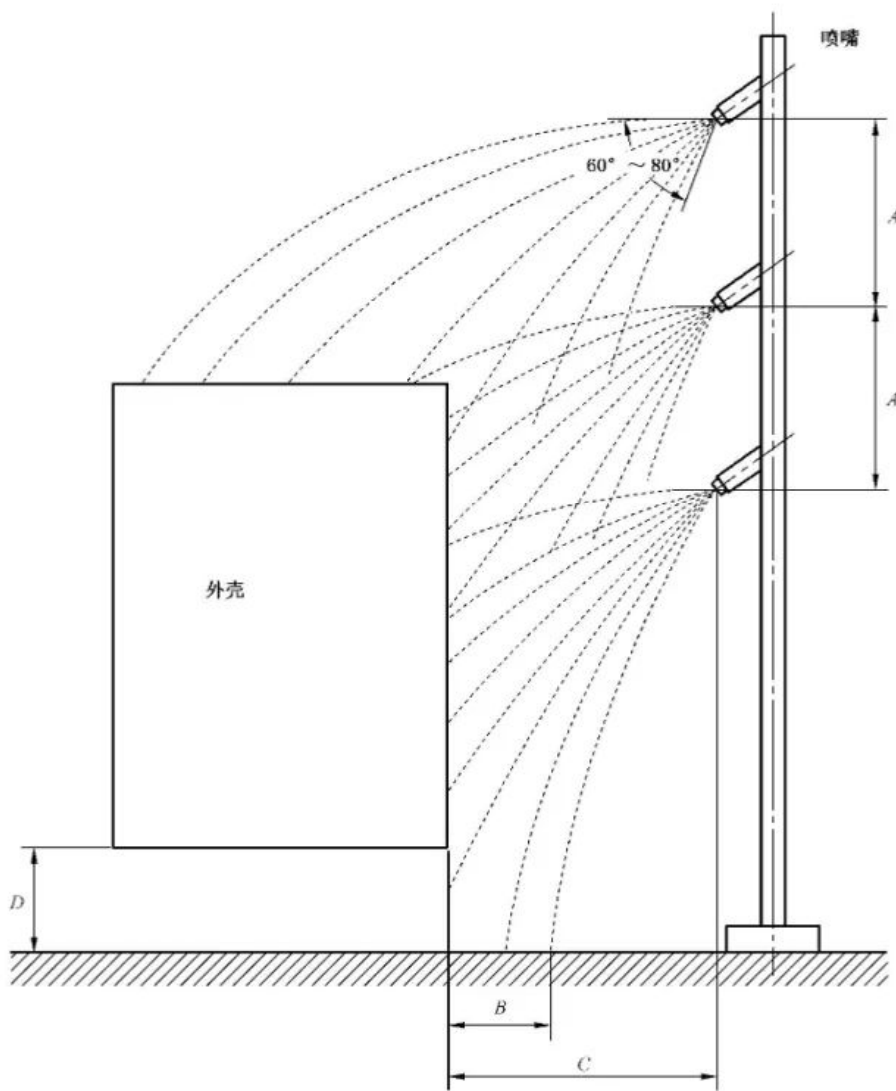
本试验采用的每个喷嘴,应产生均匀分布的截面呈正方形的淋雨束;在压力为 $460\text{ kPa} \pm 46\text{ kPa}$ 和喷嘴射角为 $60^\circ \sim 80^\circ$ 时,应有 $30\text{ L/min} \pm 3\text{ L/min}$ 的流量。在淋雨正对受试表面的情况下,喷嘴的中心线应向下倾斜,使得淋雨束的顶部呈水平射出。将喷嘴布置在垂直的立管上,相互间间隔 2 m 左右是合适的(见图 D.1 中的试验布置)。

在流动条件下,喷嘴供水管中的压力应为 $460\text{ kPa} \pm 46\text{ kPa}$ 。加到各受试表面的淋雨率应约为 5 mm/min ,且各受试表面应经受持续 5 min 的人工淋雨。喷嘴应放在离最近的受试表面 2.5 m~3 m 处。

注:如果采用图 D.2 的喷嘴,当压力为 $460\text{ kPa} \pm 46\text{ kPa}$ 时,则认为淋雨量符合本标准。

试验完成后,应立即检查设备,以确定是否满足下列要求:

- a) 在主回路和辅助回路的绝缘上应见不到水迹;
- b) 在设备内部的电气元件和操动机构上应见不到水迹;
- c) 结构件或其他非绝缘部件应没有明显的积水(以减少腐蚀)。



A	约 2 m
B	1 m
C	2.5 m~3 m
D	离地面最低高度

图 D.1 气候防护试验的布置

单位为毫米

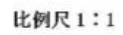


图 D.2 气候防护试验用的喷嘴

附录 E
(规范性附录)

试验期间试验参数的容差

型式试验期间,可以区别下述类型的容差:

- 直接决定试品应力的试验参数的容差;
- 关于试验前后试品性能或特征的容差;
- 试验条件的容差;
- 使用的测量装置的参数容差。

容差定义为标准中规定的试验数值的范围,且测到的试验数值应在该范围内试验方为有效。在某些情况下,即使测到的数值落在了该范围之外(此时导致了更严酷的试验条件),试验仍然可以有效。

在此方面,测量的不确定度引起的测量试验值和试验真值之间的任何偏差不予考虑。

型式试验期间,应用试验参数容差的基本原则如下:

- a) 试验站应尽可能地瞄准规定的试验值;
- b) 试验站应遵守规定的试验参数容差,仅在取得制造厂的同意后才允许超过那些容差的更高的应力;
- c) 对于本标准或者采用的标准中没有给出容差的任何参量,型式试验不应比规定值欠严。应力的上限应咨询制造厂。

表 E.1 给出了型式试验时试验参数的容差。

表 E.1 型式试验时试验参数的容差

章条号	试验的描述	试验参数	规定的试验数值	试验容差/试验数值的限值	参考标准
7.2	绝缘试验				
7.2.7.2, 7.2.8.2, 7.2.12, 7.10.5	工频电压试验	试验电压(有效值)	额定短时工频耐受电压	±1%	GB/T 16927.1 2011
		频率		频率 45 Hz~55 Hz	
		波形	峰值/有效值 $=\sqrt{2}$	±5%	
7.2.7.3 7.2.8.4	雷电冲击电压试验	峰值	额定雷电冲击耐受电压	±3%	
		波头时间:	1.2 μs	±30%	
		半峰值时间	50 μs	±20%	
7.2.8.3	操作冲击电压试验	峰值	额定操作冲击耐受电压	±3%	
		波头时间	250 μs	±20%	
		半峰值时间	2 500 μs	±60%	
7.9.1.1	无线电干扰电压试验	试验电压		±1%	
		测量回路的调谐频率		在 0.5 MHz 的±10%内,或者在 0.5 MHz 和 2 MHz 之间	

表 E.1 (续)

章条号	试验的描述	试验参量	规定的试验数值	试验容差/试验数值的限值	参考标准
7.4.4	回路电阻测量	直流试验电流: I_{DC}		$100\text{ A} < I_{DC} \leq \text{额定连续电流}$, 或者, 如果 $I_r \leq 100\text{ A}$ 时, $I_{DC} = I_r \pm 5\%$	
7.5	连续电流试验	周围空气速度		$\leq 0.5\text{ m/s}$	
		试验电流频率	额定频率	$-5\%, +2\%$	
		试验电流	额定连续电流	$-0\%, +2\%$ 这些限值只应在试验阶段的最后两个小时保持	
		周围空气温度 T_a		$10\text{ }^\circ\text{C} < T_a \leq 40\text{ }^\circ\text{C}$	
7.6	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	试验频率	额定频率	试验开始时 $\pm 10\%$, 试验结束时 -20% 到 $+10\%$	
		峰值电流 (一个边相上)	额定峰值耐受电流	$-0\%, +5\%$	
		三相试验电流交流分量的平均值	额定短时耐受电流	见 7.6.3 I^2t 的容差	7.6.3
		任一相中试验电流交流分量/平均值	1	$\pm 10\%$	
		短路电流持续时间	额定短路持续时间	最长 5 s	7.6.3
		I^2t	I^2t 额定值	$-0\%, +10\%$	
7.9.2.3	阻尼振荡波抗扰度试验	阻尼振荡波抗扰度试验	试验频率 100 kHz, 1 MHz	$\pm 30\%$	GB/T 17626.18 2016
7.10.3.3	辅助触头的额定短时耐受电流试验	试验电流幅值		$-0\%, +5\%$	
		试验电流持续时间		$-0\%, +10\%$	
7.10.3.4	辅助触头开断能力试验	试验电压幅值		$-0\%, +10\%$	
		试验电流幅值		$-0\%, +5\%$	
		回路时间常数		$-0\%, +20\%$	
7.10.4.2	低温试验	试验期间的最低和最高周围空气温度		$\pm 3\text{ K}$	GB/T 2423.1

表 E.1 (续)

章条号	试验的描述	试验参量	规定的试验数值	试验容差/试验数值的限值	参考标准
7.10.4.3	高温试验	试验期间的最低和最高周围空气温度		$\pm 3\text{ K}$	GB/T 2423.2
7.10.4.4	交变湿热试验	循环的最低温度		$\pm 3\text{ K}$	GB/T 2423.4
		循环的最高温度		$\pm 2\text{ K}$	
7.10.4.5	振动试验				GB/T 11287 2000
7.11.1.3	辐射测量仪	辐射测量的精度		$\pm 25\%$	
	能量响应	能量测量的精度		$\pm 15\%$	

附录 F
(资料性附录)
型式试验有效性的延伸

F.1 概述

单项的型式试验在某些情形下不需要重复,如:

- 结构的细节变化,如果制造厂能够确立这些改变不影响单项型式试验的结果;
- 安装说明书中的变化,只要试验条件并没有因新的说明而变得无效(例如,见 F.2);
- 涵盖相同开关设备和控制设备额定值中的其他数值,如果这些新的额定值已被进行过的试验所涵盖(例如,见 F.3 或者要求较低的性能时)。

型式试验有效性的延伸可以用来使设计变更或其他类似设备有效且无需重复型式试验的具体示例在下述条款中给出。应注意,应提供延伸这类型式试验的支撑证据。

更详细的资料可在产品标准和/或技术报告中给出,参见 GB/T 38658—2020。

F.2 绝缘试验

对于非封闭的导体,如果绝缘材料、导体形状和绝缘子相同,进行的绝缘试验涵盖了对周围(例如离地高度)及导体间具有相等或更大间隙的其他配置。

F.3 短时耐受电流试验

采用峰值系数 2.6 在 50 Hz 或 60 Hz 下进行的短时耐受电流和峰值耐受电流试验,涵盖了系统特性决定的直流时间常数为 45 ms 或更小时的两个频率。

采用峰值系数 2.7 在 50 Hz 或 60 Hz 下进行的短时耐受电流和峰值耐受电流试验,涵盖了系统特性决定的直流时间常数为 120 ms 或更小时的两个频率。

F.4 连续电流试验

只要与其他极或其他单元的影响可以忽略,在单极或单个单元上进行的试验涵盖了较大的布置(即三极或多单元),这种情况通常为非封闭的开关设备和控制设备。这一规定适用于某些户外输电装置。

如 7.5.3.1 中的规定:

- 对于额定频率为 50 Hz 和 60 Hz 且载流部件附近没有铁磁元件的开关设备和控制设备,只要在 50 Hz 下进行试验时记录到的温升值没有超过最大允许值的 95%,则涵盖了两个频率。
- 在 60 Hz 下进行的试验涵盖了两个频率。

F.5 辅助和控制回路的抗扰度试验

分装可能位于辅助和控制回路中的不同位置,只要总的接线长度和将分装与辅助和控制回路连接的单个线的数量不大于已试系统的,则整个系统的型式试验有效。

可互换的分装可以被类似分装替换,只要满足下述要求,原先的型式试验有效: