

Q/DX

青岛鼎信通讯股份有限公司技术文档

换相开关型三相负荷不平衡自动调节装置技术规范

V1.0

2019-05-21 发布

2019-05-22 实施

青岛鼎信通讯股份有限公司发布

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 使用标准条件	2
5 分类	3
6 技术要求	6
7 试验	6
8 标志、包装、运输及贮存	13
附录 A.....	错误!未定义书签。

前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分 标准的结构与编写》进行起草。结合公司相关规范起草，作为企业的内控标准，指导产品的设计、生产及检验。

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司提出。

换相开关型三相负荷不平衡自动调节装置技术规范

1 范围

本规范定义了换相开关型三相负荷不平衡自动调节装置的具体要求。

本规范适用于额定交流电压不超过 400V，频率 50Hz 及以下的换相开关型三相负荷不平衡自动调节装置（以下简称装置）。

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。

GB/T 7251.1-2013	低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：总则
GB/T 29312-2012	低压无功功率补偿投切装置
GB/T 4208	外壳防护等级 (IP 代码)
GB/T 15576-2008	低压成套无功功率补偿装置
GB/T 20626.1-2006	特殊环境条件 高原电工电子产品 第 1 部分：通用技术要求
GB/T 22580-2008	特殊环境条件 高原电气设备技术要求 低压成套开关设备和控制设备
GB/T 17626.2	电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3	电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4	电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5	电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
GB/T 17626.6	电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
GB/T 17626.8	电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.10	电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
GB/T 17626.11	电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
GB 4824-2013	工业、科学和医疗 (ISM) 射频设备 骚扰特性 限值和测量方法
GB/T 2423.1-2008	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温
GB/T 2423.2-2008	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温
GB/T 2423.4-2008	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db：交变湿热 (12h+12h 循环)
GB/T 2423.5-1995	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击
GB/T 2423.10-2008	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 13384-2008	机电产品包装通用技术条件
DL/T 721-2013	配电自动化远方终端
Q/GDW 1519-2014	配电网运维规程
IEC 61000-6-3:2006	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments

3 术语和定义

3.1 三相负荷不平衡自动调节装置 Three-phase load unbalance automatic Regulating Equipment; TRE

安装在配电网中将三相负荷不平衡现象自动调节平衡的装置总称,目前按技术原理主要有换相开关型、电容型、电力电子型等三类装置。

3.2 换相开关型三相负荷不平衡自动调节装置 Commutation Switch Type TRE

由一个主单元(智能换相终端)和若干个子单元(换相开关)组成,通过主单元控制子单元转换承载单相负载的工作相,以实现负荷相位转换,消除或减少电网中三相负荷不平衡度的装置。

3.3 智能换相终端 Intelligent commutation terminal

换相开关式三相负荷不平衡自动调节装置主单元,用于监测三相线路的供电状态,控制一个或多个子单元进行负载的相位转换,是集采集、运算、通信为一体的控制装置。

3.4 换相开关 Commutation Switch

换相开关式三相负荷不平衡自动调节装置子单元,由一个或多个开关设备构成,用于将单相负荷自由接通在三相电源的任意相,来实现三相负荷不平衡治理,是集采集、运算、通信、换相切换为一体的投切装置。

3.5 换相时间 Transfer Phase Time

从原工作相的主触头断开起到现工作相的主触头闭合为止的时间。

4 使用标准条件

4.1 周围空气温度

4.1.1 户外装置周围空气温度

周围空气温度不超过+70℃,且在24h一个周期的平均温度不超过+35℃。
周围空气温度的下限为-40℃。

4.2 湿度条件

4.2.1 户内装置的湿度条件

最高温度为+40℃时的相对湿度不超过50%。在较低温度时允许有较高的相对湿度。例如,+20℃时的相对湿度为90%。宜考虑到由于温度的变化,有可能会偶尔产生适度凝露。

4.2.2 户外装置的湿度条件

最高温度+25℃时,相对湿度短时可达100%。

4.3 污染等级

污染等级是指装置所处的环境条件。

对于外壳内的开关器件和元件,可使用外壳内环境条件的污染等级。

为了评定电气间隙和爬电距离,确定了以下4个微观环境的污染等级。

污染等级1:无污染或仅有干燥的、非导电性污染。此污染无影响。

污染等级 2: 一般情况下只有非导电性污染, 但要考虑到偶然由于凝露造成的暂时导电性。

污染等级 3: 存在导电性污染, 或者由于凝露使干燥的非导电性污染变成导电性的污染。

污染等级 4: 持久的导电性污染, 例如由于导电尘埃、雨雪或其他潮湿条件造成的污染。

如果没有其他规定, 装置一般在污染等级 3 环境中使用。而其他污染等级可以根据特殊用途或微观环境考虑采用。

注 1: 设备微观环境的污染等级可能受外壳内安装方式的影响。

4.4 海拔

安装地点的海拔不得超过 2000m。

注 1: 在海拔高于 2000m 处使用, 应考虑介电强度的降低和空气冷却效果以及器件的分断能力的减弱, 具体参见 GB/T 20626.1-2006 及 GB/T 22580-2008 中的要求予以修正。

4.5 电源要求

装置供电电源要求如下:

- a) 三相四线制配电系统, 电压允许偏差 $-30\%\sim+30\%$;
- b) 频率 50Hz, 允许偏差 $-6\%\sim+2\%$;
- c) 谐波含量 THDU $\leq 5\%$ 。

4.6 特殊使用条件

如果在不符合 4.1~4.5 规定的使用条件下使用, 则应遵守适用的特殊要求标准或制造商与用户之间签订的专门协议。

特殊使用举例如下:

- (a) 温度值、相对湿度和/或海拔高度与 4.1、4.2、4.4 的规定值不同;
- (b) 在使用中, 温度和/或气压的急剧变化, 以致在装置内易出现异常的凝露;
- (c) 空气被尘埃、烟雾、腐蚀性微粒、放射性微粒、蒸汽或盐雾严重污染;
- (d) 暴露在强电场或磁场中;
- (e) 暴露在极端的气候条件下;
- (f) 受霉菌或微生物侵蚀;
- (g) 安装在有火灾或者爆炸危险的场地;
- (h) 遭受强烈震动冲击和地震发生;
- (i) 安装在会使载流容量或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) 暴露在除电磁骚扰以外的传导和辐射骚扰场所, 以及除在 7.16 中所述环境以外的电磁骚扰场所;
- (k) 异常过电压状况或异常的电源波动;
- (l) 电源电压或负载电流的过度谐波。

5 分类

5.1 按装置内部通讯方式分类

- 无线 (loran);
- 有线 (电力线载波)。

6 技术要求

6.1 外观与结构

- a) 装置的结构设计应外形美观，易于维修、安装和调试。壳体不应出现明显的划伤、凹陷、变形、脱漆，表面应清洁无污迹。
- b) 装置内所有金属紧固件应有锁紧措施，以保证在正常使用条件下不会因振动而松动或移位；并应涂敷合适的镀层，镀层不得起皱、脱落、发黑及生锈。外接端子应齐全、牢固、无划痕。

6.2 材料和部件的强度

GB/T 7251.1-2013条款8.1部分适用。即装置绝缘导线的可燃性等级不应低于V-1级，装置外壳的可燃性等级不应低于V-1级，装置载流器表面的绝缘材料可燃性等级不应低于V-2级，装置电子元器件的可燃性等级不应低于V-1级。

6.3 电气间隙和爬电距离

装置的不同极性的裸露带电体之间，以及它们与地之间的电气间隙和爬电距离应分别不小于10mm和12mm。

6.4 电击防护

GB/T 7251.1-2013 条款 8.4 适用。危险带电部分用绝缘完全覆盖，导电的挡板或者外壳与带电部分的距离不小于电气间隙与爬电距离。

6.5 介电性能

6.5.1 绝缘电阻验证

应使用电压不小于500V的绝缘测量仪器进行绝缘测量。

带电体与裸露导电部件之间、带电体对地的绝缘电阻不小于1000 Ω /V（电路的标称电压），则此项试验通过。

6.5.2 工频耐受电压

主电路以及连接到主电路的辅助电路和控制电路应承受表 1 中的试验电压值。

表 6.1 温升限值主电路的工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i V	试验电压（交流方均根值） V
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 690$	2500
$690 < U_i \leq 800$	3000
$800 < U_i \leq 1000$ （或 1140）	3500

不与主电路连接的辅助电路和控制电路应承受表 2 中的试验电压值。

表 6.2 辅助电路和控制电路的工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i V	试验电压（交流方均根值） V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	$2U_i + 1000$ ，但不小于 1500

6.5.3 冲击耐受电压

装置的冲击耐受电压值为 6KV，控制电路和辅助电路的冲击耐受电压不小于 1kV。

6.6 温升极限

GB/T 7251.1-2013 条款 9.2 适用。换相开关内部所有测温点的温升 $\leq 70K$ 。

6.7 短路保护和短路耐受强度

GB/T 7251.1-2013 条款 9.3 适用。额定短时耐受电流值为 3KA, 短延时优选值为 10ms。

6.8 装置正常工作电压

装置在 $70\%U_n \sim 130\%U_n$ 的范围内应能正常工作。

6.9 功能要求

6.9.1 数据采集功能

智能换相终端应能采集三相电压、三相电流、三相有功功率、三相无功功率、总功率因数、负载率、三相负荷不平衡度、告警故障信息，并可以下载。

换相开关应能采集单相/三相电压、单相电流、功率因数、相位等。

6.9.2 通讯功能

装置应具有有线或无线通讯功能。

智能换相终端应能通过通讯接口获取换相开关采集的电量数据，发送控制指令给相应换相开关。

换相开关应能够接收智能换相终端发来的命令，发送采集到的电量数据至智能换相终端。

6.9.3 控制功能

装置应能通过智能换相终端控制换相开关执行换相操作。

换相开关应能就地执行换相操作。

6.9.4 过零投切功能

装置应具有电流过零切除、电压过零投入功能，以使过零投切误差、换相涌流满足 6.10.2 的要求。

6.10 性能要求

6.10.1 换相时间要求

装置的最大换相时间应不大于 20ms。

6.10.2 换相涌流和过零投切误差要求

装置的最大换相涌流值应 ≤ 5 倍额定电流有效值，过零投切误差 $\leq 1\text{ms}$ 。

6.11 测量误差

标准电压 $220\text{V} \pm 30\%$ 的工况，负载电流在 20%额定电流到 100%额定电流范围内，智能换相终端的电压、电流的测量误差不大于 $\pm 0.5\%$ 。有功功率、无功功率的测量误差不大于 $\pm 2\%$ ，功率因数的测量误差不大于 ± 0.02 。

标准电压 $220\text{V} \pm 30\%$ 的工况，负载电流在 20%额定电流到 100%额定电流范围内，换相开关的电压、电流的测量误差不大于 $\pm 0.5\%$ 。

6.12 告警功能要求

装置应具有过压告警、欠压告警、缺相告警、过流告警、通讯异常告警等功能。

6.13 电磁兼容

装置的电磁兼容性能应不低于 GB/T 17626 和 GB4824-2013 中的要求。

6.14 振动

装置应能承受频率为 $10\text{Hz} \sim 150\text{Hz}$ 、加速度为 10m/s^2 的振动耐久试验，每一次扫频循环时间 8min，每一轴线方向扫频循环数 20 次，三个互相垂直方向的轴线试验持续时间 480min。

6.15 冲击和碰撞

装置应能承受峰值加速度为 150m/s^2 ，脉冲周期为 11ms 的半正弦脉冲冲击，每个方向上的脉冲数为 3 次，每根轴线脉冲数 6 次，三根轴线总脉冲数 18 次。

装置应能承受峰值加速度为 100m/s^2 ，脉冲持续时间 16ms，每个方向上的碰撞次数为 1000 次，每根轴线碰撞次数 2000 次，三根轴线总碰撞次数 6000 次。

7 试验

7.1 一般检查

检查装置的外观与结构应符合 6.1 的要求。

7.2 材料和部件的强度

GB/T 7251.1-2013 条款 10.2 适用。判断标准：装置绝缘导线的可燃性等级不应低于 V-1 级，装置外壳的可燃性等级不应低于 V-1 级，装置载流器表面的绝缘材料可燃性等级不应低于 V-2 级，装置电子元器件的可燃性等级不应低于 V-1 级。

表 7.1 可燃性等级判断标准

判断依据	可燃性等级		
	V-0	V-1	V-2
单个样品试验的余焰时间	≤10s	≤30s	≤30s
对于任何处理，总余焰时间	≤50s	≤250s	≤250s
第二次施加火焰后，单个样品的余焰时间和余灼时间	≤30s	≤60s	≤60s
余焰和余灼是否蔓延到夹具	否	否	否
燃烧颗粒物或滴状物是否引燃了棉垫	否	否	是
注：1 在规定的试验条件下，移开引燃源后材料持续有焰燃烧。			
2 在规定的试验条件下，移开引燃源后，火焰终止后或无火焰，材料持续的灼热。			

灼热丝顶部的温度为：

装置主电路载流部件的绝缘材料 $960^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ ；

装置所有其他部件包括非金属外壳 $650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ；

7.3 电气间隙和爬电距离

GB/T 7251.1-2013条款10.4适用。装置的不同极性的裸露带电体之间，以及它们与地之间的电气间隙和爬电距离应分别不小于10mm和12mm。

7.4 电击防护和保护电路完整性

GB/T 7251.1-2013 条款 10.5 适用。设备的不同外露可导电部分是否有效的连接到进线外部保护导体的端子上，且电路的电阻不超过 0.1 欧姆。

应使用电阻测量仪器进行验证，此仪器至少能输出 10A 交流或直流电流，在每个外露可导电部分与外部保护导体的端子之间通以此电流，电阻不应超过 0.1 Ω 。

验证保护电路的短路耐受强度，可通过保护电路进行试验验证。无论由单独导体或是由框架所组成的保护电路，其连续性和短路耐受强度不应遭受严重破坏，除目测检查外，还可对出线单元通以额定电流的方法进行测量，以验证上述结果，由于短路引起的外壳或内部隔板、挡板和屏障的变形是允许的，只要没有明显的削弱其防护等级，电气间隙或爬电距离测试正常。

7.5 介电性能试验

7.5.1 通则

GB/T 7251.1-2013 条款 10.9.1 适用。

7.5.2 绝缘电阻验证

用电压至少为500V的绝缘测量仪器进行换相开关的绝缘电阻测量，测量部位：

a) 输入回路对地（外壳）；

b) 输出回路对地（外壳）；

符合6.6.1的要求，则此项试验通过。

对智能换相终端进行绝缘电阻测试，测量部位：

电压采集回路对地（外壳）；

电流采集回路对地（外壳）；



电压回路对电流回路；

RS485回路对地（外壳）；

通信网口对地（外壳）。

符合6.6.1的要求，则此项试验通过。

7.5.3 工频耐压试验

试验电压波形应是近似正弦波，频率允许在 45Hz~65Hz 之间。开始时施加的工频试验电压不应超过全试验电压值的 50%，然后将试验电压平稳增加至全试验电压值，并保持 60s。试验过程中应无击穿或闪络现象。

装置采用非金属外壳时，应用金属箔裹缠外壳，在带电部件与用金属箔裹缠外壳的表面之间施加 2.5KV 的试验电压值。

手柄由绝缘材料制作或包覆的情况下，应在带电部分与金属箔包裹的整个手柄表面之间施加 2.5KV 的试验电压值。

7.5.4 冲击耐受电压试验

用冲击电压测试仪器进行换相开关的冲击电压为5kv测试，测量部位：

a) 输入回路对地（外壳）；

b) 输出回路对地（外壳）；

测试时，不应该有击穿或放电现象。

对智能换相终端进行冲击电压为5kv的测试，测量部位：

电压采集回路对地（外壳）；

电流采集回路对地（外壳）；

电压回路对电流回路；

RS485回路对地（外壳）；

通信网口对地（外壳）。

测试时，不应该有击穿或放电现象。

7.6 短路耐受强度验证

GB/T 7251.1-2013 条款 10.11 适用。

换相开关在任一项继电器导通且正常运行的状态下，应能承受短路电流的冲击，冲击后装置外观完好，结构应牢固可靠，相关元器件应无松动、脱落等现象，装置应通电正常运行，执行换相指令后应正确，且换相过程中应无拒动、短路等现象，额定短时耐受电流为交流电流时，电流为预期短路电流交流分量的有效值，并且在短延时时间内是恒定的，额定短路电流有效值为 3KA, 短延时优选值为 10ms。

7.7 通电操作试验

试验前先检查装置所有接线正确后，在分别通以额定电压的 70%、130%，工作电流不作规定的条件下，各操作 5 次；应工作可靠，符合 6.9 规定要求。

7.8 功能检查

7.8.1 数据采集功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，装置的数据采集功能应满足 6.10.1 的要求。

7.8.2 通讯功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，装置的通讯功能应满足 6.10.2 的要求。

7.8.3 控制功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，装置的控制功能应满足 6.10.3 的要求。

7.9 性能试验

7.9.1 换相时间试验

装置接入额定三相电压，使其正常工作，通过智能换相终端控制换相开关接通 A 相负载，通过智能换相终端控制换相开关执行以下操作过程（操作过程：A→B→C→A→C→B→A），测量每次切换的换相时间，换相时间应满足 6.11.1 的要求。

7.9.2 换相涌流试验

装置接入额定三相电压，使其正常工作，通过智能换相终端控制换相开关接通 A 相负载，通过智能换相终端控制换相开关执行以下操作过程（操作过程：A→B→C→A→C→B→A），测量每次切换的换相涌流值，其最大换相涌流值应满足 6.11.2 的要求。

7.10 测量误差试验

装置接入额定三相电压，通过智能换相终端控制换相开关接通负载，调整负载分别达到 20%、50%、100%额定电流，读取智能换相终端和换相开关的测量信息，测量误差分别不应超过 6.12 的要求。

7.11 功率损耗试验

装置接入额定三相电压，分别测量智能换相终端和换相开关的待机损耗，并且测量换相开关在额定电流下的功率损耗，记录功率损耗值。非通信状态下，主控单元交流电压回路的损耗（供电功能）≤10VA(6W)，交流电流回路损耗≤0.75VA，换相开关满足合相静态损耗≤6VA(5W)。

7.12 告警功能试验

7.12.1 过压告警功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，通过智能换相终端控制换相开关接通负载，调整电源电压高于过压告警值，装置应发出告警信息和告警信号。过压告警值不应低于 130%额定电压。

7.12.2 欠压告警功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，通过智能换相终端控制换相开关接通负载，调整电源电压低于欠压告警值，装置应发出告警信息和告警信号。欠压告警值不应高于 70%额定电压。

7.12.3 缺相告警功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，通过智能换相终端控制换相开关接通负载，装置输入电压发生缺相现象，装置应发出告警信息和告警信号。

7.12.4 过流告警功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，通过智能换相终端控制换相开关接通负载，调整负载电流达到 1.2 倍额定电流，装置应能自动固定某一相并闭锁输出回路，确保线路正常供电，并发出告警信息

和告警信号。调整负载电流到额定电流，装置应能正常工作。

7.12.5 通讯异常告警功能

装置接入额定三相电压，使其正常工作，通过智能换相终端控制换相开关接通负载，模拟装置发生通讯异常现象，装置应发出告警信息和告警信号。

7.13 电磁兼容性试验

7.13.1 抗扰度

7.13.1.1 静电放电抗扰度

智能换相终端和换相开关应能承受GB/T 17626.2中规定的等级4的静电放电抗扰度能力：接触放电8kV，空气放电15kV。

试验中，应符合表3规定的验收标准B的要求。试验后，智能换相终端和换相开关都应能正常工作，且不允许性能降低。

7.13.1.2 射频电磁场辐射抗扰度

智能换相终端和换相开关应能承受GB/T 17626.3中规定的射频电磁场辐射抗扰度能力：频率范围80MHz~2GHz，10V/m。

试验中，应符合表3规定的验收标准B的要求。试验后，智能换相终端和换相开关应能正常工作，且不允许性能降低。

7.13.1.3 快速瞬变脉冲群抗扰度

智能换相终端和换相开关应能承受GB/T 17626.4中规定的等级4的快速瞬变脉冲群抗扰度能力：电压峰值4kV，频率为100KHz和5KHz。

试验中，应符合表3规定的验收标准B的要求。试验后，智能换相终端和换相开关应能正常工作，且不允许性能降低。

7.13.1.4 浪涌（冲击）抗扰度

智能换相终端和换相开关承受GB/T 17626.5中规定的等级4的浪涌（冲击）抗扰度能力：共模6kV，差模6kV。

试验中，换相开关应符合表3规定的验收标准B的要求。试验后，智能换相终端和换相开关应能正常工作，且不允许性能降低。

7.13.1.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

智能换相终端和换相开关能承受GB/T 17626.6中规定的射频场感应的传导骚扰抗扰度能力：频率范围：150k Hz-80M Hz，电压水平10V。

试验中，应符合表3规定的验收标准A的要求。试验后，智能换相终端和换相开关应能正常工作，且不允许性能降低。

7.13.1.6 衰减振荡波抗扰度

智能换相终端和换相开关应承受GB/T 17626.12中规定的衰减振荡波抗扰度能力：共模2.5kV，差模1kV。

试验中，换相开关应符合表3规定的验收标准A的要求。试验后，智能换相终端和换相开关应能正常工作，且不允许性能降低。

7.13.2 发射

7.13.2.1 一般要求

对于指定用于环境B的换相开关，应向用户提出适当的警告（如在制造商出版的手册中），说明该设备用于环境A可能会引起无线电干扰，在此情况下，可要求用户采取减缓干扰的附加措施。

7.13.2.2 射频传导发射试验

试验规定、试验方法和试验装置按GB 4824 规定。

智能换相终端和换相开关不应超过GB 4824中用于B级-1组的设备发射电平。

7.13.2.3 射频辐射发射试验

试验规定、试验方法和试验装置按GB 4824规定。

智能换相终端和换相开关不应超过GB 4824中用于A级-1组的设备发射水平。

表 7.2 存在电磁干扰的验收标准

项 目	验收标准		
	A	B	C
全部性能	工作特性无明显变化 按预期计划执行	性能暂时降低或丧失，但能自恢复	性能暂时降低或丧失，需操作者干预或系统复位
电源和控制电路运转	无不正确运转	性能暂时降低或丧失，但能自恢复	性能暂时降低或丧失，需操作者干预或系统复位
显示器和控制面板运转	显示信息无变化 仅LED有轻微的光亮度变化或轻微字符移动	暂时的可视变化或信息丢失 非预想LED照明显示	停机或显示死机 有明显的或显示错误信息和/或非法操作模式 不能自恢复
信息处理和传感功能	与外部设备进行无干扰通信和数据交换	临时干扰通信，有内、外部设备的错误报表	信息的错误处理 数据和/或信息丢失 通信有错误 不能自恢复

7.14 高低温性能试验

将装置放入环境试验箱，按 GB/T 2423.2-2008 中规定的方法进行试验，试验温度为+70℃，待环境试验箱达到试验温度 2h 后，装置应能正常启动。装置启动后试验温度再保持 2 小时，装置应能正常进行换相操作，在试验结束前装置进行换相时间验证，应满足 6.11.1 的要求。

将装置放入环境试验箱，按 GB/T 2423. 1-2008 中规定的方法进行试验，试验温度为-40℃，待环境试验箱达到试验温度 2h 后，装置应能正常启动。装置启动后试验温度再保持 2 小时，在试验结束前装置进行换相时间验证，应满足 6. 11. 1 的要求。

7. 15 交变湿热试验

将装置放入环境试验箱，试验的高温温度为 55℃，低温为 25℃，相对湿度为 93%，试验时间 48 小时，在试验结束前 1h，进行绝缘电阻和工频耐压试验，时间为 60s，绝缘电阻大于 1 兆欧，工频耐压试验值为 1. 8KV，且无击穿、闪络以及元器件的损坏。试验结束后，恢复至正常大气条件，装置应能正常工作。

7. 16 振动（正弦）试验

振动试验应在本规范 6. 16 规定的条件下根据 GB/T 2423. 10-2008 规定进行，装置应能承受频率为 10Hz~150Hz、加速度为 10m/s^2 的振动耐久试验，每一次扫频循环时间 8min，每一轴线方向扫频循环数 20 次，三个互相垂直方向的轴线试验持续时间 480min。振动之后，装置不应发生损坏和零部件受冲击脱落现象，且功能正常。

7. 17 冲击和碰撞试验

冲击试验应在本规范 6. 17 规定的条件下根据 GB/T 2423. 5-1995 规定进行，装置应能承受峰值加速度为 150m/s^2 ，脉冲周期为 11ms 的半正弦脉冲冲击，每个方向上的脉冲数为 3 次，每根轴线脉冲数 6 次，三根轴线总脉冲数 18 次。装置不应发生损坏和零部件受冲击脱落现象，且功能正常。

装置应能承受峰值加速度为 100m/s^2 ，脉冲持续时间 16ms，每个方向上的碰撞次数为 1000 次，每根轴线碰撞次数 2000 次，三根轴线总碰撞次数 6000 次。

7. 18 电气寿命和机械寿命试验

装置的换相开关应能承受额定电压额定电流下，换相操作 10000 次，换相顺序按照 A→B→C→A→C→B→A。试验后，装置进行换相时间验证，应满足 6. 11. 1 的要求。

装置的换相开关应在空载状态下，换相操作 100000 次，换相顺序按照 A→B→C→A→C→B→A。试验后，装置进行换相时间验证，应满足 6. 11. 1 的要求。

7. 19 内控实验

7. 19. 1 RS485 错接保护试验

装置的 RS-485 的 AB 端口之间应能承受 380V 的交流电 5min，撤去 380V 电压后，示波器观察 RS-485 接口的通信波形，高低电平应该与测试之前没有差异，不能出现收发波形的幅值降低。

7. 19. 2 高低温储存试验

装置分别在高温 70℃、低温 -40℃，保温 16 小时后上电。上电后进行装置的功能检查和性能试验，分别满足 6. 10 和 6. 11 的要求。

7. 19. 3 电压随机跌落

装置为额定电压供电，使用“电压随机跌落工装”对试验样品测试，测试时间 12 小时。

智能换相终端的输入 $120\%U_n$, 正常供电, 带电插拔左模块(路由) 50次, 插拔过程中产品能够正常工作, 允许插拔过程中3.3V上脉冲干扰幅值不大于5.5V, 但停止热插拔后产品要恢复正常工作, 试验后要求通信功能正常。

GPRS模块: 智能换相终端 $120\%U_n$ 单相供电, 带电热插拔GPRS模块50次, 插拔试验后终端能够正常运行, GPRS通讯正常。试验过程中允许出现重启, 但停止热插拔后产品要恢复正常工作, 试验后要求功能正常。

换相开关的lora模块: 换相开关输入 $120\%U_n$, 正常供电, 模块分别带电插拔50次, 插拔过程中允许出现重启, 但停止热插拔后产品要能正常工作, 试验后模块无损坏或死机, 换相开关的工作正常, 功能和性能符合要求。

换相开关施加参比电压、参比电流, 在热插拔更换通信模块的情况下, 换相开关应能正常采集和显示, 且内部存储的数据和参数不应受到影响和改变。

7.19.5 凝露试验

按照凝露试验标准进行参数设定, 试验过程中产品通电运行, 按照现场使用安装方式进行放置:

- 1) 第一步: 0.5小时, 温度达到 10°C , 湿度达到50%RH;
- 2) 第二步: 0.5小时, 温度保持 10°C , 湿度达到90%RH;
- 3) 第三步: 0.5小时, 温度保持 10°C , 湿度达到95%RH;
- 4) 第四步: 3.5小时, 温度达到 80°C , 湿度保持95%RH;
- 5) 第五步: 0.5小时, 温度降到 75°C , 湿度降至30%RH;
- 6) 第六步: 1.0小时, 温度降至 30°C , 湿度保持30%RH;
- 7) 第七步: 0.5小时, 温度降至 10°C , 湿度升至50%RH;
- 8) 共5个循环。

试验结果后24小时, 进行换相开关的各项功能和性能测试, 分别满足6.10和6.11的要求。

7.19.6 盐雾试验

将被试装置在非通电状态下放入盐雾箱, 保持温度为 $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 相对湿度大于85%, 盐溶液采用高品质氯化钠溶液, 浓度为 $5\% \pm 1\%$ 。喷雾16h后在大气条件下恢复1h~2h。试验结束后检查装置的金属部分应无腐蚀和生锈情况, 功能和性能应符合技术规范要求。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

装置应具有铭牌, 并安装在明显位置, 铭牌上应标明以下内容:

——制造商(生产厂)名称、地址、商标;



- 产品名称;
- 产品型号;
- 制造日期及出厂编号;
- 额定电流;
- 额定电压;
- 额定频率;

8.2 包装

包装应符合 GB/T 13384-2008 的规定

装箱资料应有:

- 装箱清单;
- 出厂试验报告;
- 合格证;
- 安装使用说明书;
- 随机附件及备件清单。

8.3 运输

装置在运输过程中, 不应有剧烈振动冲击等。为了避免运输过程中预知的冲击造成的损伤, 可能需要给出指导或提供特别的措施以保护元件 (开关设备和电力开关等) 的安全。

8.4 贮存

装置在贮存期间, 应放在空气流通、温度在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 之间, 设备的相对湿度为 5%-95%、附近无腐蚀性和爆炸性气体的地方。

附录 A

表 9 试验项目明细

序号	试验项目		研发 D 版 本样机自 测	研 发 设 计 变 更 自测	生 产 功 能 检测	新品质量全 性能试验 (30 台)	设计变更 型式试验 (5 台)	可 靠 性 测 试	QA/IPQC 抽 检	质 量 认证
	试验大类/执行部门		研发	研发	工艺	质量	质量	质量	质量	研发
1	一般检查		√	√	√	√	√		√	√
2	材料及部件强度		√	√		√				√
3	电气间隙与爬电 距离检验		√	√		√				√
4	介电 性能 试验	绝缘电阻 验证	√	√		√	√			√
5		工频耐压 试验	√	√	√	√	√			√
6		冲击电压 试验	√	√		√	√			√
7	温升试验		√	√		√				√
8	短路耐受强度验 证		√	√		√	√			√
9	通电操作试验		√	√		√	√			√
10	基本 功能	数据采集 功能	√	√	√	√	√		√	√
11		通讯功能	√	√	√	√	√		√	√
12		控制功能	√	√	√	√	√		√	√
13	基本 性能	换相时间 试验	√	√		√	√			√
14		换相涌流 试验	√	√		√	√			√
15	测量误差试验		√	√		√	√			√
16	功率消耗		√	√	√	√	√			√
17	告警 功能	过压告警 功能	√	√		√	√			√
18		欠压告警 功能	√	√		√	√			√
19		缺相告警 功能	√	√		√	√			√
20		过流告警 功能	√	√		√	√			√
21		通讯异常 告警功能	√	√		√	√			√
22	EMC 抗扰	静电放电 抗扰度试	√	√		√	√			√

	度	验								
23		射频电磁场辐射抗扰度试验	√	√		√	√			√
24		快速瞬变脉冲群抗扰度试验	√	√		√	√			√
25		浪涌冲击抗扰度试验	√	√		√	√			√
26		射频场感应的传导骚扰抗扰度	√	√		√	√			√
27		衰减震荡波抗扰度	√	√		√	√			√
28	EMI 发射	射频辐射发射试验	√	√		√	√			√
29		射频传导发射试验	√	√		√	√			√
30	高低温性能试验		√	√		√	√			√
31	交变湿热试验		√	√		√	√			√
32	机械 性能	冲击试验	√			√				√
33		振动试验	√			√				√
34		碰撞试验	√			√				√
35	寿命 试验	电气寿命试验	√	√						√
36		机械寿命试验	√	√						√
37	RS485 错接保护试验		√	√		√				√
38	高低温储存试验		√	√		√				√
39	电压随机跌落		√	√		√				√
40	热插拔		√	√		√				√
41	凝露试验		√	√		√				√
42	盐雾试验		√	√		√				√
43	双 85 试验		√	√		√				√