

交流高压电器在长期工作时的发热
GB 763—90 代替 GB 763—74

1 主题内容和适用范围

本标准规定了在规定环境条件下，高压电器长期工作时发热试验的技术要求、试验方法。

本标准适用于额定电压 3kV 及以上，交流频率为 50Hz 的长期工作制电器。包括断路器、隔离开关、组合电器、封闭式组合电器、金属封闭开关设备、负荷开关、高压接触器等。

注：上述电器的特殊要求和附件(如断路器和隔离开关的操动机构、接触器、控制开关、辅助开关等)的发热，应符合相应标准的规定。

下列电器不受本标准的限制：

- a. 避雷器、熔断器、附加电阻、电力电容器、电流及电压互感器；
- b. 特殊用途的电器。

2 引用标准

GB 11021 电气绝缘耐热性评定和分级

3 技术要求

3.1 电器设备的正常使用环境条件规定为：周围空气温度不高于+40℃，海拔不超过 1000m。

当电器设备使用在周围空气温度高于+40℃(但不高于+60℃)时，在符合本标准第 3.2 条表 2 规定的最高允许温度下，允许降低负荷长期工作。推荐周围空气温度每增高 1K，减少额定电流负荷的 1.8%。

当电器设备使用环境条件为风速小于 0.5m/s、日照强度大于 0.1W/cm²、周围空气温度+40℃时，其长期工作电流负荷应降低到额定负荷的 80%。

当电器设备使用在周围空气温度低于+40℃时，在符合本标准第 3.2 条表 2 规定的最高允许温度下，允许过负荷长期工作。推荐周围空气温度每降低 1K，增加额定电流负荷的 0.5%，但其最大过负荷不得超过额定电流负荷的 20%。

当电器设备使用在海拔超过 1000m(但不超过 4000m)且最高周围空气温度为+40℃时，制造厂应按本标准第 3.2 条表 2 规定的允许温升每超过 100m(以海拔 1000m 为起点)降低 0.3%。

当电器设备使用地点的海拔和最高周围空气温度符合表 1 的条件时，由于周围空气温度降低值足

表 1

海 拔, m	1000	2000	3000	4000
最高周围空气温度, °C	40	35	30	25

3.2 电器中各零件、材料及介质的最高允许温度及温升不应超过表 2 中所规定的数值。

注：空气和 SF₆ 用作高压电器产品的介质时，其长期工作时的最高允许温度和温升不需限制。

表 2

序号	电器零件、材料及介质的类别 1)、2)、3)、4)	最高允许温度℃			周围空气温度为+40℃时的允许温升 K		
		空气中	SF ₆ 中	油 中	空气中	SF ₆ 中	油 中
1	触头 5)、6)						
	裸铜或裸铜合金	75	90	80	35	50	40
	镀锡	90	90	90	50	50	50
	镀银或镀镍(包括镀厚银及镶银片)	105	105	90	65	65	50
2	用螺栓或其他等效方法联结的导体接合部分 7)						

	裸铜、裸铜合金和裸铝或裸铝合金	90	105	100	50	65	60
	镀(搪)锡	105	105	100	65	65	60
	镀银(包括镀厚银)或镀镍	115	115	100	75	75	60
3	用其他裸金属制成或表面镀其他材料的触头或联结 ⁸⁾						
4	用螺栓或螺钉与外部导体联结的端子 ⁹⁾						
	裸铜、裸铜合金和裸铝、裸铝合金	90			50		
	镀(搪)锡或镀银(包括镀厚银)	105			65		
	其他镀层 ⁸⁾						
5	油断路器用油 ^{10)、11)}			90			50
6	起弹簧作用的金属零件 ¹²⁾						
7	下列等级的绝缘材料及与其接触的金属零件 ^{13)、14)、15)}						
	a.需要考虑发热对机械强度影响的:						
	Y(对不浸渍材料)	85	90	—	45	50	—
	A(对浸在油中或浸渍过的材料)	100	100	100	60	60	60
	E、B、F、H	110	110	100	70	70	60
	b.不需要考虑发热对机械强度影响的:						
	Y(对不浸渍材料)	90	90	—	50	50	—
	A(对浸渍过的材料)	100	100	100	60	60	60
	E	120	120	100	80	80	60
	B	130	130	100	90	90	60
7	F	155	155	100	115	115	60
	H	180	180	100	140	140	60
	c.漆:						
	油基漆	100	100	100	60	60	60
	合成漆	120	120	100	80	80	60
8	不与绝缘材料(油除外)接触的金属零件(触头除外)						
	a.需要考虑发热对机械强度影响的:						
	裸铜、裸铜合金或镀银	120	120	100	80	80	60
	铝、裸铝合金或镀银	110	110	100	70	70	60

	钢、铸铁及其他	110	110	100	70	70	60
	b.不需要考虑发热对机械强度影响的:						
	裸铜、裸铜合金、镀银	145	145	100	105	105	60
	裸铝、裸铝合金、镀银	135	135	100	95	95	60

注：表 2 中的裸铜合金和裸铝合金是指铜基和铝基合金，均不包括粉末冶金件。粉末冶金件的最高允许温度由制造厂在产品技术条件中规定。

1)相同零件、材料及介质其功能属于表 2 中所列的几种不同类别时，其最高允许温度和温升按各类别中最低值考虑。

2)表 2 中数值不适用于处于真空中的零件和材料。

3)封闭式组合电器、金属封闭开关设备等外壳的最高允许温度和温升由其相应的标准规定。

4)以不损害周围的绝缘材料为限。

5)当动、静触头有不同镀层时，其允许温度和温升应选取表 2 中允许值较低的镀层之值。

6)涂、镀触头，在按电器的相应标准进行下列试验后，接触表面仍应保留镀层，否则按裸触头处理。

a.关合试验和开断试验(如果有的话)；

b.热稳定试验；

c.机械寿命试验。

7)当两种不同镀层的金属材料紧固联结时，允许温升值以较高者计。

8)其值应根据材料的特性来决定。

9)此值不受所联外部导体端子涂镀情况的影响。

10)以油的上层部位为准。

11)当采用低闪点的油时，其温升值的确定应考虑油的汽化和氧化作用。

12)以不损害材料之弹性为限。

13)绝缘材料的耐热分级按 GB 11021 的规定执行。

14)对不需要考虑发热对机械强度影响的铜、铜合金、铝、铝合金最高允许温度既不高于所接触的绝缘材料的最高允许温度亦不得高于本表中序号 8 项 b 所规定的值。

15)耐压等级超过 H 级者以不导致周围零件损坏为限。

3.3 当电器各部分的温升不超过本标准表 2 的规定时，电器应能正常工作。

4 试验方法

4.1 除非有关标准另有规定，试验应在新的电器或在构成一个试验单元的装置上，并在试品的有关特性处于技术条件规定的不利的情况下进行，试品的所有内部连接应符合其安装接线图的要求。

对开关设备，除上述规定外，其触头应干净，试验时处于规定的合闸位置，当对地绝缘对温升无显著影响时，特别是对大的开关设备，可在降低对地绝缘高度情况下进行试验。

4.2 试品的安装应符合其工作时的安装方式(如垂直或水平)，当有多种安装方式时，应在最不利散热的情況或在每種情況下进行试验。

4.3 试验应在未经任何改制和更换(但允许稍加调整)零部件的试品上进行。其结果应符合第 3.2 条、第 3.3 条的规定。

试验的次数(机械试验前或后及其他需进行温升考核的要求)应按产品标准及技术条件的规定进行，若无规定，或经寿命试验涂、镀触头接触表面裸露时，寿命试验前、后都应进行温升试验。

4.4 三极电器原则上应通以三相电流试验，具有下列情况，允许通单相电流试验。

4.4.1 额定电压 35kV 的电器，当相间中心距离大于 460mm 且额定电流为 1250A 及以下，或相间中心距离大于 1m 时，可通以单相电流进行单极试验。

4.4.2 额定电压 63kV 及以上的电器，可通以单相电流进行单极试验。

4.4.3 额定电压 110kV 及以上系列的多断口断路器,如果各单元之间相互无热影响时,则可用通以单相电流的单元试验代替整台断路器试验。

4.4.4 当三极电器的磁路为一个整体,以及邻近效应的影响显著时,必须通以三相电流试验。

4.5 试验时通过试品的电流应为电器的额定电流或有关技术文件的规定值,其最大偏差为+2%。电流波形应为正弦波(见附录 A)。电流频率应为额定频率,其偏差范围为+2%至-5%,电源实际频率应记入试验报告中。

4.6 试验时,试品两端的连接线不应明显地对试品传入或导出热量。连接导线长度应不小于 2m,在距试品端子 1m 远处导线温升与相应端子温升都应测量,且两者差值不得大于 5K。连接导线的布置原则上应符合产品的运行方式,其规格、材质和尺寸应记入试验报告中。

注:①当用多根导线并联作试验连接线时,导线温升取各导线温升的算术平均值。

②当试品温升未超出表 2 规定值时,则距试品端子 1m 远处导线温升高出相应端子的温升值可大于 5K。

③当距试品端子 1m 处导线温升低于相应端子温升的数值超过 5K,但该值小于端子温升低于其允许温升的数值时,则仍可判为该端子温升合格。

4.7 试验应在周围空气温度不低于+10℃及不高于+40℃的情况下进行,此时温升不超过表 2 规定的数值。

若试验时的周围空气温度低于 10℃,试品导电元件是由铜、铝、银或铜基、铝基、银基材料构成,则温升读数可采用周围空气温度每降低 10K 增加 4%的近似线性关系对试验结果进行修正。

试验不得在 0℃以下或+40℃以上的周围空气温度下进行。

4.8 当试验地点和使用地点的海拔不一致时,应对试验结果进行修正(见附录 B)。

4.9 试验时,应避免阳光和其他射线对试品的影响。对户内产品,试验室内空气的流速应不大于 0.15m/s;对户外产品,试验室内空气流速应不大于 0.5m/s。

4.10 为了加速试验,在不影响试验结果和产品结构强度的情况下,允许用大于规定的试验电流将试品进行预热。预热可进行到全部测试点中任何一点首先达到预期温升的 80%左右时为止。

4.11 试品的发热温度,应采取热电偶进行测量。线圈的发热温度原则上采用电阻法测量。温度测量应尽可能在各零件的温度最高或裕度最小的部位进行。

4.12 试验进行到温升稳定时为止。试品在负荷保持不变的情况下,如果各部分的温升在 3h 内的变化不超过 2K,则试品的温升可以认为已稳定。

注:3h 内系指每次测量间隔为 1h 的连续 4 次测量,温升值取最后三次测量结果的算术平均值。

5 周围空气温度的确定

5.1 周围空气温度是在试验期间的最后 3h 内,用不少于三支经标准温度计校验过的水银温度计或热电偶,取最后三次(每次间隔 1h)所测温度结果的算术平均值。温度计或热电偶应均匀分布并安放在距试品周围约 1m 远处,放置高度应为试品各载流部分高度的平均值。

5.2 为了避免由于温度的迅速变化而引起的误差,温度计或热电偶应置于直径约 80mm 盛有 0.5L 油的容器中。

6 用热电偶法测量温度

6.1 热电偶应紧密地固定在试品的测量点上。固定方式可用钻孔铆紧、胶粘或锡焊焊牢。

当采用胶粘的方式敷设热电偶测量温度时,应对测量结果进行修正(见附录 C)。

6.2 热电偶选用材料为 $\phi 0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 的康铜线(白铜线)与 $\phi 0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 的高强度漆包铜线或其他绝缘铜线。热电偶的温度毫伏常数约每 100℃为 4mV。组成热电偶的全部双线必须紧密地绞合在一起(每米长度内约 100 匝),以免受交变磁场的影响。绞合后不得有局部短路,热电偶的热端和冷端用电弧焊或锡焊焊牢。焊接部分的最大直径不得超过 1.5mm。

6.3 热电偶应在垂直、水平方向温差不大于 0.1K 的恒温箱中,经过十分度标准温度计和精度不低于 0.1 级仪表校验,并给出相应的校验曲线。试验时所用的仪器、仪表的精度不得低于 0.2 级。

6.4 热电偶热端在往试品上敷设前，应除去表面的氧化物、焊渣及油灰等，并使其呈现出金属的光泽。热端在电器零件上的埋设孔径和深度分别等于或略大于热端焊接部分的最大直径和焊接长度。

6.5 热电偶的冷端应安置在 0℃ 的冰水中，热电偶冷端的温度以十分度标准温度计测量。若冷端不为 0℃，则必须保证其温度稳定，且应采用补偿法计算温升值。

6.6 多根热电偶测量用转换装置切换，或采用过渡联结装置时，应注意避免产生附加的热电势。

7 用电阻法测量温度

7.1 电阻法是根据导体热电阻和冷电阻的电阻差来确定温升的方法，用来测定已知电阻温度系数的金属所制成的线圈温度。

7.2 热态和冷态的电阻应以同一方法和同一仪表测量。

7.3 测量线圈的电阻时，通过线圈的电流应不超过额定电流的 115%。对于交流线圈，电阻的测量应以直流进行。线圈电阻也可用电桥直接测量，所用仪器仪表精度不得低于 0.2 级。

7.4 在测量线圈的冷态电阻前，线圈应在试验室内放置 8h 以上。

7.5 测量冷态与热态电阻时，其导线的连接点应固定不变、接触良好，建议将用作测量线圈电阻(特别是小电阻)的导线焊在接线点上。

7.6 当用电阻法测量线圈的温度时，线圈的温升 τ 由(1)式确定：

$$\tau = \theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \left(\frac{1}{\alpha} + \theta_1 \right) + \theta_1 - \theta_a \quad (1)$$

式中： θ_a ——测量线圈热态电阻时的周围空气温度，℃；

θ_2 ——线圈在热态下的温度，℃；

θ_1 ——与周围空气温度相同时的线圈冷态温度，℃；

R_1 ——温度为 θ_1 时线圈的电阻，Ω；

R_2 ——温度为 θ_2 时线圈的电阻，Ω；

α ——0℃ 时线圈导线的电阻温度系数(铜为 $\frac{1}{234.5}$ ；铝为 $\frac{1}{245}$)。

对直流电压线圈如果试验不是在最高周围空气温度+40℃ 时进行，则按本条公式得到的线圈温升数值，可乘以系数 K 换算到+40℃ 时的温升。

$$K = \frac{\frac{1 \times 6}{\alpha} + \theta_a}{\frac{1 \times 6}{\alpha} + 40} \quad (2)$$

7.7 如果在试验終了前不可能直接测量最高温度时的电阻(如交流线圈中)，则可在试验終了后，经一定时间间隔，用电阻法测定冷却曲线(温度与时间的关系)，再根据冷却曲线用外延法(此法仅适用于连续的指数曲线性质的降温曲线)决定在停止试验时的最高温升。

冷却曲线的外延法如下：

用半对数坐标纸在横坐标 Ot 轴上取等时间间隔 Δt ，得点 a 、 b 、 c 、 d ，通过 a 、 b 、 c 、 d 各点作 Ot 轴的垂线与试验所得曲线交于 a' 、 b' 、 c' 、 d' 。通过 a' 、 b' 、 c' 、 d' 作 Ot 轴的平行线，交纵坐标 $O\theta$ 于 1、2、3、4 并向左延伸，使 33' 等于 $\Delta\theta_3$ ，22' 等于 $\Delta\theta_2$ ，11' 等于 $\Delta\theta_1$ 。通过 0、3'、2'、1' 各点连直线(近似地)。然后过 1 作 21' 的平行线与所连直线交于 B 点。过 B 点作 Ot 轴的平行线与 $O\theta$ 轴之交点即为所求的温升 θ_M 。

对不同海拔下试验结果的修正

(补充件)

B1 海拔升高,引起气压下降,使散热条件恶化,反之,海拔降低将改善试品的散热条件。因此,必须考虑海拔升高(或降低)气压随之下降(或上升)引起试品温升的升高(或降低)。经验证,产品试验地点和使用地点海拔不一致时,应按式(B1)对试验结果进行修正。

$$\tau = \tau_0 [1 + 0.03(H_2 - H_1)] \quad (\text{B1})$$

式中: τ_0 ——试验实测温升, K;

τ ——修正后的试验结果, K;

H_1 ——试验地点的海拔, km;

H_2 ——使用地点的海拔, km。

附录 C

热电偶的敷设方法

(补充件)

敷设电偶时,应使其与被测部件表面之间有良好的导热性,尽可能不影响被测部位的温升,主要采用下列两种方法:

C1 钻孔(冲孔)铆紧法

先在被测量点上钻(铆)一小孔,然后将焊好的热电偶工作端放入孔中,四周用冲子冲挤固定或用导热性好的材料填充塞紧。

C2 胶粘固定法

将热电偶工作端焊在 0.1~0.2mm 厚、 $5 \times 7\text{mm}^2$ 的小铜片上,先把小铜片和被测量的胶粘面清理干净,再在小铜片上一次涂薄薄一层快干胶(一般采用 502 胶)压在被测点上,待固化后即可。

为减少热电偶导热引起的测量误差,应尽可能使热电偶沿发热体表面敷设一段距离后引出,避免从被测表面垂直引出。

C3 胶粘法测量结果的修正

目前,502 胶耐热性不佳,胶粘固定法的测温范围一般在 100℃ 以下,由于胶剂的热阻,使胶粘固定法测出的温度偏低,故应按式(C1)修正。

$$\theta_2 = 1.025 \theta_1 \quad (\text{C1})$$

式中: θ_2 ——修正后的测量温度, °C;

θ_1 ——胶粘固定法测出的温度, °C。

附录 D

用外推法推算试品的最高温升

(补充件)

D1 试品停电后,在自然冷却过程中,始于冷却不久的瞬间 t_1 和 t_2 分别测得试品的温升为 τ_1 和 τ_2 ,然后根据(D1)、(D2)式推算最高温升 τ_M 。

$$\tau = \tau_M \cdot e^{\frac{t}{T}} \quad (\text{D1})$$

试品最高温升推算公式为:

$$\tau_M = e^{\frac{t_2 \ln \tau_1 - t_1 \ln \tau_2}{t_2 - t_1}} \quad (\text{D2})$$

式中: τ_M ——试品最高温升,即为冷却曲线起始温升, K;

t_1 、 t_2 ——试品停电后不久测得 τ_1 、 τ_2 温升值的时刻, s;

τ_1 、 τ_2 ——试品停电后不久的 t_1 、 t_2 时刻测得温升值，K；
 T ——冷却时间常数，s。

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由高压开关设备标准化技术委员会归口。

本标准由西安高压电器研究所负责起草。

本标准主要起草人刘清春、李鹏。