

ICS 29.200

M 41



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2321-2011

通信用变换稳压型太阳能电源控制器 技术要求和试验方法

Technical requirements and testing methods for
converting mode solar power controller for telecommunications

2011-06-01 发布

2011-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 定义.....1

4 产品分类.....2

5 要求.....3

6 试验方法.....7

7 检验规则.....18

8 标志、包装、运输和贮存.....21

前 言

本标准的制定过程中注意了与以下标准的协调统一：

——YD/T 1058-2007《通信用高频开关电源系统》；

——YD/T 731-2008《通信用高频开关整流器》；

——YD/T 1669-2007《离网型通信用风/光互补供电系统》。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：工业和信息化部电信研究院、中国移动通信集团公司、广州珠江电信设备制造有限公司、陕西新通智能科技有限公司、艾默生网络能源有限公司、江苏双登集团有限公司、中国普天信息产业股份有限公司、易达威锐电源设备科技（东莞）有限公司、中兴通讯股份有限公司、中达电通股份有限公司、广东易事特电源股份有限公司、武汉银泰科技电源股份有限公司、厦门科华恒盛股份有限公司、北京动力源科技股份有限公司、华为技术有限公司。

本标准主要起草人：齐曙光、高 健、叶子红、罗路佳、蒋 平、温海泉、雷志宏、蒋 文、谢凤华、潘哲毅、徐海波、汤建皮、陈四雄、李军、陈 波。

通信用变换稳压型太阳能电源控制器技术要求和试验方法

1 范围

本标准规定了通信用变换稳压型太阳能电源控制器（以下简称控制器）的定义、分类、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存等。

本标准适用于采用DC/DC变换稳压控制技术的太阳能电源控制器，不适用于并网太阳能电源控制器。

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/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 2423.3-2006	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
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 2828.1-2003	计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
GB/T 2829-2002	周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
YD/T 731-2008	通信用高频开关整流器
YD/T 944	通信电源设备的防雷技术要求和测试方法
YD/T 983-1998	通信电源设备电磁兼容限值及测试方法
YD/T 1058-2007	通信用高频开关电源系统
YD/T 1363.3-2005	通信局（站）电源、空调及环境集中监控管理系统 第3部分：前端智能设备协议
YD/T 1363.4-2005	通信局（站）电源、空调及环境集中监控管理系统 第4部分：测试方法

3 定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

最大功率跟踪 Maximum Power Point Tracking

控制器在直流稳压工作模式下，运用设置在系统输入端的一套功率比较电路，在负载需要大功率输出时，自动跟踪太阳能电池的最大功率工作点，使系统达到最大输出功率。

3.2

变换稳压型太阳能电源控制器 Converting Mode Solar Power Controller

通过DC/DC变换稳压电路，使系统具有稳压输出功能的太阳能电源控制器。

3.3

太阳能电源变换模块 Solar Power Converter Module

采用高频开关技术将太阳能方阵的输出变换为适合负载使用和蓄电池组充电所需稳定直流电的可并联直流-直流变换模块。

3.4

太阳能电源变换模块额定输入电压 Rated Input Voltage of Solar Power Converter Module

太阳能电源变换模块的输入电压参考值，该电压值近似于配套的太阳电池方阵在标准工况下的最大功率点电压值。

4 产品分类

4.1 产品组成

控制器由一个或多个太阳能电源变换模块（以下简称变换模块）、监控单元、配电单元等组成，主要部件如图1、图2所示。

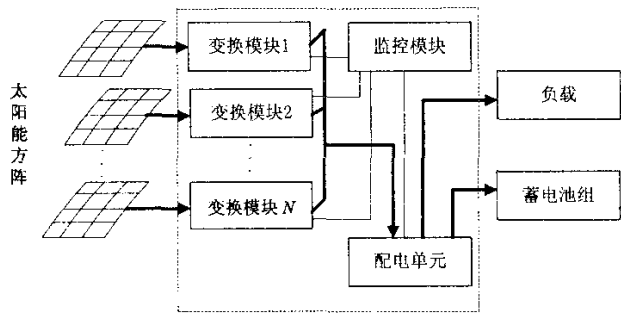


图1 非输入并联型控制器系统原理

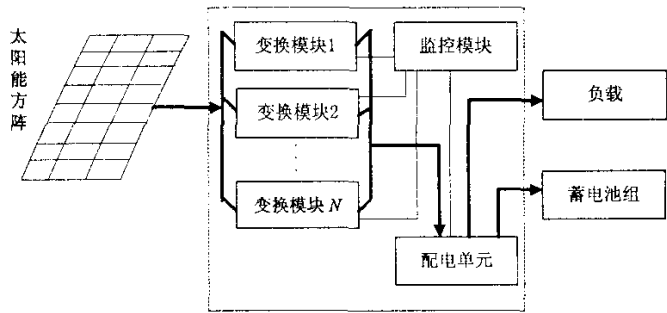


图2 输入并联型控制器系统原理

4.2 产品系列

4.2.1 直流输出电压标称值

直流输出电压的标称值为：48V、24V。

4.2.2 直流输出电流额定值

4.2.2.1 变换模块的额定输出电流值

变换模块的额定输出电流值为：10A、25A、30A、50A、100A。

4.2.2.2 控制器的额定输出电流值：

控制器的额定输出电流值为：10A、20A、30A、50A、60A、100A、150A、200A、300A、500A。

注：用户与制造商协商后，可以生产以上系列数值以外的产品。

4.2.3 变换模块额定输入电压

变换模块额定输入电压为：34V、68V、136V、204V、272V。

注：用户与制造商协商后，可以生产以下系列数值以外的产品。

5 要求

5.1 环境条件

5.1.1 储存温度

$-40^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 工作温度

I 型： $-15^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ 。

II 型： $-30^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.3 相对湿度

工作相对湿度： $\leq 90\%$ ，不凝露；

贮存相对湿度： $\leq 95\%$ ，不凝露。

5.1.4 大气压力

86 kPa \sim 106kPa。

5.1.5 振动

控制器应能承受频率为10Hz \sim 55Hz，振幅为0.35mm正弦扫频振动。

注：产品在下列条件以外情况下工作时，由制造商与用户商定技术条件。

5.2 控制器输入电压范围

控制器输入电压在变换模块额定输入电压的75% \sim 125%范围内变化时，应能正常工作。

5.3 控制器输出电压范围

变换模块在输出额定电流的状态下，其直流输出电压应能由监控单元在其标称输出电压的90% \sim 120%之间连续可调。

5.4 变换模块

5.4.1 负载效应（负载调整率）

不同负载情况下的直流输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值的 $\pm 0.5\%$ 。

5.4.2 源效应

不同输入电压情况下的直流输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值的 $\pm 0.1\%$ 。

5.4.3 稳压精度

不同输入电压与负载进行组合，各种情况下的直流输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值的 $\pm 0.6\%$ 。

5.4.4 温度系数

相对于20℃环境温度情况下，温度每变化1℃时的直流输出电压与输出电压整定值的差值应不超过输出电压整定值的 $\pm 0.02\%$ 。

5.4.5 负载效应恢复时间（动态响应）

由于负载的阶跃变化（突变）引起的直流输出电压变化后的恢复时间应不大于200 μs，其超调量应不超过输出电压整定值的±5%。

注：恢复时间是指直流输出电压变化量上升至大于稳压精度处开始，恢复至小于等于并不再超过稳压精度处止的这段时间。

5.4.6 开关机过冲幅度

由于开关机引起的直流输出电压变化的最大峰值应不超过直流输出电压整定值的±5%。

5.4.7 启动冲击电流（浪涌电流）

由于启动引起的输入冲击电流应不大于额定输入电压条件下最大稳态输入电流峰值的150%。

5.4.8 软启动时间

软启动时间（从启动至直流输出电压爬升到标称值所用的时间）可根据用户要求确定，一般为3s~10 s。

5.4.9 杂音电压

5.4.9.1 电话衡重杂音电压

变换模块输出端的电话加权衡重杂音电压应不大于2mV。

5.4.9.2 峰峰值杂音电压

变换模块输出端在（0~20）MHz频带内的峰峰值杂音电压应不大于200mV。

5.4.10 并机工作（均分负载）性能

多台变换模块应能并联输出，输入并联型变换模块应具有负载均分的能力，各模块平均负载电流在额定电流的50%~100%范围内，每台变换模块的负载不平衡度应不大于±5%。

5.5 控制器效率

控制器的效率应满足表1的要求。

表1 控制器效率

控制器输出电压（V）	24	24	48	48
控制器输出功率（W）	<1500	≥1500	<1500	≥1500
负载率≥50%	≥88%	≥90%	≥91%	≥92%

5.6 最大功率跟踪功能

控制器应具有最大功率跟踪功能，在电池充电电压未达到预定的充电电压时，能够使太阳能电池方阵始终工作在其最大功率点附近；接入控制器的太阳能供电系统输出功率应大于不带有任何控制器的太阳能供电系统的输出功率。

5.7 休眠功能

输入并联型变换模块构成的控制器宜具有休眠功能：当变换模块的平均负载电流小于监控设定的关闭模块的电流值时，应能关闭部分变换模块；当负载电流增大到监控设定的开启模块的电流值时，控制器应能开启被关闭的变换模块；具有休眠功能的控制器应能使模块轮换工作，避免部分模块长期高负荷运行。

5.8 空载功耗

控制器空载时输入功率不得超过其额定输出功率的1%。

5.9 蓄电池管理功能

控制器应具有以下蓄电池管理功能：

a) 控制器应能对蓄电池充电电压进行温度补偿, 补偿系数调节范围为 $(-7 \sim 0) \text{ mV/}^\circ\text{C/单体}$;

b) 控制器应能对蓄电池限流充电, 限流值应可调节;

c) 控制器应具有蓄电池剩余电量计算功能;

d) 控制器应具有对蓄电池进行均充及浮充的自动转换功能;

e) 控制器应具有电池过放电保护功能, 当电池放电电压达到预先设定的电压值时, 关闭负载, 避免电池因过放电而损坏; 当电池电压恢复到预先设定的恢复电压值时, 应能自动重新接通负载。

5.10 直流配电单元电压降

控制器的直流配电单元电压降应不超过 500 mV (环境温度 20°C 时)。

5.11 直流配电单元的接口要求

5.11.1 直流配电单元应设置数量合适的负载分路, 每个负载分路应配置合适容量的熔断器或断路器。

5.11.2 蓄电池端子应配置合适容量的熔断器或断路器, 所有蓄电池端子的熔断器或断路器的总容量应不小于控制器额定输出总电流的 125%。

5.11.3 额定输出电流大于 100 A 的控制器的直流配电单元宜留有备用直流电源的输入接口, 其容量应不小于控制器的额定输出电流。

5.12 监控功能

控制器的监控单元应具有以下功能:

a) 实时监测供电系统工作状态;

b) 采集和存储供电系统运行参数; 告警记录可随时刷新; 告警信息在系统断电状况下应继续保存, 保存条目数量应不少于 100 条;

c) 应能对外提供监控接口, 监控接口协议应符合 YD/T 1363.3-2005 的规定:

——遥测: 控制器输入电压、控制器输入电流、蓄电池电压、蓄电池充放电电流、蓄电池温度、负载电流、控制器输出电流;

——遥信: 蓄电池过/欠压告警、直流输出过流告警、熔断器/断路器告警、控制器工作状态和故障;

——遥控: 开关机状态转换。

5.13 显示功能

控制器应能显示: 蓄电池电压、蓄电池充放电电流、控制器输入电压/电流、负载电流、太阳能电池方阵累计发电量(可选)、负载累计用电量(可选)、蓄电池温度、蓄电池过/欠压告警、熔断器/断路器告警、负载切断告警、变换模块故障。

5.14 保护功能

5.14.1 输入过、欠电压保护

控制器输入电压高于输入过压保护值时, 控制器应能关机保护; 输入过压保护值应不低于额定输入电压的 125%。

输入电压低于输入欠压保护值时, 控制器应能降容或关机保护; 输入欠压降容保护值应不高于额定输入电压的 75%。

当输入电压恢复正常时, 控制器块应自动恢复正常工作。

5.14.2 输出过、欠电压保护

控制器输出电压过高时, 应能自动告警并关机保护, 故障排除后, 应能人工或自动恢复工作。

控制器输出电压过低时，应能自动告警，故障排除后，应能自动恢复工作。

5.14.3 输出电流限制或输出功率限制保护

控制器应具有输出电流限制或功率限制功能，当输出电流达到输出限流值时控制器应进入限流状态，其输出电流不继续增大；当输出功率达到输出限功率值时控制器应进入限功率状态，其输出功率不继续增大。

控制器的输出限流值应在其额定电流的105%~110%之内，输出限功率值应不小于额定输出功率。

5.14.4 输出过流与短路保护

控制器应具有过流与短路自动保护功能，过流或短路故障排除后应能自动或人工恢复正常工作。

5.14.5 输入反接保护

控制器应具有输入反接保护功能，输入极性反接时应不损坏。

5.14.6 蓄电池组反向放电保护

控制器应具有防止蓄电池组通过太阳电池组件反向放电的保护功能。

5.14.7 熔断器保护

直流配电单元的蓄电池、负载分路应安装合适容量的熔断器或断路器。

5.14.8 过温保护

当控制器工作温度超过过温保护点时，应自动降额输出或退出；当温度下降到恢复点后，控制器应能自动恢复正常输出。

5.15 告警性能

系统在各种保护功能动作的同时应能自动发出相应的声光告警，应能通过通信接口将告警信号传送到近端、远端监控设备上，部分告警可通过相应的通信接口将告警信号送至机外告警设备，所送的告警信号应能区分故障的类别。

5.16 电磁兼容性

5.16.1 传导骚扰限值

控制器的传导骚扰限值应符合YD/T 983-1998中表2 A级要求。

5.16.2 辐射骚扰限值

控制器的辐射骚扰限值应符合YD/T 983-1998中表4 A级要求。

5.16.3 抗扰性

针对控制器外壳表面的抗扰性有：静电放电抗扰性、辐射电磁场抗扰性。

针对控制器直流输出端口的抗扰性有：电快速瞬变脉冲群抗扰性、射频场感应的传导骚扰抗扰性。

针对控制器直流输入端口的抗扰性有：电快速瞬变脉冲群抗扰性、射频场感应的传导骚扰抗扰性、浪涌（冲击）抗扰性。

控制器在进行以上各种抗扰性试验中或试验后应符合YD/T 983-1998中表9要求。

5.17 安全性能

5.17.1 绝缘电阻

在环境温度为15℃~35℃，相对湿度为90%，试验电压为直流500V时，应符合以下规定：

- a) 各独立电路与地（即金属框架）之间的绝缘电阻不小于10MΩ；
- b) 无电气联系的各电路之间的绝缘电阻不小于10MΩ。

5.17.2 抗电强度

对于额定输入电压小于等于100V的控制器，输出电路、输入电路对地应能承受50 Hz，有效值为500 V的交流电压（漏电流≤30 mA）或等效其峰值的710 V直流电压1min，且无击穿与无飞弧现象。

对于额定输入电压大于100V的控制器，各独立电路与地之间、无电气联系的各电路之间应能承受频率为50 Hz、电压幅值为表2绝缘试验的耐压交流电压相应的等级电压或采用试验电压为表2绝缘试验的耐压等级的1.4倍直流电压等级电压。历时1min，不应出现击穿与飞弧现象。

表2 抗电强度试验的试验电压

额定绝缘电压 U_i /V	交流试验电压/kV	直流试验电压/kV
≤ 63	0.5	0.7
$63 < U_i \leq 250$	2.0	2.8
$250 < U_i \leq 500$	2.0	2.8

注：出厂检验时，抗电强度试验允许试验电压高于本表中规定值的 10%，试验时间为 1s

5.17.3 保护接地

保护接地点应有明显的标志。
外壳及所有可触及的不带电金属零部件与保护接地点的电阻应不大于0.1 Ω。

5.18 防雷要求

控制器输入端应装有浪涌保护装置，应符合YD/T944的要求。

5.19 音响噪声

音响噪声应不大于60dB（A）。

5.20 可靠性指标

平均无故障时间（MTBF）≥5×10⁴h。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

- 除另有规定外，试验应在标准大气条件下进行，标准大气条件为：
- 环境温度：15℃～35℃；
 - 相对湿度：25%～75%；
 - 大气压力：86kPa～106kPa。

6.2 控制器输入电压范围试验

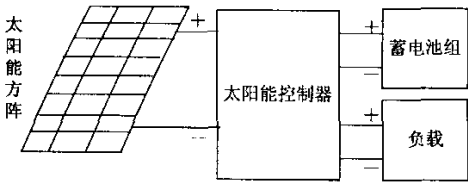


图3-1 控制器试验电路接线

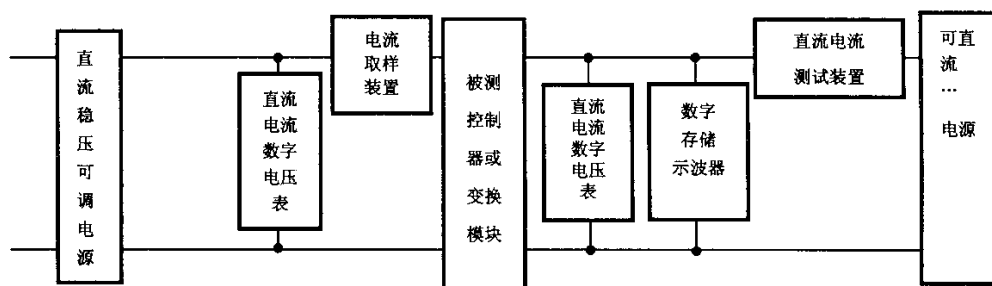


图3-2 试验基本原理

试验按以下步骤进行：

——按图3-1接好试验电路，并按图3-2接好相应仪表，调节负载电流为50%额定值，以此时直流输出电压值作为整定值；

——调节直流稳压可调电源，使输入电压为125%额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查控制器应工作正常；

——调节直流稳压可调电源，使输入电压为75%额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，检查控制器应工作正常。

6.3 控制器输出电压范围试验

试验按以下步骤进行：

——按图3-1接好试验电路，并按图3-2接好相应仪表；

——启动被测控制器，调节输入电压为额定值、直流输出电压为出厂整定值，负载电流为50%额定值；

——调节直流输入电压为75%额定值，调节直流输出电压及负载，观察并记录输出电流达到额定值时的最高输出电压，测试结果应符合5.3节规定的直流输出电压范围的上限；

——调节直流输入电压为125%额定值，调节直流输出电压及负载，观察并记录输出电流达到5%额定值时的最低输出电压，测试结果应符合5.3节规定的直流输出电压范围的下限；

——检查直流输出电压调节功能是否具有手动或由监控单元控制连续可调的功能，并应符合5.3节要求。

6.4 变换模块

6.4.1 负载效应、源效应、稳压精度试验

试验按以下步骤进行：

——按图3-1接好试验电路，并按图3-2接好相应仪表；

——启动被测变换模块，调节输入电压为额定值、直流输出电压为出厂整定值，负载电流为50%额定值；

——调节输入电压分别为75%、125%额定值，负载电流分别为5%、100%额定值，对组合后4种状态下的直流输出电压分别进行测量、记录；

——根据测试的记录数据按式（1）计算出被测变换模块在以上各种条件下的负载效应，其中最差值应符合5.4.1节要求。

$$\text{负载效应} = \frac{V_{a1}(V_{a2}) - V_{a0}}{V_{a0}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

V_{a0} ——直流输出电压整定值;

V_{a1} ——负载电流为5%额定值时的直流输出电压值;

V_{a2} ——负载电流为100%额定值时的直流输出电压值。

——根据测试的记录数据按式(2)计算出被测变换模块在以上各种条件下的源效应,其中最差值应符合5.4.2节的要求。

$$\text{源效应} = \frac{V_{b1}(V_{b2}) - V_{b0}}{V_{b0}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

V_{b0} ——直流输出电压整定值;

V_{b1} ——输入电压为75%额定值时的直流输出电压值;

V_{b2} ——输入电压为125%额定值时的直流输出电压值。

——根据测试的记录数据按式(3)计算出被测变换模块在以上各种条件下的稳压精度,计算结果应符合5.4.3节的要求。

$$\text{稳压精度} = \frac{V_{\max} - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

V_0 ——直流输出电压整定值;

V_{\max} ——所测出数据中与整定值偏差(正偏或负偏)最大的直流输出电压值。

6.4.2 温度系数试验

试验按以下步骤进行:

——被测变换模块放置恒温箱中,按图3-1接好试验电路,并按图3-2接好相应仪表;

——启动被测变换模块,调节输入电压为额定值、直流输出电压为出厂整定值,负载电流为额定值;控制高、低温试验箱内温度恒温 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 至被测控制器平衡稳定工作后,测量并记录此时直流输出电压值为整定值;

——控制高低温试验箱内温度变化至工作温度下限 $\pm 1^\circ\text{C}$ (变化平均在5min内不大于 $1^\circ\text{C}/\text{min}$),恒温2h至被测变换模块平衡稳定工作,恒温工作时间内间隔15min测量并记录被测变换模块直流输出电压值;

——控制高低温试验箱内温度从下限上升(上升至 0°C 时保持30min,变化平均在5min内不大于 $1^\circ\text{C}/\text{min}$),变化至工作温度上限 $\pm 1^\circ\text{C}$,恒温2h至被测变换模块平衡稳定工作,恒温工作时间内间隔15min测量并记录被测变换模块直流输出电压;

——按式(4)计算出被测变换模块在温度下降与上升时的温度系数,计算结果应符合5.4.4节的要求。

$$\begin{cases} \text{温度系数(下降)} = \frac{V_{t_{\text{F}}} - V_{t_0}}{V_{t_0}(t_{\text{F}} - t_0)} \times 100\% \\ \text{温度系数(上升)} = \frac{V_{t_{\text{L}}} - V_{t_0}}{V_{t_0}(t_{\text{L}} - t_0)} \times 100\% \end{cases} \quad (4)$$

式中：

t_0 ——20℃；

t_F ——工作温度下限值（-5℃）；

t_L ——工作温度上限值（40℃）；

V_0 ——直流输出电压整定值；

V_{tF} ——工作温度下限时的直流输出电压值；

V_{tL} ——工作温度上限时的直流输出电压值。

6.4.3 负载效应恢复时间（动态响应）试验

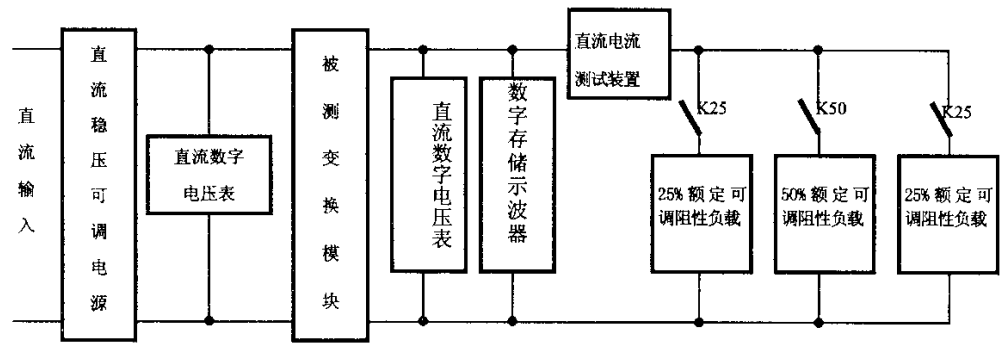


图 4 负载效应恢复时间（动态响应）试验电路

试验按以下步骤进行：

——按图 4 接好试验电路；

——启动被测变换模块，调节输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为 50%额定值；

——突变负载电流，使负载电流从额定值的 25%→50%→25%和 50%→75%→50%进行阶跃式变化，用数字存储示波器的适当量程观察被测变换模块直流输出电压的时间变化波形，计算电压幅度变化量、超调量及恢复时间，计算结果应符合 5.4.5 节要求。

6.4.4 开关机过冲幅度试验

试验按以下步骤进行：

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；

——启动被测变换模块，调节输入电压为额定值、直流输出电压为出厂整定值、负载电流为额定值，以此作为整定值；

——反复 3 次对被测变换模块进行开关机的操作，用数字存储示波器适当量程观察直流输出电压的时间变化波形，计算出直流输出电压的过冲幅度，最大值应符合 5.4.6 节要求。

6.4.5 启动冲击电流（浪涌电流）试验

试验按以下步骤进行：

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；

——启动被测变换模块，调节输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值，关闭被测变换模块；

——启动被测变换模块时用存储示波器配合电流取样装置分别测量输入冲击电流峰值与稳定工作后的输入电流峰值；

——对被测变换模块反复进行 4 次启动，相临两次间隔 2min，启动冲击电流最大值应符合 5.4.7 节要求。

注：由于 EMI 电路所产生的 μs 级冲击电流不考虑。

6.4.6 软启动时间试验

试验按以下步骤进行：

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；

——启动被测变换模块，调节输入电压为额定值、直流输出电压为出厂整定值、负载电流为额定值，关闭被测变换模块；

——启动被测变换模块时用数字示波器适当量程观察从输出电压爬升的起始时间到直流输出电压爬升至稳定输出过程，同时用时间记录装置记录该过程所用时间，结果应符合 5.4.8 节要求。

6.4.7 杂音电压试验

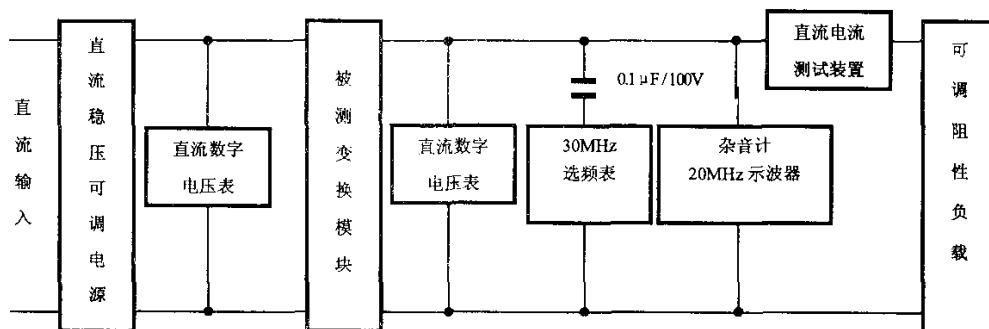


图 5 杂音电压试验电路

试验按以下步骤进行：

——按图 5 接好试验电路，按测试内容要求在被测变换模块直流输出端分别连接以下仪表：连接杂音计，测试电话衡重杂音电压；连接 20MHz 示波器，测试峰—峰值杂音电压；

——启动被测变换模块，调节输入电压为额定值，直流输出电压为出厂整定值，负载电流为额定值；

——用杂音计中电话衡重加权测量模式，选择 600Ω 或 75Ω 输入阻抗，并选择适当量程，读取并记录杂音计的最大电压测量读数，即为被测变换模块输出端电话衡重杂音电压值，应符合 5.4.9.1 节的要求；

——用 20MHz 示波器选择适当量程，示波器扫描速度应低于 0.5s，读取并记录 20MHz 示波器所显示的最大峰—峰值幅度，即为被测变换模块输出端的峰—峰值杂音电压值，应符合 5.4.9.2 节的要求。

6.4.8 并机工作（均分负载）性能试验

试验按以下步骤进行：

——按图 6 接好试验电路（被测变换模块数量： $n \geq 3$ 台），当被测变换模块的均分负载性能受控于监控单元时，被测变换模块应经接口电路与监控单元相连接；

——调节被测变换模块输入电压为额定值；

——逐台开启 n 台被测变换模块，调节直流输出电压为出厂整定值；

——调节可调负载，使总负载电流为 50% 额定值，记录各台被测变换模块的电流值；

- 调节可调负载，使总负载电流为100%额定值，记录各台被测变换模块的电流值；
- 根据测试记录数据计算各台被测变换模块在不同输出电压及电流情况下，并机工作的均分负载不平衡度，计算方法见公式（5），计算结果应符合5.4.10节要求。

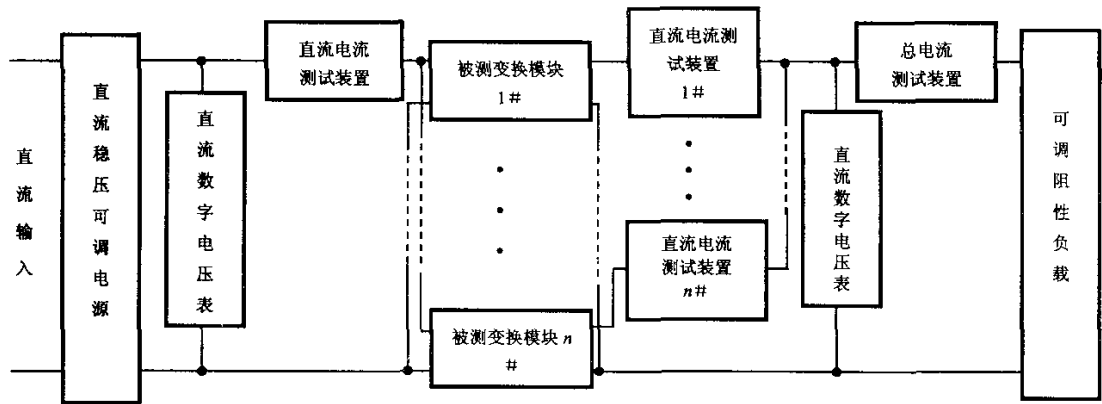


图6 均分负载性能试验电路

$$\begin{cases} \delta_1 = (K_1 - K) \times 100\% \\ \delta_2 = (K_2 - K) \times 100\% \\ \vdots \\ \delta_n = (K_n - K) \times 100\% \end{cases}$$
$$\begin{aligned} K_1 &= I_1 / I_H \\ K_2 &= I_2 / I_H \\ K_n &= I_n / I_H \\ K &= \Sigma I / n I_H \end{aligned}$$

(5)

式中：

$I_1、I_2……I_n$ ——各台被测变换模块所承担的输出电流值；

I_H ——各台被测变换模块输出电流额定值；

ΣI —— n 台被测变换模块输出电流总和；

nI_H —— n 台被测变换模块输出电流额定值总和。

6.5 控制器效率试验

- 控制器效率试验按以下步骤进行：
- 按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；
 - 调节输入电压到额定值，输出电压为变换模块输出整定电压值；
 - 分别调节负载电流到 50%和 100%额定值，根据直流输出电压、电流的乘积计算出被测控制器的直流输出功率，根据直流输入电压、电流的乘积计算出被测控制器的直流输入功率，按式（6）计算出效率，应符合 5.5 表 1 的要求。

$$\text{效率} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

(6)

式中：

P_0 ——直流输出功率；

P_i ——直流输入功率。

6.6 最大功率点跟踪功能

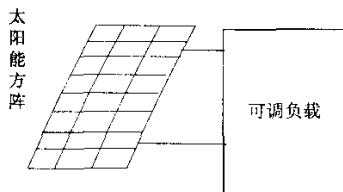


图7-1 无太阳能控制器时测试电路框

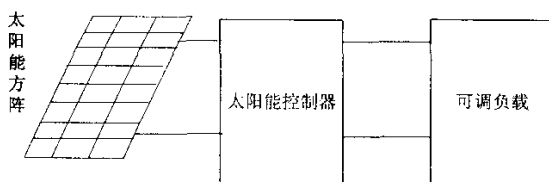


图7-2 具有变换稳压型太阳能控制器时测试电路框

试验按以下步骤进行：

——如图 7-1 所示连接电路；

——太阳能方阵直接连接阻性负载，调节负载使之电压变为控制器额定输出电压的 N 倍， N =太阳能方阵的电压/68；

——如图 7-2 所示连接电路；

——控制器的输入端连接与上述同样的太阳能方阵，控制器的输出端连接负载的电阻值为上述负载的 $1/N$ 时，再次测量负载侧直流输出电压与直流输出电流，计算可得负载功率 P_0 ；

——试验结果应符合 5.6 节的要求。

6.7 休眠功能试验

试验按以下步骤进行：

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；

——当带有两个或两个以上变换模块的控制器正常工作时，调解负载电流，减小负载电流到小于关闭另一个变换模块的电流值时，检查控制器能否关闭一个变换模块；继续调节负载电流，减小负载电流到小于关闭下一个变换模块的电流值时检查控制器能否关闭下一个变换模块；

——当带有两个或两个以上变换模块的控制器正常工作时，调节负载电流，增加负载电流到高于开启另一个变换模块的设定值时，检查控制器能否开启一个变换模块；继续调节负载电流，增加负载电流到高于开启下一个变换模块的设定值时检查控制器能否开启下一个变换模块；

——定期检查具有休眠功能的控制器是否关闭工作时间已超过设定值的变换模块，开启休眠中的变换模块，使之进入工作状态；

——试验结果应符合本标准 5.7 节的规定。

6.8 空载损耗试验

试验按以下步骤进行：

——按图 8 接好试验电路；

- 断开控制器（PV）输入和负载输出，直流稳压可调电源接在控制器的蓄电池端子上；
- 通过测量输入电压与输入电流的乘积计算可得空载输入功率；
- 控制器的空载输入功率应符合 5.8 节的要求。

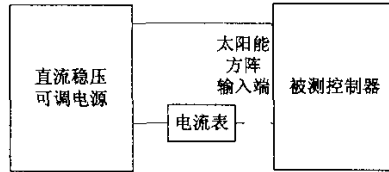


图8 空载损耗试验电路

6.9 蓄电池管理功能检查

6.9.1 将温度传感器放入恒温箱中，控制器的电压工作点随温度的变化而有所改变，其记录曲线斜率应符合 5.9 节的 a) 规定。

6.9.2 通过操作监控单元方式和实际对蓄电池组充放电试验方法检查系统的蓄电池管理功能应符合 5.9 节的 b)、c)、d)、e) 的要求。

6.10 直流配电单元电压降试验

从直流配电单元的蓄电池端子到直流配电单元的负载端子之间通过额定电流时，测量其蓄电池端子至负载端子之间的电压降，应符合 5.10 节的要求；若环境温度不是 20℃，直流配电单元电压降应按下列公式 (7) 计算：

$$V_{20} = \frac{V_t(1 + 20\alpha)}{1 + \alpha} \quad (7)$$

式中：

- t ——测试时环境温度；
- V_{20} ——20℃时直流配电设备电压降；
- V_t —— t ℃时直流配电设备电压降；
- α ——铜导体电阻温度系数。

6.11 直流配电单元的接口要求检查

检查直流配电单元的接口，结果应符合 5.11 节的要求。

6.12 监控功能试验

试验按以下步骤进行：

- 在遥控浮充/均充工作接口上分别送入相应信号时，应能进行工作状态转换；在遥控太阳能电池方阵投入/撤出工作接口上分别送入相应信号时，应能进行工作状态转换；
- 根据通信协议的功能按 YD/T 1363.4-2005 中 11.1 条检查接口；
- 结果应符合 5.11 节的要求。

6.13 显示功能试验

检查控制器能否显示 5.13 节要求的相关参数量。

6.14 保护功能试验

6.14.1 输入过、欠电压保护

试验按以下步骤进行：

——按图3-1接好试验电路，并按图3-2接好相应仪表；

——将可调阻性负载调到额定值，将直流稳压可调电源的电压调至过压保护点以上，控制器应能自动告警并保护，电压下降到设定值后，应自动或人工恢复工作；

——将可调阻性负载调到额定值，将直流稳压可调电源的电压调至欠压限功率点以下，控制器应降容工作，将直流稳压可调电源的电压调至关控制器机保护点以下，应自动保护并告警；将电压回调到恢复点，控制器应能自动恢复工作。

6.14.2 输出过、欠电压保护

试验按以下步骤进行：

——按图3-1接好试验电路，并按图3-2接好相应仪表；

——由直流稳压可调电源代替电池，将可调阻性负载调到额定值，将直流稳压可调电源的电压调至过压保护点以上，控制器应自动告警并保护，电压下降到设定值后，应能人工恢复工作；

——将可调阻性负载调到额定值，将直流稳压可调电源的电压调至欠压保护点以下，控制器应告警；将电压回调到恢复点，控制器应能自动恢复正常。

6.14.3 输出电流限制或输出功率限制保护试验

试验按以下步骤进行：

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；

——启动被测控制器，调节输入电压为额定值，直流输出电压值为出厂整定值，负载电流 50%额定值；

——调节负载电流至限流点或输出功率至恒功率值，检查控制器是否符合 5.14.3 节的要求；

——减小负载电流恢复至额定值范围内，检查控制器能否回复。结果应符合 5.14.3 节的要求。

6.14.4 输出过流与短路保护试验

试验按以下步骤进行：

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；

——接通直流稳压可调电源，启动系统，使控制器过流或短路；

——试验结果应符合 5.14.4 节的要求。

6.14.5 输入反接保护

试验按以下步骤进行：

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；

——分别反接负载、太阳能电池组件、蓄电池的极性；

——试验结果应符合 5.14.5 节的要求。

6.14.6 蓄电池组反向放电保护

试验按以下步骤进行：

——按图 9 接好试验电路；

——调节可调电阻，检查 A2 有无电流流过，若 A2 电流读数为 0，则控制器具有反向放电保护功能；

——试验结果应符合 5.14.6 节的要求。

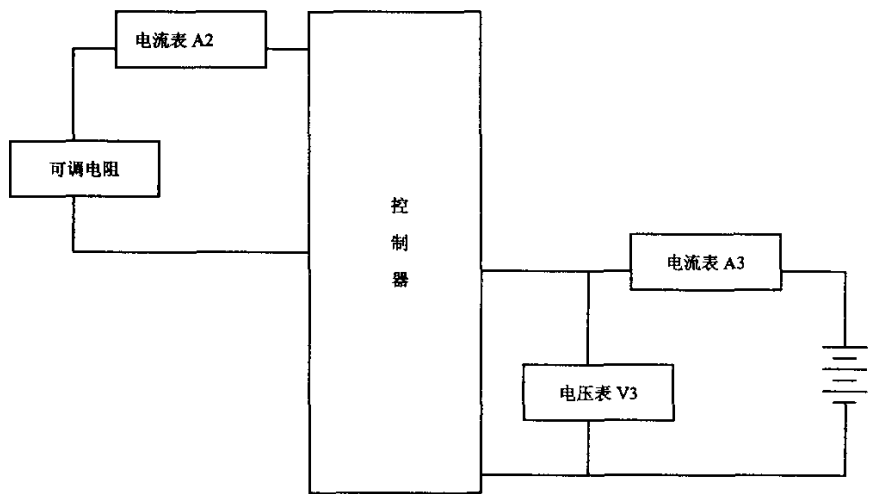


图9 蓄电池组反向放电保护功能试验

6.14.7 熔断器保护

- 试验按以下步骤进行：
- 按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；
 - 模拟熔断器故障；
 - 试验结果应符合 5.14.7 节的要求。

6.14.8 过温保护

模拟环境温度超过系统设定值，检查控制器是否按5.14.8节的要求动作，应符合5.14.8节的要求。

6.15 告警性能试验

- 试验按以下步骤进行：
- 按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表；
 - 接通直流稳压可调电源，启动系统，模拟故障或使控制器进入保护状态；
 - 试验结果应符合 5.15 节的要求。

6.16 电磁兼容性试验

试验方法按YD/T 983-1998中5.5的要求进行，应符合5.16节的要求。

6.17 安全性能试验

6.17.1 绝缘电阻试验

用绝缘电阻测试仪直流 500V 的测试电压，对被测控制器各独立电路与地之间、无电气联系的各电路之间进行测试，测试结果应符合 5.17.1 节要求。

6.17.2 抗电强度试验

- 试验按以下步骤进行：
- 用耐压测试仪对被测控制器进行抗电强度试验；
 - 被测控制器应进行完绝缘电阻试验并符合要求后才能进行抗电强度的试验；
 - 试验电压：对于输入电压小于等于 100V 的控制器，输出电路、输入电路对地试验电压为有效值为 500V，50Hz 的交流电压或等效其峰值的 710V 直流电压；对于输入电压大于 100V 的控制器，各独立

电路与地之间、无电气联系的各电路之间应能承受频率为 50Hz、电压幅值为表 2 绝缘试验的试验等级耐压或采用试验电压为表 2 绝缘试验的试验等级交流耐压有效值的 1.4 倍直流电压；

——试验持续时间：试验电压从小于一半最高幅值处逐步升高，达到规定电压值时持续 1min；

——试验结果应符合 5.17.2 节要求。

6.17.3 保护接地试验

试验按以下步骤进行：

——目视检查接地点、汇接导线等应符合 5.17.3 节的要求；

——被测系统应与输入电路、输出电路、监控设备及所有外部电路完全断开；

——使用数字微欧计、凯尔文电桥等微电阻测量仪器，按微电阻测量仪器测量接线方法（双线或四线），测量线主接线端接主保护接地端子；测量线另一端依次接前、后可活动的门（板）、及其门（板）的拉手、钮子、钥匙锁等外表面可能触及的金属部件；

——从微电阻测量仪器依次、直接读出主保护接地端子与各测量点之间的连接电阻值，应符合 5.17.3 节的要求。

6.18 防雷试验

防雷试验按 YD/T 944 中的方法进行，结果应符合 5.18 节的要求。

6.19 音频噪声试验

试验按以下步骤进行：

——测试现场的被测噪声即本底噪声不小于 7dB；

——按图 3-1 接好试验电路，并按图 3-2 接好相应仪表，启动被测控制器，调节直流输入电压在 5.2 节的控制器输入电压范围内，调节负载电流为额定值；

——用声级计在距离被测设备正面 1m、设备的 1/2 高度处进行测量，测量结果应符合 5.19 的要求。

6.20 可靠性试验

可靠性试验按 YD/T 731-2008 的 5.4.9 节进行。

6.21 环境试验

6.21.1 低温贮存试验

试验方法按 GB/T 2423.1-2008 中“试验 Ab”进行。被测控制器无包装、不通电、不含蓄电池。试验温度为 $(-40 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，试验持续时间为 16h，试验后应符合表 3 中相关性能指标要求。

6.21.2 低温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.1-2008 中“试验 Ad”进行。被测控制器无包装。试验温度为 I 型 $(-15 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、II 型 $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，试验持续时间为 2h，试验后应符合表 3 中相关性能指标要求。

6.21.3 高温贮存试验

试验方法按 GB/T 2423.2-2008 中“试验 Bb”进行。被测控制器无包装不含电池、不通电。试验温度为 $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，连续试验时间为 16h。试验后应符合表 3 中相关性能指标要求。

6.21.4 高温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.2-2008 中“试验 Bd”进行。被测控制器无包装。试验温度为 I 型 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、II 型 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，试验持续时间为 2h，试验后应符合表 3 中相关性能指标要求。

6.21.5 恒定湿热试验

试验方法按GB/T 2423.3-2006中“试验Cb”的要求进行。被测控制器无包装。试验温度为 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $(93\pm 3)\%$ ，试验持续时间为2h，试验后应符合表3中相关性能指标要求。

6.21.6 振动试验（正弦）

被测控制器在不带包装的条件下按GB/T 2423.10-2008 Fc的要求与方法进行试验，频率为10Hz～55Hz，振幅为0.35mm，周期时间为每根轴线方向30min。试验后应符合表3中相关性能指标要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。出厂检验分100%检验和抽检两种，可根据情况任选一种，检验合格后填写检验记录并发给合格证方能出厂。

7.2 出厂检验

7.2.1 100%检验

每台控制器出厂时均进行老化后的出厂检验。有一项性能指标不符合要求，即为不合格，应返修复试。复试再不合格，则不能发给合格证。

100%检验的检验项目、要求及试验方法见表3。

表 3 检验项目内容及判定

序 号	项 目	不合格判定		出厂检验		型式检验	要 求	试验方法
		B	C	100%	抽 样			
1	控制器输入电压范围	O		√		√	5.2	6.2
2	控制器直流输出电压范围	O		√		√	5.3	6.3
3	负载效应（负载调整率）	O		√		√	5.4.1	6.4.1
4	源效应	O			√	√	5.4.2	6.4.1
5	稳压精度	O			√	√	5.4.3	6.4.1
6	温度系数	O			√	√	5.4.4	6.4.2
7	负载效应恢复时间（动态响应）	O		√		√	5.4.5	6.4.3
8	开关机过冲幅度	O		√		√	5.4.6	6.4.4
9	启动冲击电流（浪涌电流）	O		√		√	5.4.7	6.4.5
10	软启动时间	O		√		√	5.4.8	6.4.6
11	杂音电压	O		√		√	5.4.9	6.4.7
12	并机工作（均分负载）性能		O		√	√	5.4.10	6.4.8
13	控制器效率	O			√	√	5.5	6.5
14	最大功率跟踪功能	O			√	√	5.6	6.6
15	休眠功能	O			√	√	5.7	6.7
16	空载损耗	O			√	√	5.8	6.8
17	蓄电池管理功能		O		√		5.9	6.9
18	直流配电单元电压降	O			√	√	5.10	6.10
19	直流配电单元的接口要求	O			√	√	5.11	6.11
20	监控功能	O			√	√	5.12	6.12
21	显示功能	O			√	√	5.13	6.13
22	输入过、欠压保护功能	O			√	√	5.14.1	6.14.1
23	输出过、欠电压保护	O			√	√	5.14.2	6.14.2

表 3 (续)

序 号	项 目		不合格判定		出厂检验		型式检验	要 求	试验方法
			B	C	100%	抽 样			
24	输出电流限制或输出功率限制保护		O			√	√	5.14.3	6.14.3
25	输出过流与短路保护		O			√	√	5.14.4	6.14.4
26	输入反接保护		O			√	√	5.14.5	6.14.5
27	蓄电池组反向放电保护		O			√	√	5.14.6	6.14.6
28	熔断器保护		O			√	√	5.14.7	6.14.7
29	过温保护		O			√	√	5.14.8	6.14.8
32	告警性能			O		√		5.15	6.15
33	电磁兼容性			O		√		5.16	6.16
34	绝缘电阻		O			√	√	5.17.1	6.17.1
35	抗电强度		O			√	√	5.17.2	6.17.2
36	保护接地		O			√	√	5.17.3	6.17.3
37	防雷要求		O			√	√	5.18	6.18
38	音频噪声		O			√	√	5.19	6.19
39	可靠性试验		O			√	√	5.20	6.20
40	低温贮存试验	稳压精度	O				√	5.1.1 5.4.3	6.21.1 6.4.1
		电话衡重杂音电压	O				√	5.1.1 5.4.9.1	6.21.1 6.4.7
		峰峰值杂音电压	O				√	5.1.1 5.4.9.2	6.21.1 6.4.7
41	低温工作试验	稳压精度	O				√	5.1.2 5.4.3	6.21.2 6.4.1
		电话衡重杂音电压	O				√	5.1.2 5.4.9.1	6.21.2 6.4.7
		峰峰值杂音电压	O				√	5.1.2 5.4.9.2	6.21.2 6.4.7
42	高温贮存试验	稳压精度	O				√	5.1.1 5.4.3	6.21.3 6.4.1
		电话衡重杂音电压	O				√	5.1.1 5.4.9.1	6.21.3 6.4.7
		峰峰值杂音电压	O				√	5.1.1 5.4.9.2	6.21.3 6.4.7
43	高温工作试验	稳压精度	O				√	5.1.2 5.4.3	6.21.4 6.4.1
		电话衡重杂音电压	O				√	5.1.2 5.4.9.1	6.21.4 6.4.7
		峰峰值杂音电压	O				√	5.1.2 5.4.9.2	6.21.4 6.4.7

表 3 (续)

序 号	项 目		不合格判定		出厂检验		型式检验	要 求	试验方法
			B	C	100%	抽 样			
44	恒定湿热试验	稳压精度	O				√	5.1.3 5.4.3	6.21.5 6.4.1
		电话衡重杂音电压	O				√	5.1.3 5.4.9.1	6.21.5 6.4.7
		峰峰值杂音电压	O				√	5.1.3 5.4.9.2	6.21.5 6.4.7
		绝缘电阻	O				√	5.1.3 5.17.1	6.21.5 6.17.1
45	振动试验 (正弦)	稳压精度	O				√	5.1.5 5.4.3	6.21.6 6.4.1
		电话衡重杂音电压	O				√	5.1.5 5.4.9.1	6.21.6 6.4.7
		峰峰值杂音电压	O				√	5.1.5 5.4.9.2	6.21.6 6.4.7

7.2.2 抽样检验

抽样检验按逐批检验进行，其检验水平按 GB/T 2828.1-2003中的一般检验水平Ⅱ，抽样方案按 GB/T 2828.1-2003中的正常检验一次抽样方案。产品的质量以不合格数表示；产品的不合格分为B类和C类。

接收质量限（AQL）分别为：B类6.5；C类15。根据AQL在GB/T 2828.1-2003 表2-A中查出抽样所需样本量n、接收数（Ac）和拒收数（Re）。B类：n=3，Ac=0，Re=1；C类：n=3，Ac=1，Re=2。

抽样检验应按GB/T2828.1-2003中13.3执行转移规则；抽样检验后的处置应按GB/T2828.1-2003中第7条执行。

抽样检验的检验项目、要求及试验方法见表3。

7.3 型式检验

型式检验按周期进行，一般1年进行一次，具有下列情况之一的均需做型式检验：

- a) 产品停产一个周期以上又恢复生产；
- b) 转厂生产再试制定型；
- c) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变；
- d) 产品投产前签定或质量监督机构提出。

型式检验按GB/T 2829-2002进行，采用判别水平Ⅱ的一次抽样方案，产品质量以不合格数表示。产品的不合格类型分为B类和C类，产品不合格质量水平（RQL）见表4。

表 4 RQL 值

不合格类别	RQL 值
B 类	50 (3; 0, 1)
C 类	120 (3; 2, 3)

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

标志应符合YD/T 1058-2007的7.1规定。

8.2 包装

包装应符合YD/T 1058-2007的7.2规定。

8.3 运输

运输应符合YD/T 1058-2007的7.3规定。

8.4 贮存

贮存应符合YD/T 1058-2007的7.4规定。
