



中华人民共和国国家标准

GB/T 3797—2005
代替 GB/T 3797—1989

电气控制设备

Electrical control assemblies

2005-02-06 发布

2005-08-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

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 技术要求	2
5 试验	9
6 铭牌与标志、包装和运输	17
附录 A (规范性附录) 控制单元试验	18
附录 B (资料性附录) 电阻法测温升	19

前 言

本标准是对 GB/T 3797—1989《电控设备 第二部分：装有电子器件的电控设备》的修订。

本标准与 GB/T 3797—1989 相比主要变化如下：

- 由于 GB 4720—1984《电控设备 第一部分：低压电器电控设备》作废，故取消“电控设备 第二部分”的字样并对标准名称进行了修改。
- 修改了环境试验的项目、内容，增加了湿热试验，取消了运输试验。
- 型式试验项目中的空载试验、低压电流试验和负载试验归入通电操作试验。
- 修改了抗干扰试验的内容，具体要求参照 GB 7251.1—2005《低压成套开关设备和控制设备 第1部分：型式试验和部分型式试验成套设备》及 IEC 61800-3《调速电气传动系统 第3部分：产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法》。
- 由于针对产品特性不尽相同，电气性能试验修改为建议进行项目，其具体要求由产品技术文件给出。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准的附录 B 为资料性附录。

本标准自实施之日起，GB/T 3797—1989《电控设备 第二部分：装有电子器件的电控设备》废止。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国低压成套开关设备和控制设备标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：天津电气传动设计研究所、国家电控配电设备质量监督检验中心、天水电气传动研究所、成都佳灵电气制造有限公司、苏州智能配电自动化有限公司、浙江箭环电器机械有限公司。

本标准主要起草人：俞秀文、欧惠安、邹一、刘淑敏、马济泉、俞智斌、吴加林、傅杭宁、李婷婷、牛永哲。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

GB 3797—1983、GB/T 3797—1989。

电气控制设备

1 范围

本标准规定了电气控制设备的术语和定义、使用条件及设计、制造和试验的基本要求。

本标准适用于在额定电压为交流不超过 1 000(1 140)V,频率不超过 1 000 Hz,直流额定电压不超过 1 500 V 的电气控制设备(以下简称电控设备或设备)。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 156 标准电压(neq IEC 60038)

GB/T 762 标准电流(eqv IEC 60059)

GB/T 2681 电工成套装置中的导线颜色

GB/T 2682 电工成套装置中的指示灯和按钮的颜色

GB/T 3047.1 高度进制为 20 mm 的面板、架和柜的基本尺寸系列

GB/T 3859.1 半导体变流器 基本要求的规定(eqv IEC 60146)

GB/T 4205 控制电气设备的操作件标准运动方向(eqv IEC 60447)

GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)(eqv IEC 60529)

GB/T 4588.1 无金属化孔单双面印制版分规范

GB/T 4588.2 有金属化孔单双面印制版分规范

GB 7251.1—2005 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分:型式试验和部分型式试验成套设备(idt IEC 60439-1:1999)

GB/T 10233 电气传动控制设备基本试验方法

JB/T 3085 电力传动控制装置的产品包装与运输规程

IEC 61800-3:1996 调速电气传动系统 第 3 部分:产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法

3 术语和定义

GB 7251.1—2005 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电气控制设备 electrical control assemblies

指可以含有信息技术的装有电子器件和(或)非电子器件的控制设备。

3.2

控制单元 control unit

电气控制设备的通用组合件。以装有电子器件的印制电路板为主体组成,带有面板和插头座(或外壳和端子),具有统一信号电平和规定的电功能。

3.3

电磁兼容性 electromagnetic compatibility(EMC)

设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。

3.4

低频干扰 low frequency interference

同低压供电网络中传导低频扰动有关的扰动(从直流至 20 kHz)。

3.5

高频干扰 high frequency interference

达数百 MHz,辐射骚扰达 1 000 MHz。

4 技术要求

4.1 基本参数

设备的额定电压按 GB 156 的规定。

设备的额定电流按 GB/T 762 的规定。

具体选用时,应由产品技术文件作出明确规定。

4.2 正常使用条件

符合本标准的电控设备均为户内安装,并能在下列条件下正常工作。

4.2.1 环境温度与相对湿度

环境温度不得超过 +40℃,而且在 24 h 内其平均温度不超过 +35℃。最低环境温度不得低于 -5℃(或 +5℃)。

相对湿度在最高温度为 +40℃ 时,其相对湿度不得超过 50%。在较低温度时,允许有较大的相对湿度。例如: +20℃ 时相对湿度为 90%。应注意由于温度变化,有可能会偶然地产生适度的凝露。

4.2.2 污染等级

空气中不得有过量的尘埃、酸、盐、腐蚀性及爆炸性气体。如果没有其他规定,设备一般在污染等级 2 环境中使用(污染等级见 GB 7251.1—2005 中 6.1.2.3 的规定),若采用更高设计值,则应在资料中予以说明。

4.2.3 海拔

安装场地的海拔不得超过 1 000 m。

注:对于在海拔高于 1 000 m 处使用的设备,有必要考虑介电强度的降低和空气冷却效果的减弱。打算在这些条件下使用的控制设备,建议按照制造厂与用户之间的协议进行设计和使用的。

4.2.4 安装条件

设备应按制造厂提供的使用说明书安装。对于垂直安装的设备,安装倾斜度不得超过 5°。

4.2.5 供电电源

如果没有其他规定,以下要求适用:

- 交流电压变化范围等于输入额定电压的 ±10%,短时(在不超过 0.5 s 的时间内)交流电压波动范围为输入额定电压的 -15%~+10%。
- 相对谐波分量不应超过 10%。
- 对图 1 所示的交流电压换相缺口深度 t 不应超过工作电压峰值 U_{LWM} 的 40%,换相缺口面积不应超过 250(%×度)。
- 非重复和重复瞬态电压与工作电压峰值之比应符合:
非重复瞬态电压峰值 U_{LSM} /工作电压峰值 $U_{LWM} \leq 2.5$;
重复瞬态电压峰值 U_{LRM} /工作电压峰值 $U_{LWM} \leq 1.5$ 。
- 电源频率的偏差不得超过额定频率的 ±2%。
- 由蓄电池供电的电压变化范围等于额定供电电压的 ±15%。

注:此范围不包括蓄电池充电要求的额外电压变化范围。

- 设备电源电压的最大允许断电时间由制造厂给出。

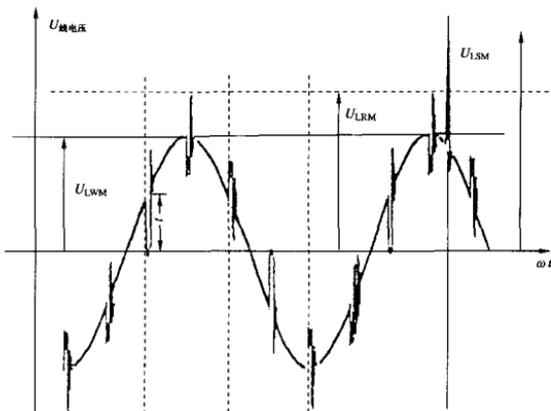


图 1

h) 如果需要更宽的变化范围,则应服从制造厂与用户之间的协议。

4.3 特殊使用条件

特殊使用条件如下:

- a) 环境温度、相对湿度、海拔与 4.2 的规定不同。
- b) 温度或气压的急剧变化在设备内部可能产生异常凝露。
- c) 空气被尘埃、烟雾、腐蚀性或放射性微粒、蒸汽或盐雾严重污染。
- d) 暴露在强电场或强磁场中。
- e) 暴露在高温中,例如受太阳或火炉的辐射。
- f) 受霉菌或微生物侵蚀。
- g) 安装在有火灾或爆炸危险的场所。
- h) 遭受强烈振动或冲击。
- i) 安装在会使载流容量和分断能力受到影响的地方,例如将设备安装在机器中或嵌入墙内。
- j) 采取适当的措施抗 4.13 以外的干扰。
- k) 其他的特殊使用条件。

如存在上述任何一项特殊使用条件,应遵守适用的特殊要求或在制造厂与用户之间达成的专门协议。如果存在这类特殊使用条件的话,用户应向制造厂提出。

4.4 一般要求

4.4.1 元、器件

设备中所装用的元、器件,应符合各元、器件自身的相应标准。制造厂应负责尽可能采用标准元、器件。所有元、器件的选用应符合设计要求。

4.4.2 印制板

设备中所装用的印制板按 GB/T 4588.1 和 GB/T 4588.2 的规定。

4.4.3 导线颜色

设备中所用导线的颜色,按 GB/T 2681 的规定。

4.4.4 指示灯和按钮的颜色

设备中所用指示灯和按钮的颜色,按 GB/T 2682 的规定。

4.4.5 控制单元

设备中所用的控制单元,应符合本标准所规定的控制单元试验的要求(见附录 A)。对各类电控设

备所用的控制单元,应在该设备的产品技术文件或控制单元的产品技术文件中作出相应的规定。

4.4.6 操作机构

设备应有正常的操作机构。必要时,设备应装设“紧急停止”开关或按钮。开关或按钮应设在操作者易于发现和操作的位置,开关的操作手柄或按钮必须是“红色”,按钮用紧急式。

设备中操作机构的运动方向,按 GB/T 4205 的规定。

4.5 性能指标

4.5.1 电气性能指标

用以表征设备工作性能的有关指标,应在各有关产品技术文件中给以明确规定。

4.5.2 负载等级

设备的负载等级按 GB/T 3859.1 选取,也可在产品技术文件中另行规定。

4.5.3 噪声

设备在正常工作时所产生的噪声,用声级计测量应不大于 70 dB(A 声级)。

注:对于不需要经常操作、监视的设备,经制造厂与用户协议,其噪声值可高于上述值。

4.6 冷却

设备可采用自然冷却或强迫冷却(风冷或水冷)。为保证正常的冷却,需要在安装场所采取特别的预防措施时,制造厂应提供必要的资料。

4.6.1 自然冷却

采用空气自然冷却时,散热器周围应留有足够的空间,以保证元件所需要的冷却条件。

4.6.2 强迫风冷

采用强迫风冷的设备,必要时,进风入口处,应装有过滤装置,以滤除空气中的尘埃,或者采用经过过滤的空气作为进风。进口风温应由产品技术文件作出规定。

4.6.3 水冷

设备采用水冷时,冷却水循环系统应装有过滤装置。冷却水循环系统(管路、阀门等)不能采用铁制品(不锈钢例外),推荐采用塑料、尼龙制品。热交换器允许采用紫铜管。

4.7 电气间隙与爬电距离

对标明额定冲击耐受电压值的设备,依据 GB 7251.1—2005 中表 14 和表 16 确定设备的最小电气间隙和爬电距离。

如未标明设备额定冲击耐受电压值时,检查结果应符合表 1 的规定。

表 1

额定绝缘电压 U_i /V	空气中的最小电气间隙/mm		爬电距离的最小值/mm	
	$I_n \leq 63$ A	$I_n \geq 63$ A	$I_n \leq 63$ A	$I_n \geq 63$ A
$U_i \leq 60$	2	3	3	4
$60 < U_i \leq 250$	3	5	4	8
$250 < U_i \leq 380$	4	6	6	10
$380 < U_i \leq 500$	6	8	10	12
$500 < U_i \leq 660$	6	8	12	14
$660 < U_i \leq 750$ 交流	10	10	14	20
$660 < U_i \leq 800$ 直流				
$750 < U_i \leq 1000(1140)$ 交流	14	14	20	28
$800 < U_i \leq 1500$ 直流				

作为设备组成部件的电器元件及自成一体的单元,其电气间隙和爬电距离应符合各自标准的规定。

4.8 绝缘电阻与介电性能

4.8.1 绝缘电阻

设备中带电回路之间,以及带电回路与裸露导电部件之间,应用相应绝缘电压等级(至少 500 V)的绝缘测量仪器进行绝缘测量。测得的绝缘电阻按标称电压至少为 1 000 Ω /V。

4.8.2 冲击耐受电压

试验电压施加于:

- 设备的每个带电部件(包括连接在主电路上的控制电路和辅助电路)和内连的裸露导电部件之间。
- 在主电路每个极和其他极之间。
- 没有正常连接到主电路上的每个控制电路和辅助电路与
 - 主电路;
 - 其他电路;
 - 裸露导电部件;
 - 外壳或安装板之间。

试验电压值按 GB 7251.1—2005 中 7.1.2.3.2 和 7.1.2.3.3 的规定。

4.8.3 工频耐受电压

试验电压应施加于:

- 设备的所有带电部件与相互连接的裸露导电部件之间;
 - 在每个极和为此试验被连接到成套设备相互连接的裸露导电部件上的所有其他极之间。
- 对主电路及与主电路直接连接的辅助电路,按表 2 的规定。

表 2

额定绝缘电压 U_i /V	工频耐受电压(交流方均根值)/V
$U_i \leq 60$	1 000
$60 < U_i \leq 300$	2 000
$300 < U_i \leq 690$	2 500
$690 < U_i \leq 800$	3 000
$800 < U_i \leq 1\ 000$	3 500
$1\ 000 < U_i \leq 1\ 500^a$	3 500
^a 仅指直流。	

制造厂已指明不适于由主电路直接供电的辅助电路,按表 3 的规定。

表 3

额定绝缘电压 U_i /V	工频耐受电压(交流方均根值)/V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2U_i + 1\ 000$ 其最小值为 1 500

4.9 温升

设备内部各部件的温升用热电偶法或其他校验过的等效方法测量,不应超过表 4 的规定。

表 4

设备内的部件	表面材料	温升/K
内装元、器件	—	符合元、器件的各自标准
母线和导线, 连接到 母线上的插接式触点	—	受下述条件限制: ——导电材料的机械强度; ——对相邻设备的可能影响; ——与导体接触的绝缘材料的允许温度极限; ——导体温度对与其相连的电器元件的影响; ——对于插接式触点, 接触材料的性质和表面的加工处理;
可接近的外壳和覆板	金属表面 绝缘表面	30° 40°
手动操作器件	金属 绝缘材料	15° 25° ^b
用于连接外部绝缘导线的端子	—	70
分散排列的插头与插座	—	由组成设备的元、器件的温升极限而定
^a 除非另有规定, 那些可以接触, 但在正常工作情况下不需要触及的外壳和覆板, 允许其温升提高 10 K。 ^b 那些只有在设备打开后才能接触到的操作手柄, 例如, 抽出式手柄等, 由于不经常操作, 故允许有较高的温升。		

连接到发热件(如管形电阻、板形电阻、瓷盘等)上的导线应从侧方或下方引出, 并需剥去适当长度的绝缘层, 换套耐热瓷珠, 使导线的绝缘端部耐温性能提高。

4. 10 保护

4. 10. 1 防止触电的保护

应采取保护措施防止意外地触及电压超过 50V 的带电部件。对于装在设备内的电器元件, 可采取下述一种或几种措施:

- 用绝缘材料将带电部件完全包住, 以便保证即使门打开时也不致意外地触及带电部件。
- 设备采用联锁机构, 使得只有在电源开关断开以后才能打开。而且当设备门打开时, 电源开关不能闭合。当然, 这种联锁机构应能允许指定人员(如调试和检修人员)在设备带电时接近带电部件, 当门重新关闭时, 联锁应当自动恢复。
- 移动、打开和拆卸设备应使用专用钥匙或工具。
- 切断电路时, 电荷能量大于 0. 1J 的电容器应具有放电回路。在有可能产生电击的电容器上应有警示标志。
- 旋钮和操作手柄等部件最好采用符合设备的最大绝缘电压的绝缘材料来制作或作为护套, 或安全可靠地同已连接到保护电路上的部件进行电气连接。

4. 10. 2 短路保护

对于设计为耐短路的设备, 在其额定运行时输出端发生的短路, 均不对设备及其部件产生不可接受的热和任何损害。短路消除以后, 应不用更换任何元件或采取任何措施(例如开关操作), 设备便能重新运行。

可以采用保护器件使设备获得短路耐受能力。必要时, 应能发出相应的报警及联动信号。

4. 10. 3 过载保护

被控对象不允许过载运行时, 设备应有过载保护。

4.10.4 零电压和欠电压保护

设备应设有零电压保护。这种保护应在设备断电后(由于电网瞬时失压和保护器件动作),电源再现时,被控制的设备不能自动运行。

注:对于某些设备,如果设备在断电后自行运行不造成对操作者有危险,同时又不致对设备本身造成损伤,则可不受本条所限。

某些设备如果允许电源电压瞬时中断(或瞬时欠电压)而不要求断开电路。则可配备电压延时器件,只有在欠电压超过规定的时限后,才能切断电路。如设备需要,也可配备瞬时失压保护。

4.10.5 过压保护

当设备的输出电压超过规定的极限值时,应将设备主电路自动断开或采取其他保护措施,以保证设备中的各部件不受损伤。

正常工作时,设备应能承受下列各种过电压而其各元件不受损伤:

- a) 开关操作的过电压;
- b) 熔断器或快速开关分断时产生的过电压;
- c) 元件换相过程中产生的过电压;
- d) 产品技术条件提出的其他过电压(如雷击波形的大气过电压等)。

4.10.6 安全接地保护

设备的金属构体上,应有接地点。与接地点相连接的保护导线的截面,按表5的规定。

表 5

设备相导体截面积 S/mm^2	相应保护导体(PE、PEN)的最小截面积/ mm^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$S > 800$	$S/4$

如果设备采用黄、绿接地线,保护导体端子的接地标记符号可省略。

连接接地线的螺钉和接地点不能用作其他用途。

4.11 控制电路

控制电路的设计应做到在各种情况下(即使是操作错误)确保人身安全。当电器故障或操作错误时,不应使设备受到损坏。

可能对危及人身安全、损坏设备或破坏生产的情况,应采用联锁装置,使事故立即停止或采取其他应急措施。

4.12 控制柜(台)

4.12.1 柜(台)体

4.12.1.1 设备的外形尺寸按 GB/T 3047.1 的规定。

4.12.1.2 设备的柜(台)体防护,按 GB 4208 的规定。设备的外壳防护等级应在产品技术条件中作出明确规定(一般不得低于 IP2X)。

4.12.1.3 设备的结构应牢固,应能承受运输和正常使用条件下可能遇到的机械、电气、热应力以及潮湿等影响。

4.12.1.4 所有黑色金属件均应有可靠的防护层,各紧固处应有防松措施。

4.12.1.5 设备表面应平整无凹凸现象,漆层应美观、颜色均匀一致,不得有起泡、裂纹和流痕等现象。

4.12.1.6 设备的地基固定安装孔的安装尺寸应符合产品制造图样的要求。

4.12.1.7 柜(台)体的门应能在不小于 90° 的角度内灵活启闭。

- 4.12.1.8 大型的设备,应在顶部加装吊环或吊钩等,以便吊运。
- 4.12.2 抽屜和插件
- 4.12.2.1 抽屜和插件应能方便地抽出,所有接、插点均应保证电接触可靠。
- 4.12.2.2 抽屜、插件应使用刚度好的导轨支撑,以保证在插接时预先对准。并能在各种所需位置(如:使用、调整或检查、不使用)上固定牢靠。必要时,在上述各种位置上应装设机械锁紧机构。
- 4.12.2.3 需要更换的抽屜或插件应具有互换性。
- 4.12.2.4 不同功能的抽屜或插件,应标以明确的符号加以区别,以免插错。必要时应采取防误措施。
- 4.12.2.5 印制板、插件等部件,在焊接完成后,不应有脱焊、虚焊、元件松脱或紧固件松动等现象。
- 4.12.3 元、器件的安装
- 4.12.3.1 开关器件和元件应按照制造厂说明书(使用条件、飞弧距离、隔弧板的移动距离等等)进行安装。
- 4.12.3.2 操作器件应装在操作者易于操作的位置。
- 4.12.4 布线
- 4.12.4.1 连接方式可以采用压接、绕接、焊接或插接并应符合其本身标准的规定。
- 所有接线点的连接线必须牢固。通常,一个端子上只能连接一根导线,将两根或多根导线连接到一个端子上只有在端子是为此用途而设计的情况下才允许。
- 连接在覆板或门上的电器元件和测量仪器上的导线,应该使覆板和门的移动不会对导线产生任何机械损伤。
- 凡电路图或接线图上有回路标号者,其连接导线的端部应标出回路标号,标号应清晰、牢固、完整、不脱色。
- 4.12.4.2 设备主电路母线与绝缘导线如果用颜色作为标记,建议按表 6 执行。

表 6

电路类型	相 序	颜色标记
交流	A 相	黄色
	B 相	绿色
	C 相	红色
	零线或中性线	淡蓝色
	安全用的接地线	黄和绿双色(每种色宽约 15 mm~100 mm 交替标注)
直流	正极	棕色
	负极	蓝色
	接地中线	淡蓝色

- 4.12.4.3 设备主电路的相序排列,以设备的正视方向为准,可参照表 7 的规定。

表 7

相 序	垂直排列	水平排列	前后排列
A 相	上方	左方	远方
B 相	中间	中间	中间
C 相	下方	右方	近方
正极	上方	左方	远方
负极	下方	右方	近方
中性线(接地中性线)	最下方	最右方	最近方

4.13 EMC 试验

4.13.1 试验要求

装有电子器件的设备受电磁干扰的影响是比较明显的,有必要用试验来加以验证。验证设备性能是否满足要求的判别方法应在有关产品技术文件中予以说明。

注:对设备选用的组合器件和元件符合相关的产品标准或 EMC 标准,并且内部安装及接线是按照元器件制造厂的说明书进行的(考虑互相影响、电缆屏蔽和接地等)设备可不作此项验证。

4.13.2 低频干扰

4.13.2.1 电压波动:±10%额定电源电压;短时-15%~+10%额定电源电压。

4.13.2.2 频率波动:±2%额定频率。

在上述扰动条件下,设备应能正常工作。

4.13.3 高频干扰

高频干扰试验要求按表 8 的规定。

表 8

项 目	要 求	结果判定
浪涌 1.2/50 μ s~8/20 μ s	线对线 1 kV;线对地 2 kV	工作特性不应有明显的变化和误操作,对不会造成危害的设备允许工作特性有变化,但应能自行恢复。
电快速瞬变脉冲群	电源端 2 kV;信号和控制端 1 kV	
射频电磁场	10 V/m	
静电放电	空气放电 8kV 或接触放电 6 kV	

4.13.4 发射试验

设备有可能发射出传导或辐射的无线电频率干扰,产品设计时应考虑对其的限制,以免对电网和环境造成污染而干扰其他设备。表 9 给出设备的电网终端扰动电压的极限值。表 10 给出设备的电磁辐射干扰的极限值。

表 9

频带/MHz	准峰值/dB(μ V)	平均值/dB(μ V)
$0.15 \leq f < 0.50$	79	66
$0.5 \leq f < 5.0$	73	60
$5.0 \leq f < 30.0$	73	60

表 10

频带/MHz	电场强度分量/dB(μ V/m)	测量距离/m
$30 \leq f < 230$	30	30 ^a
$230 \leq f < 1\ 000$	37	
^a 若采用 10 m 处进行测量,则 30 m 距离的发射限值应增加 10 dB。 如果由于高环境噪声电平或其他原因不能在 10 m 处进行测试,则可在近距离处如 3 m 处进行测试后加以修正。		

5 试验

5.1 试验分类

设备的试验分型式试验和出厂试验。对某些试验项目(如大功率的通电操作试验及电气性能指标试验等)可以根据协议在设备的运行现场进行。

5.1.1 型式试验

5.1.1.1 型式试验是用来验证给定型式的设备是否符合本标准中规定的技术要求。

型式试验可以在一台(组)产品的样机上进行,也可以在相同设计而制造的同一批产品中的多台产品上分别进行。对某些型式试验项目,也可以在相同设计而制造的关键部件上进行。如为系列设计产品,可选取若干种典型品种、规格进行型式试验。

在下列情况下应进行型式试验:

- a) 已定型的产品当设计、工艺或关键材料更改有可能影响到产品性能时;
- b) 新产品试制定型时;
- c) 制造厂或用户认为有必要进行时(本项主要是指已定型的产品,而使用现场对工作性能有更严格的要求时,可以根据协议对该批产品进行全部项目或部分项目的型式试验)。

型式试验有一项不合格时,应经返修后再对该项目进行复试。若复试仍不合格,则该产品为不合格品。

5.1.1.2 型式试验项目包括:

- a) 一般检查(见第 5.2.1);
- b) 电气间隙与爬电距离检查(见 5.2.2);
- c) 外壳防护等级试验(见 5.2.3);
- d) 绝缘电阻试验(见 5.2.4);
- e) 介电性能试验(见 5.2.5);
- f) 保护电路有效性试验(见 5.2.6)
- g) 通电操作试验(见 5.2.7);
- h) 连续运行试验(见 5.2.8);
- i) 电气性能试验(见 5.2.9);
- j) 温升试验(见 5.2.10);
- k) 气候环境试验(见 5.2.11);
- l) EMC 试验(见 5.2.12);
- m) 振动试验(见 5.2.13);
- n) 噪声试验(见 5.2.14);
- o) 跌落试验(见 5.2.15)。

5.1.2 出厂试验

每台设备出厂前必须进行出厂试验,全部出厂试验项目检查合格后应挂合格证。

出厂试验中,如有不符合本标准的地方,则该产品为不合格品。须返修并经再次试验合格后,方可发放合格证。

出厂试验项目包括:

- a) 一般检查(见 5.2.1);
- b) 电气间隙与爬电距离检查(见 5.2.2);
- c) 外壳防护等级试验(见 5.2.3);
- d) 绝缘电阻试验(见 5.2.4);
- e) 介电性能试验(见 5.2.5);
- f) 保护电路有效性试验(见 5.2.6);
- g) 通电操作试验(见 5.2.7)。

5.2 试验方法

5.2.1 一般检查

设备应做如下项目检查:

- a) 检查设备应符合制造图样及相应的标准,各种元件、器件安装应牢固、端正、正确;
- b) 检查设备的尺寸、形状及焊接应符合要求;
- c) 检查柜(台)体及面板的表面应平整,漆层应均匀;
- d) 检查设备门开启角度应不小于 90° ,并应启闭灵活;
- e) 检查所有机械操作零部件、联锁、锁扣等运动部件的动作应灵活,动作效果应正确;
- f) 检查母线、导线的规格、尺寸、色标、相序、布置等应符合要求;
- g) 检查插件、抽屉的插接应良好;
- h) 检查设备保护功能应符合要求;
- i) 检查设备的标志及应随设备出厂的技术文件与资料应完整。

5.2.2 电气间隙与爬电距离检查

设备中不等电位的裸导体之间,以及带电的裸导体与裸露导电部件之间的最小电气间隙和爬电距离,应符合本标准 4.7 的规定。

出厂试验时,可进行直观检查以保证规定的电气间隙和爬电距离。

5.2.3 外壳防护等级试验

依据 GB 4208 的规定,检查设备的外壳防护等级应符合本标准 4.12.1.2 的规定。

出厂试验时,可进行直观检查以保证规定的防护等级。

5.2.4 绝缘电阻试验

测量时,使用的兆欧表的电压等级应根据设备的额定工作电压而定。应用电压至少为 500 V 的绝缘测量仪器进行绝缘测量。

电路与裸露导电部件之间的绝缘电阻按标称电压应至少为 $1\,000\ \Omega/V$ 。

试验时,对于不能承受所规定的兆欧表电压的元件(如半导体元件、电容器等),试验时应将其短接。水冷设备应在无水情况下测量。

5.2.5 介电性能试验

5.2.5.1 冲击耐受电压试验

对已标明额定冲击耐受电压值的设备应验证设备绝缘配合所选取的电气间隙能否承受规定的瞬态过电压,用具有 $1.2/50\ \mu\text{s}$ 波形的电压进行冲击耐受电压试验。对每个极应施加 3 次 $1.2/50\ \mu\text{s}$ 的冲击电压,间隔时间至少为 1 s。

试验过程中,不应有破坏性放电现象。

5.2.5.2 工频耐受电压试验

试验应按下述规定进行:

- a) 设备应完整关闭后进行。主电路的触头应处于闭合或短接状态。对不能承受规定电压的元件,应将其短接或断开。水冷设备应在无水情况下进行。
安装在带电部件和裸露导电部件之间的抗干扰电容器不应断开,此电容器应能够耐受试验电压。
- b) 交流电源应有足够的容量,以便在出现各种漏电流的情况下仍能维持试验电压。试验电压为正弦波,其频率在 $45\ \text{Hz}\sim 62\ \text{Hz}$ 之间。根据具体情况,也可施加与规定试验电压峰值相等的直流试验电压。
- c) 试验应在非电连接的各电路之间以及各电路与外壳之间进行,试验电压按表 2 和表 3 的规定。用绝缘材料制造的外壳和外部操作手柄应以金属箔包覆,工频耐受电压试验是在带电部件和金属箔之间施加表 2 规定值的 1.5 倍。
- d) 开始施加时的试验电压不应超过本条中给出的 50%,然后在几秒钟之内将试验电压稳定增加至规定的最大值并维持 5 s。试验后将电压逐渐下降至零。对于出厂试验施加时间为 1 s。
- e) 试验中如果没有击穿或闪络现象为合格。

5.2.6 保护电路有效性试验

应检查设备的不同裸露导电部件以及这些部件和保护电路之间的电连续性,保护导体端子和设备相应裸露导电部件之间的电阻不应超过 0.1Ω 。

应使用电阻测量仪器进行验证,通过电阻测量点之间的试验电流至少为 10 A ,交流或直流电流均可。

出厂试验时,可利用直观检查来验证保护电路的电连续性,尤其应检查螺钉连接是否接触良好,可能的话可抽样试验。

5.2.7 通电操作试验

通电操作试验的目的在于检验设备的接线是否正确以及设备的工作特性是否达到规定的要求。

试验时,设备应先是在额定电源电压下运行,然后将电源电压在规定的变化范围内连续调节,设备在额定负载和过载条件下检验其工作特性及操作应符合产品技术条件的规定。对出厂试验,设备只在额定电源电压下运行即可。

5.2.8 连续运行试验

连续运行试验是使设备在规定的电源条件下,尽可能按实际工作的程序不间断地连续运行。在整个连续运行过程中,其各种动作、功能及程序应正确无误。

试验时,应使设备在规定的最高工作环境温度下进行。连续运行试验的最短时间,应在有关技术要求中说明,但不得少于 24 h 。

5.2.9 电气性能试验

电气性能试验的目的是检验设备的各项工作性能指标是否达到产品规定的要求。

试验时应尽量模拟装置的正常工作状态,其检验项目、要求和内容应由产品技术文件作出规定并应符合相关产品技术条件的要求。

如果适用,建议设备进行如下项目检查:

5.2.9.1 均衡度测量

5.2.9.1.1 电压均衡度

如果设备是由多个相同器件串联的,则应按产品技术文件规定的指标检查其电压均衡度。

$$K_u = \sum U_i / nU_i$$

式中:

K_u ——电压均衡度;

$\sum U_i$ ——一个支路中各元件承受正(反)向电压(峰值)的总和,单位为伏(V);

U_i ——该支路中各元件所承受的正(反)向电压(峰值)的最大值,单位为伏(V);

n ——一个支路中串联的元件数。

设备应能确保在最恶劣的状况下,器件承受的电压不超过设计值。

5.2.9.1.2 电流均衡度

对于若干支路并联工作的设备,应按产品技术文件的规定检查电流均衡度。

$$K_i = \sum I_i / nI_i$$

式中:

K_i ——电流均衡度;

$\sum I_i$ ——各并联支路电流的总和,单位为安(A);

I_i ——实际测得的支路电流最大值,单位为安(A);

n ——并联的支路数。

试验时应使被试设备电流不低于 80% 的额定值,并用同一仪表测量每一支路上的电流。应能确保在最恶劣的状况下,任何一个部件承受的负载不超过设计值。

5.2.9.2 输出电压不对称度

设备在正常使用条件下,在各相负载对称情况下,输出三相电压的不对称度应符合产品技术文件的规定。

试验时,在所规定的电源与负载条件下,同时记录设备的三相输出电压,计算不对称度。

图2中AB、BC和CA为所测得的三相线电压,O和P是以CA为公共边所作的两个等边三角形的两个顶点。电压不对称度为:

$$K = U_F / U_Z = OB / PB$$

式中:

K——电压不对称度;

U_F ——输出电压的负序分量,单位为伏(V);

U_Z ——输出电压的正序分量,单位为伏(V)。

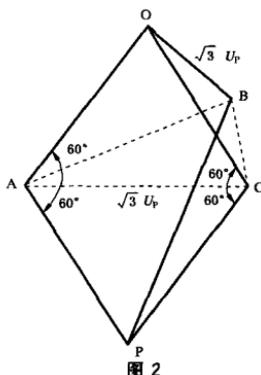


图 2

5.2.9.3 功率因数

功率因数的测量应在额定工作条件下进行。该测量可在通电操作试验的同时进行。

设备的功率因数 = 有功功率 / 视在功率

5.2.9.4 效率

在输出额定电压、额定电流和规定的负载功率因数下,设备的效率应达到产品技术条件的要求。

效率(%) = 输出功率 / 输入功率 × 100%

5.2.9.5 谐波

采用谐波分析确定设备的谐波含量,测量条件及要求应由产品技术条件作出规定。

5.2.9.6 纹波

对直流输出的设备,应测量设备的纹波系数。

设备的纹波系数 = 交流分量的有效值 / 直流电压值 × 100%

测量结果应符合产品技术条件的规定。

5.2.10 温升试验

温升试验的目的是检验设备内各部位的温升是否符合4.9条的规定。

温升试验时,设备应处在规定的通风和散热条件下,对需要检验的回路或部件通以额定电流。

试验应维持足够的时间以使设备各部位的温度达到热平衡的稳定值。如果温度的变化小于1℃/h,则认为温升已达到稳定。

注:为缩短试验时间,只要设备允许,开始试验时可以加大电流,以后再降到规定的试验电流值。

可用热电偶或温度计来测量温度。应防止空气流动和热辐射对温度计和热电偶的影响,对于线圈,通常采用电阻法(参见附录 B)。

环境温度应在试验周期的最后四分之一期间内测量,至少要用两个热电偶或温度计均匀地布置在设备的周围,高度约为设备的二分之一处,并在离开设备 1 m 远的地方安装。应防止空气流动和热辐射对温度计和热电偶的影响。

试验时,周围环境温度应在 10℃~40℃ 之间,如果环境温度超出此范围,则本标准不适用,制造厂和用户应另订专门的协议。

5.2.11 气候环境试验

5.2.11.1 环境温度试验

环境温度试验的目的是考核设备在表 11 规定的环境温度限值条件下设备运行的可靠性。

表 11

内 容	要 求
温 度	(-5 或 +5~+40)℃±2℃
试验持续时间	4h,16h(推荐采用 16h)
设备状态	额定负载/额定电流时工作正常

设备在额定负载条件下,模拟正常工作状态分别在规定的最高和最低试验环境温度下,保持规定的试验持续时间,设备应能正常、可靠工作。试后,对其进行直观检查,应注意是否有元件过热、紧固件松动及绝缘损坏的迹象。

5.2.11.2 湿热试验

要验证设备的耐潮湿能力,应按表 12 进行湿热试验。

表 12

内 容	要 求
湿 度	(93±2)%
温 度	(+40±2)℃
试验持续时间	2d,4d,10d(推荐采用 4d)
设备状态	不通电

对设备进行直观检查,应注意是否有元件过热、紧固件松动、绝缘损坏的迹象并使设备恢复 1 h~2 h 后,按照 5.2.4 和 5.2.5.2 要求进行绝缘电阻和工频耐受电压试验,试验电压为规定值的 85%。

5.2.12 EMC 试验

EMC 试验的目的是考核设备对特定的外加干扰条件的耐受能力。在存在电磁干扰的情况下,设备应仍能进行工作而不降低其性能。

5.2.12.1 低频干扰

5.2.12.1.1 电压波动

被试设备在稳定的电源下工作,当设备电源输入的变化为±10%额定电压时,短时(小于 0.5 s)电源电压变化为额定电压的-15%~+10%的情况下,对被试设备不应造成任何损坏和有害的影响。

5.2.12.1.2 频率波动

设备应设计成能以规定电源额定频率运行,若供电电源系统的频率变化达标称值的±2%,被试设备应能正常工作。

5.2.12.2 高频干扰

5.2.12.2.1 浪涌(冲击)

应按线-线和线-地方式施加浪涌。进行线对地试验时,如没有其他规定,试验电压必须依次地加到

每根线和地之间。

注：当使用组合波信号发生器对两根或多根线对地进行试验时，试验脉冲的持续时间可能会减少。

试验时还应考虑被试设备的非线性电流-电压特性。因此，试验电压只能由低等级逐步增加到规定值。为了找到设备工作周期内的所有关键点，应施加足够次数的正、负极性浪涌。浪涌试验波形参数如表 13 所示。

表 13

信号特征	波前时间/ μs	半峰值时间/ μs
开路电压	1.2	50
短路电流	8	20

每一极性至少进行各五次试验，如果可能，每次试验在电源电压波形的不同位置进行。两次浪涌间的时间间隔取决于（内部）保护装置的恢复时间（重复频率为 1 次/min）。试验电压值见 4.13.3 中表 8 的规定。

5.2.12.2.2 电快速瞬变脉冲群

对带有 50Ω 终端负载的电快速瞬变脉冲群发生器的要求：

极性：正极性、负极性；

单个脉冲的上升时间： $5(1\pm 30\%)$ ns；

脉冲持续时间（50%值）： $50(1\pm 30\%)$ ns；

脉冲群持续时间： $15(1\pm 20\%)$ ms；

脉冲群周期： $300(1\pm 20\%)$ ms。

应该按照设备或系统的最终安装状态进行试验。为了尽可能地逼真模拟实际的电磁环境，在进行安装后试验时应该不用耦合/去耦网络。

试验过程中，除了被试设备以外，如果有其他装置受到不适当的影响，经用户和制造商双方同意可以使用去耦网络。

试验施加部位：

a) 对供电电源和保护接地端子

试验发生器应放置在参考平面上。试验导线长度不超过 1m。试验电压施加在接地参考平面和每一个交流或直流供电电源的接线端子之间，以及被试设备机壳的保护接地或功能接地端子上。

b) 对控制、信号和通信端口

为了把试验电压耦合到线路上，应尽可能地使用耦合夹。如被试设备不适用，也可代之以金属带或导电箔来包裹被测的线路。

对每一极性（正/负）进行试验，试验的持续时间不少于 1 min。试验中，被试设备不应出现性能和功能的降低或丧失，试验程序和结果的说明应在产品技术文件中加以规定。被试设备满足产品技术文件的要求，则表明试验合格。

5.2.12.2.3 射频电磁场辐射

试验应尽可能在被试设备的实际工作状态下进行，布线应按生产厂推荐的规程进行，除非另有说明，设备应置于机壳内，所有盖板和面板应安放就位。

被试设备应置于绝缘试验台或非导体支撑物上（视设备而定）。从被试设备引出的连线暴露在电磁场中的距离为 1 m。

首先使被试设备的一面与均匀域平面重合。

用 1 kHz 的正弦波对信号进行 80% 的幅度调制后,在 80 MHz~1 000 MHz 频率范围内进行扫描测量。当需要时,可以暂停扫描以调整射频信号电平或振荡器波段开关和天线。扫描速度不应超过 1.5×10^{-3} 十倍频程/s,在频率范围内步进递增扫描时,应在校准点之间采用线性插入法以不超过基频 1% 步长扫描。试验场强为规定值。

发射天线应对被试设备的四个面之每一侧面进行试验。当被试设备能以不同方向(如垂直或水平)放置使用时,各个侧面均应试验。

对被试设备的每一侧面要在发射天线的两种极化状态下进行试验。一次在天线垂直极化位置,一次在天线水平极化位置。

在试验过程中应尽可能使被试设备充分运行,并在所有选定的敏感运行模式下进行抗干扰试验。

5.2.12.2.4 静电放电

静电放电应施加于操作人员正常使用被试设备时可能接触的点和表面上。

为了确定故障的临界值,试验电压应从最小值到选定的试验电压值逐渐增加,最后的试验值不应超过产品的规定值,以免损坏设备。

试验电压示值的容许偏差为 $\pm 5\%$,输出电压极性为正和负极性(可切换的)。试验应以单次放电的方式进行。在预选点上,至少施加十次单次放电(最敏感的极性)。

连续单次放电之间的时间间隔建议至少 1 s,但为了确定系统是否会发生故障,可能需要较长的时间间隔。

注:放电点通过以 20 次/s 或以上放电重复率来进行试探的方法加以选择。

试验时,静电放电发生器应保持与实施放电的表面垂直,以改善试验结果的可重复性。

在实施放电的时候,发生器的放电回路电缆与被试设备的距离至少应保持 0.2 m。

在接触放电的情况下,放电电极的顶端应在操作放电开关之前接触被试设备。

对于表面涂漆的情况,应采用以下操作程序:

- 如设备制造厂家未说明漆膜为绝缘层,则发生器的电极头应穿入漆膜,以便与导电层接触,如生产厂家指明漆膜是绝缘层,则应只进行空气放电。这类表面不应进行接触放电试验。
- 在接触放电的情况下,放电电极的圆形放电头应尽可能快地接近并触及被试设备(不要造成机械损伤)。每次放电之后,应将静电放电发生器的放电电极从被试设备移开,然后重新触发发生器进行新的单次放电,这个程序应当重复直至放电完成为止。

试验中,被试设备不应出现性能和功能的降低或丧失,被试设备满足产品技术条件的要求,则表明试验合格。

5.2.12.3 发射

5.2.12.3.1 用以评估电网终端电源端口的高频干扰电压发射的测量设备可以采用模拟电网网络(若适用)或高阻抗电压探针。

如采用电压探针测量时,探针连接在电源线 and 基准接地之间。若设备采用接地的金属机架,则机架可被看作是参考基准接地,探针应接于进入设备的电源线引线上。到探针的连线应尽可能地短,最好小于 0.5 m。试验接收机覆盖的频率范围应为 150 kHz~30 MHz,通常将频率分为三个常用的频段(0.15 MHz~0.50 MHz; 0.50 MHz~5.0 MHz; 5.0 MHz~30 MHz)将各个频段中测得的最大值记录下来作为该部分的典型值。

5.2.12.3.2 在进行辐射性发射测试时,被试设备应安置于一个旋转台上,以便各个方向的辐射性发射都可测量到。在 150 kHz~30 MHz 频率范围内,有此覆盖范围的准峰值和平均值检测器都可采用,带宽应为 9 kHz。在 30 MHz~1 000 MHz 频率范围内,应采用准峰值检测器,带宽应为 120 kHz。

设备传导和辐射干扰发射试验按 IEC 61800-3 的规定。

5.2.13 振动试验

振动试验要求按表 14 的规定。

表 14

频率范围	振幅和加速度	振动持续时间	设备状态
10 Hz ≤ f ≤ 57 Hz	0.075 mm	10 个扫描周期/每轴(在相互垂直的每个轴上)	不带电
57 Hz ≤ f ≤ 150 Hz	10 m/s ²		
试验检查		进行直观检查和通电试验	

设备的振动试验应分别在三个互相垂直的轴向进行。

振动试验后对被试设备做机械和电气方面的功能检查。

5.2.14 噪声试验

试验应在周围 2 m 内设有声音反射面的场所进行。测量应在正对设备操作面 1 m 处,测量时测试设备应正对被试设备噪声源。用声级计沿被试设备表面移动,按每间隔 1 m(不能小于 0.5 m)作为一个参考点,测量设备的 A 声级按表 15 经对背景噪声修正后,依据公式计算表面平均 A 声级。

$$L_P = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_{Pi} - K_{Li})} \right]$$

式中:

L_P ——测量表面平均声压级,单位为分贝(dB);

L_{Pi} ——第 i 点测量的声压级,单位为分贝(dB);

N ——测点总数;

K_{Li} ——第 i 点的背景噪声修正值,单位为分贝(dB)。

表 15

设备工作时实测值与背景噪声值之差/dB	修正值 K_{Li}
<6	测量无效
6	1.0
7	1.0
8	1.0
9	0.5
10	0.5
>10	0.0

注:当 $L_n - K_{Li}$ 之变化范围不超过 5.0 dB 时,可使用算术平均代替能量平均,其计算误差不大于 0.7 dB。

5.2.15 跌落试验

包装件一端支起 100 mm~150 mm,提起另一端自由下落于平整的地面或钢板上。根据设备的特点和储运情况,选择不同的跌落高度(一般不小于 300 mm),每端跌落两次,设备应无明显破损与变形。

电气控制设备产品的试验方法参照 GB/T 10233 的规定。

6 铭牌与标志、包装和运输

6.1 铭牌、标志

设备的铭牌、标志按 GB 7251.1—2005 中 5.1 和 5.2 的规定。

6.2 包装、运输

设备的包装、运输按 JB/T 3085 的规定。

附录 A
(规范性附录)
控制单元试验

控制单元应进行如下试验验证：

A.1 高低温冲击试验

高低温冲击试验的目的是考核控制单元在储存、运输及使用过程中经受空气温度变化的能力，同时考核印制板组装件的焊点质量及对早期失效的元、器件进行筛选。

试验时被试品应在没有包装及不工作状态下进行。

被试品先置于温度为 T_L 的低温箱中存放时间 t_1 ，然后取出置于试验室内的环境温度下保持时间为 t_2 ，再放入到温度为 T_H 的高温箱中存放时间 t_3 ，再取出置于试验室环境温度下保持时间 t_4 。此即一次循环(见图 3)。循环次数应不小于 5 次。

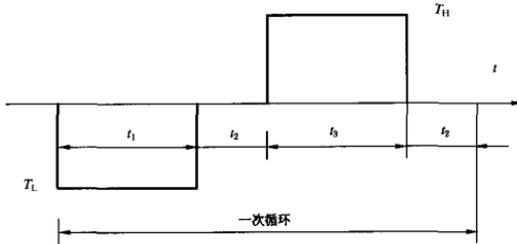


图 A.1

温度 T_L 、 T_H 及时间 t_1 、 t_3 取决于被试品的热容量及对产品要求考核的严酷程度，应在有关产品的标准中加以规定。若无特殊需要，一般应不低于本标准规定。

$$T_L = -40^\circ\text{C};$$

$$T_H = +60^\circ\text{C};$$

$$t_1 = t_3 \text{ 不小于 } 30 \text{ min.}$$

t_2 不小于 2 min，不大于 3 min。对于自动两箱设备， t_2 可以小于 30 s，而且不需放在试验室温度下。

试验时温度允许值偏差范围应在 $\pm 3^\circ\text{C}$ 之内。

试验温箱的容积及其空气循环应使被试品放入后，在 5 min 或存放时间的 10% 内(两者取其中较小的数值)，其温度应保持在规定允差之内。

经过高、低温循环试验后，待被试品恢复到试验室环境温度后进行外观检查及测试电气性能，应符合规定要求。

A.2 高温存放试验

被试品置于温度为 T_{H1} 高温箱中连续存放时间 t_4 ，然后取出置于试验室内的环境温度下恢复。 T_{H1} 和 t_4 的值，应由有关产品技术文件作出明确规定。如无特殊需要，应从下列参数中选定：

$$T_{H1} = +60^\circ\text{C}、+70^\circ\text{C} \text{ 或 } 85^\circ\text{C};$$

$$t_4 = 72 \text{ h.}$$

经过高温存放试验后，待被试品恢复到试验室环境温度，测量其电气机械性能，应符合规定要求。

附录 B
(资料性附录)
电阻法测温升

对于线圈,通常采用电阻法测温升。

温升试验时,设备应处在规定的通风和散热条件下。应在稳定的环境温度下进行线圈电阻(R_1 , T_1)的测量,然后对需要检验的回路或部件通以额定电流。

试验应维持足够的时间以使设备各部位的温度达到热平衡的稳定值。如果温度的变化小于 $1^\circ\text{C}/\text{h}$,则认为温升已达到稳定。切断电源,立即测量其电阻值(R_2 , T_2)。电阻值测量采用高精度电桥或直流测量电路。

线圈温升计算式:

$$\text{线圈温升值 } K = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (234.5 + T_1) - (T_2 - T_1) \text{ (对于铜线圈)}$$

式中:

R_1 ——在 T_1 时的线圈冷态电阻,单位为欧(Ω);

R_2 ——在 T_2 时的线圈热态电阻,单位为欧(Ω);

T_1 ——测冷态电阻时的周围空气温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

T_2 ——测热态电阻时的周围空气温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。