

ICS 29.200
M 41



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 3088-2016

通信用 336V 整流器

336V Rectifier for telecommunications

2016-04-05 发布

2016-07-01 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 产品系列.....1

4 要求.....1

5 试验方法.....5

6 检验规则.....14

7 标志、包装、运输、储存.....16

附录 A（规范性附录）试验用仪器、设备.....17

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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：中国信息通信研究院、中国移动通信集团公司、中国移动通信集团设计院有限公司、江苏省邮电规划设计院有限责任公司、艾默生网络能源有限公司、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、中达电通股份有限公司、广州珠江电信设备制造有限公司、杭州中恒电气股份有限公司、深圳奥特迅电力设备股份有限公司、北京动力源科技股份有限公司、施耐德电气信息技术（中国）有限公司、漳州科华技术有限责任公司、信华精机有限公司、深圳市金威源科技股份有限公司、深圳市克莱沃电子有限公司、深圳市比亚迪锂电池有限公司、深圳科士达科技股份有限公司、江苏理士电池有限公司。

本标准主要起草人：刘亦珩、高 健、彭广香、徐 钦、朱 莉、王少华、谢凤华、潘哲毅、梁伟成、朱国锭、王文东、姚建华、李树广、黄詹江勇、何俐鹏、颜昔平、张 杰、晏 伟、董亚武、周德超、于海滨。

通信用 336V 整流器

1 范围

本标准规定了通信用 336V 整流器的要求、试验方法、检验规则和包装储存。
本标准适用于通信用 336V 整流器（以下简称整流器）。

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 191 包装储运图示标志
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 2423.5-1995 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 和导则：振动（正弦）
GB/T 2828.1-2012 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）
GB/T 3873 通信设备产品包装通用技术条件
GB 4943.1-2011 信息技术设备 安全 第 1 部分：通用要求
GB/T 18380.1-2001 电缆在火焰条件下的燃烧试验 第 1 部分：单根绝缘电线或电缆的垂直燃烧 试验方法
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
YD/T 282-2000 通信设备可靠性通用试验方法
YD/T 944 通信电源设备的防雷技术要求和测试方法
YD/T 983-2013 通信电源设备电磁兼容性限值及测量方法

3 产品系列

3.1 输出电流（功率）额定值系列

15A（6kW）、25A（10kW）、30A（12kW）、37.5A（15kW）、50A（20kW）、75A（30kW）。
注：当用户提出要求并与制造厂协商后，可以生产系列值以外的产品。

3.2 输出电压标称值

336V。

4 要求

4.1 环境条件

整流器的工作环境应无腐蚀性、爆炸性和破坏绝缘的气体及导电尘埃，并远离热源。

YD/T 3088-2016

4.1.1 温度范围

工作温度范围：－5℃～40℃；
储运温度范围：－40℃～70℃。

4.1.2 相对湿度范围

工作相对湿度范围：≤90%（40℃±2℃）；
贮运相对湿度范围：≤95%（40℃±2℃）。

4.1.3 大气压力

大气压力范围：70kPa～106kPa。
大气压力为70kPa以下时，用户与制造厂协商，制造厂可根据GB/T 20626.1-2006的要求进行设计、生产。

4.1.4 冲击与振动

整流器应能承受峰值加速度为 150m / s²、持续时间为 11ms 的冲击。
整流器应能承受频率为 10Hz～55Hz、振幅为 0.35mm 的正弦波振动。

4.2 交流输入

4.2.1 额定电压

三相：380V。

4.2.2 额定频率

额定频率为 50Hz。

4.2.3 电压波动范围

交流输入电压的波动范围为其额定值的 85%～110%。
三相：323V～418V。

4.2.4 频率波动范围

输入频率的波动范围为 47.5Hz～52.5Hz。

4.2.5 输入电压波形畸变率

输入电压波形畸变率应不大于5%。

4.3 直流输出电压可调节范围及工作方式

4.3.1 直流输出电压可调节范围

直流输出电压可调节范围为 300V～400V。
整流器的直流输出电压值在可调节范围内应具有手动或由监控电路控制连续可调的功能。

4.3.2 直流输出电压工作方式

整流器应能与蓄电池并联以浮充、均充及蓄电池放电测试工作方式向通信设备供电（或应具有该方面的接口）。

4.4 输入功率因数

整流器的输入功率因数应满足表1的要求。

表1 输入功率因数

| | |
|----------------|-------|
| 输入功率因数（100%负载） | ≥0.99 |
| 输入功率因数（50%负载） | ≥0.98 |
| 输入功率因数（30%负载） | ≥0.95 |

4.5 输入电流总谐波失真度

整流器的输入电流总谐波失真度应满足表2的要求。

表2 输入电流总谐波失真度（3次～39次）

| | I 类 | II 类 |
|--------------------|------|------|
| 输入电流总谐波失真度（100%负载） | ≤5% | ≤8% |
| 输入电流总谐波失真度（50%负载） | ≤8% | ≤10% |
| 输入电流总谐波失真度（30%负载） | ≤10% | ≤15% |

4.6 效率

整流器的效率应满足表3的要求。

表3 效率

| | I 类 | II 类 |
|------------|------|------|
| 效率（100%负载） | ≥94% | ≥92% |
| 效率（50%负载） | ≥95% | ≥93% |
| 效率（30%负载） | ≥95% | ≥93% |

4.7 峰-峰杂音电压

整流器直流输出端在 0MHz～20MHz 频带内的峰-峰值杂音电压应≤0.5%。

4.8 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±0.5%。

4.9 源效应（电网调整率）

不同交流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±0.1%。

4.10 稳压精度

不同交流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±0.5%。

4.11 温度系数（1/℃）

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±0.02%。

4.12 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 200μs，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。

4.13 开关机过冲幅度

由于开关机引起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±3%。

4.14 启动冲击电流

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%。

4.15 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～10s。

YD/T 3088-2016

4.16 噪声

整流器满载工作时的噪声应不大于 55dB (A)。

4.17 遥测、遥信、遥控功能

整流器应具有接口电路，可与系统监控电路连接，在系统监控电路控制下应具有以下功能：

- 遥测：整流器输出电压、整流器输出电流；
- 遥信：整流器工作状态（开/关机、均/浮充/测试、限流/不限流、故障/正常）；
- 遥控：整流器开/关机，整流器均/浮充/测试。

4.18 直流输出电流限制或输出功率限制功能

整流器应具有直流输出电流或输出功率的限制功能，整流器直流输出限流或限功率保护功能可分为两种形式：

——整流器直流输出电流的限流值可在其额定值的 105%~110%之间，当输出电流达到限流值时，整流器以限流值输出。

——整流器直流输出功率达到限功率值时，整流器应以限功率方式输出。

整流器应具有短路自动保护功能；当故障排除后，整流器应能自动恢复工作。

4.19 均分负载（并机工作）性能

在多台同型号整流器并机工作环境下，整流器自主工作或受控于系统监控时应做到均分负载，在单机 50%~100%额定输出电流范围内，其均分负载的不平衡值应不超过直流输出电流额定值的±5%。

4.20 交流输入过、欠电压及缺相保护功能

整流器应能监测电网电压，当交流输入电压值过高或过低时，整流器应具备以下保护功能：

——当电网电压过高时，整流器应具有过电压关机保护的功能并告警，电网电压恢复正常后，应能自动恢复工作；过压保护电压的设定不应低于额定电压值的 115%（三相应≥437V）；

——当电网电压过低时，整流器应具有欠电压保护的功能并告警，电网电压恢复正常后，应能自动恢复工作；欠压保护电压的设定不应高于额定电压值的 80%（三相应≤304V）；

——三相电压输入且电网出现缺相时，整流器应具有缺相保护功能并告警，电网恢复正常后，应能自动恢复工作。

4.21 温度过高保护功能

当整流器内部温度达到保护设定值时，应能自动告警与保护，故障排除后，应能自动恢复工作。

4.22 熔断器（或断路器）保护功能

整流器为限制某些故障的进一步扩大，应设有熔断器（或断路器）保护功能。

4.23 防雷性能

整流器的交流输入端应装有电涌保护装置，应符合YD/T 944的要求。

4.24 接地性能

所有可触及的金属外壳和金属零部件与整流器的接地PE端的电阻应不大于0.1Ω。

4.25 安全要求

4.25.1 绝缘电阻

试验电压为直流 1000V 时，整流器主回路的交流部分和直流部分对地、交流部分对直流部分的绝缘电阻均不小于 2MΩ。

4.25.2 抗电强度

交流电路对地应能承受 50Hz, 有效值为 2000V 的交流电压 (漏电流 $\leq 30\text{mA}$) 或等效其峰值的 2828V 直流电压 (漏电流 $\leq 1\text{mA}$) 1min, 应无击穿, 无飞弧现象。

交流电路对直流电路应能承受 50Hz, 有效值为 2000V 的交流电压 (漏电流 $\leq 30\text{mA}$) 或等效其峰值的 2828V 直流电压 (漏电流 $\leq 1\text{mA}$) 1min, 且无击穿与无飞弧现象。

直流电路对地应能承受 50Hz, 有效值为 2000V 的交流电压 (漏电流 $\leq 30\text{mA}$) 或等效其峰值的 2828V 直流电压 (漏电流 $\leq 1\text{mA}$) 1min, 且无击穿与无飞弧现象。

4.25.3 接触电流和保护导体电流

整流器的保护地 (PE) 对输入的中性线 (N) 的接触电流应不大于 3.5mA。

当接触电流大于 3.5mA 时, 保护导体电流的有效值不应超过每相输入电流的 5%, 如果负载不平衡, 则应采用三个相电流的最大值来计算。在保护导体大电流通路上, 保护导体的截面积不应小于 1.0mm^2 。在靠近整流器的一次电源连接端处, 应设置标有警告语或类似词语的标牌, 即“大接触电流, 在接通电源之前必须先接地”。

4.25.4 材料阻燃性能

整流器所用的 PCB 的阻燃等级应达到 GB 4943.1-2011 中规定的 V-0 要求, 塑胶导线的阻燃等级应达到 GB/T 18380.1-2001 中规定的要求, 其他绝缘材料的阻燃等级应达到 GB 4943.1-2011 中规定的 V-1 要求。

4.26 电磁兼容

4.26.1 传导骚扰限值

整流器的传导骚扰限值应符合 YD/T 983-2013 中 8.1 的要求。

4.26.2 辐射骚扰限值

整流器的辐射骚扰限值应符合 YD/T 983-2013 中 8.2 的要求。

4.26.3 电压起伏和闪烁限值

整流器的电压起伏和闪烁限值应符合 YD/T 983-2013 中 8.4 的要求。

4.26.4 抗扰性

针对整流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。整流器在进行以上各种抗扰性试验中或试验后应符合 YD/T 983-2013 中 9.1.1 的要求。

针对整流器交流端口的抗扰性有: 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、电压暂降和电压短时中断抗扰性。整流器在进行以上各种抗扰性试验中或试验后应符合 YD/T 983-2013 中 9.1.4 的要求。

针对整流器直流端口的抗扰性有: 电快速瞬变脉冲群抗扰性、射频场感应的传导骚扰抗扰性。整流器在进行以上各种抗扰性试验中或试验后应符合 YD/T 983-2013 中 9.1.5 的要求。

4.27 可靠性指标

整流器的平均无故障时间 (MTBF) 应不小于 $1 \times 10^5\text{h}$ 。

5 试验方法

5.1 试验前准备

5.1.1 试验环境条件

通电前被测整流器应与环境温度平衡, 按产品规定预热时间对被测整流器进行预热。

YD/T 3088-2016

除非另有规定，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：45%～75%；
- 大气压力：86kPa～106kPa。

5.1.2 试验用仪器、设备

见附录 A。

5.2 交流输入试验

5.2.1 试验基本原理

试验基本原理见图 1。

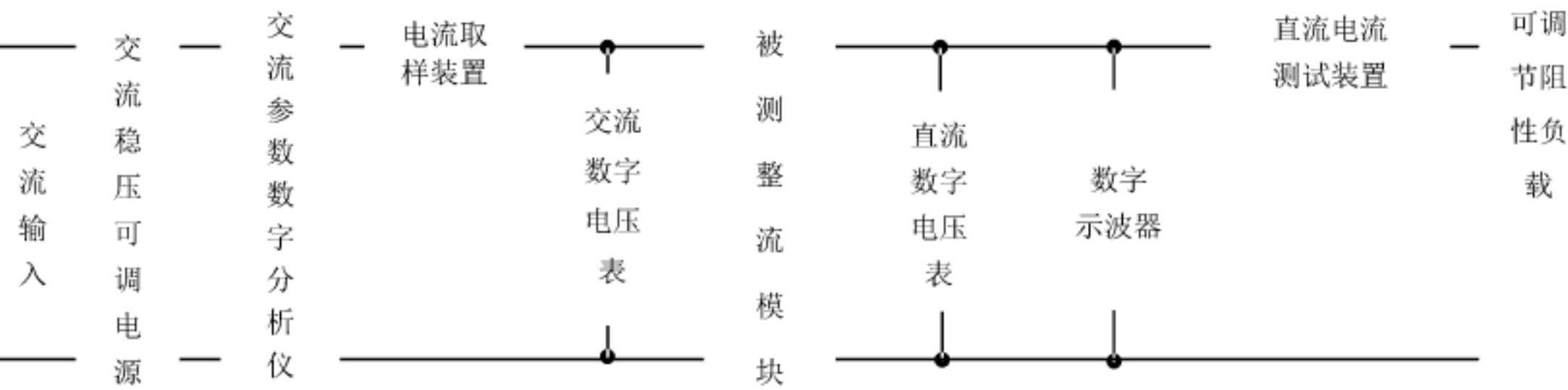


图1 试验基本原理

——按图 1 接好试验电路；

——启动被测整流器，调节交流输入电压为 110%额定值，直流输出电压为整定值，输出电流为额定值，检查被测整流器应能正常工作；

——调节被测整流器交流输入电压为 85%额定值，调节被测整流器直流输出电压为整定值，输出电流为额定值，检查被测整流器应能正常工作；

——调节被测整流器交流输入为 47.5Hz，调节被测整流器直流输出电压为整定值，输出电流为额定值，检查被测整流器应能正常工作；

——调节被测整流器交流输入为 52.5Hz，调节被测整流器直流输出电压为整定值，输出电流为额定值，检查被测整流器应能正常工作。

5.3 直流输出电压可调节范围及工作方式试验

5.3.1 试验方法与步骤

——按图 1 接好试验电路；

——启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为整定值，输出电流为 50%额定值；

——调节交流输入电压为 85%额定值（三相 323V），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 4.3.1 规定的直流输出电压范围的上限；

——调节交流输入电压为 110%额定值（三相 418V），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 4.3.1 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电路控制连续可调的功能，并应符合 4.3.2 的要求。

5.4 输入功率因数、输入电流总谐波失真度、效率试验

- 按图 1 接好试验电路；
- 启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为整定值，输出电流分别为 100%、50%和 30%额定值；
- 在交流参数数字分析仪上读取输入功率因数，应符合 4.4 的要求；
- 当输入电压波形畸变率不大于 1%时，在交流参数数字分析仪上读取输入电流总谐波失真度，应符合 4.5 的要求；
- 根据直流输出电压、电流的乘积计算出被测整流器的直流输出功率；
- 在交流参数数字分析仪上读取被测整流器的交流输入有功功率，按公式（1）计算出效率，应符合 4.6 的要求。

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

(1)

式中：

P_0 ——直流输出功率，单位：W；
 P_i ——交流输入有功功率，单位：W。

5.5 峰-峰杂音电压试验

5.5.1 试验电路

杂音电压试验电路见图 2。

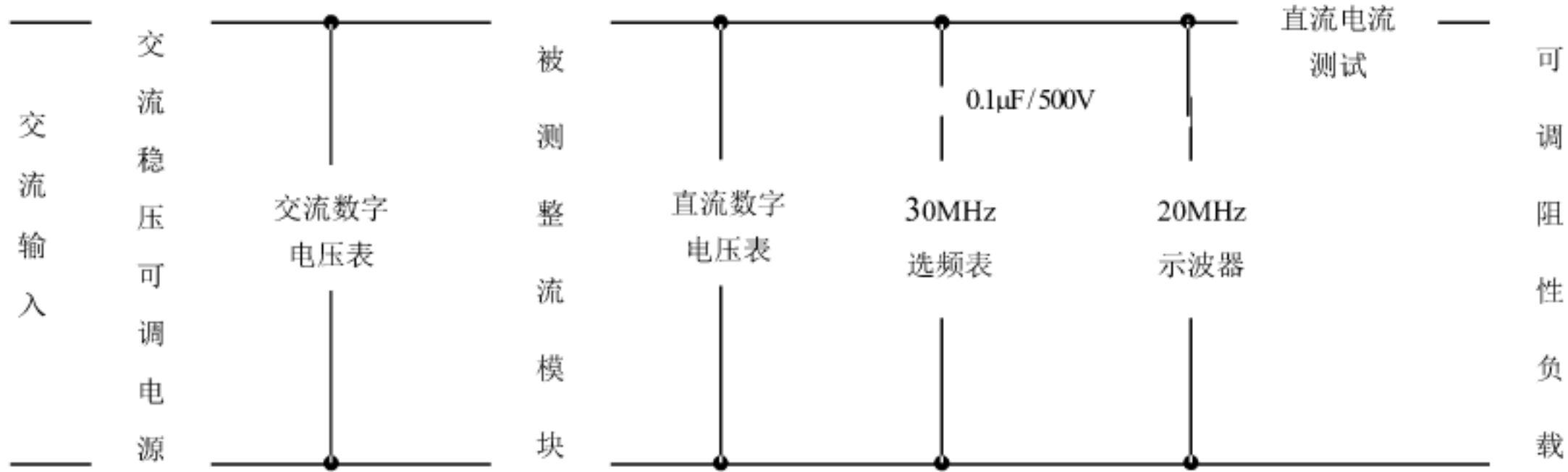


图2 杂音电压试验电路

5.5.2 试验方法与步骤

- 按图 2 接好试验电路；
- 连接 20MHz 示波器，测试峰-峰值杂音电压；
- 启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为整定值、输出电流为额定值；
- 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 20 MHz 示波器所显示的最大峰-峰值幅度，即为被测整流器输出端的峰-峰杂音电压值，应符合 4.7 的要求。

5.6 负载效应（负载调整率）、源效应（电网调整率）、稳压精度试验

- 按图 1 接好试验电路。
- 启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为整定值，输出电流为 50%额定值，记录该状态下的直流输出电压。
- 调节交流输入电压分别为 85%、110%额定值，输出电流分别为 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公式(2)计算出被测整流器在以上各种条件下的负载效应,其中最差值应符合4.8的要求。

$$\text{负载效应} = \frac{V_{a1}(V_{a2}) - V_{a0}}{V_{a0}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

V_{a0} —— 输出电流为50%额定值时的直流输出电压值,单位:V;

V_{a1} —— 输出电流为5%额定值时的直流输出电压值,单位:V;

V_{a2} —— 输出电流为100%额定值时的直流输出电压值,单位:V;

——根据测试的记录数据按公式(3)计算出被测整流器在以上各种条件下的源效应,其中最差值应符合4.9的要求。

$$\text{源效应} = \frac{V_{b1}(V_{b2}) - V_{b0}}{V_{b0}} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

V_{b0} —— 交流输入电压为额定值时的直流输出电压值,单位:V;

V_{b1} —— 交流输入电压为85%额定值时的直流输出电压值,单位:V;

V_{b2} —— 交流输入电压为110%额定值时的直流输出电压值,单位:V。

——根据测试的记录数据按公式(4)计算出被测整流器在以上各种条件下的稳压精度,计算结果应符合4.10的要求。

$$\text{稳压精度} = \frac{V_{\max(\min)} - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

V_0 —— 输入电压为额定值、输出电流为50%额定值时的直流输出电压值,单位:V;

$V_{\max(\min)}$ —— 所测出数据中最大(最小)的直流输出电压值,单位:V。

5.7 温度系数试验

——被测整流器放置恒温箱中,按图1接好试验电路。

——启动被测整流器,调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为整定值、输出电流为额定值。控制高、低温试验箱内温度恒温 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 至被测整流器平衡稳定工作后,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至被测整流器平衡稳定工作,恒温工作时间内间隔15min测量并记录被测整流器直流输出电压值。

——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至被测整流器平衡稳定工作,恒温工作时间内间隔15min测量并记录被测整流器直流输出电压。

——按公式(5)、(6)计算出被测整流器在温度下降与上升时的温度系数,计算结果应符合4.11的要求。

$$\text{温度系数(下降)} = \frac{V_{t\downarrow} - V_{t0}}{V_{t0} \cdot (t_{\downarrow} - t_0)} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{温度系数(上升)} = \frac{V_{t\text{上}} - V_{t0}}{V_{t0} \cdot (t_{\text{上}} - t_0)} \times 100 \quad (6)$$

式中:

- t_0 —— 20℃;
- $t_{\text{下}}$ —— 工作温度下限值 (−5℃);
- $t_{\text{上}}$ —— 工作温度上限值 (40℃);
- V_{t0} —— 直流输出电压整定值, 单位: V;
- $V_{t\text{下}}$ —— 工作温度下限时的直流输出电压值, 单位: V;
- $V_{t\text{上}}$ —— 工作温度上限时的直流输出电压值, 单位: V。

5.8 负载效应恢复时间 (动态响应) 试验

5.8.1 试验电路

负载效应恢复时间 (动态响应) 试验电路见图 3。

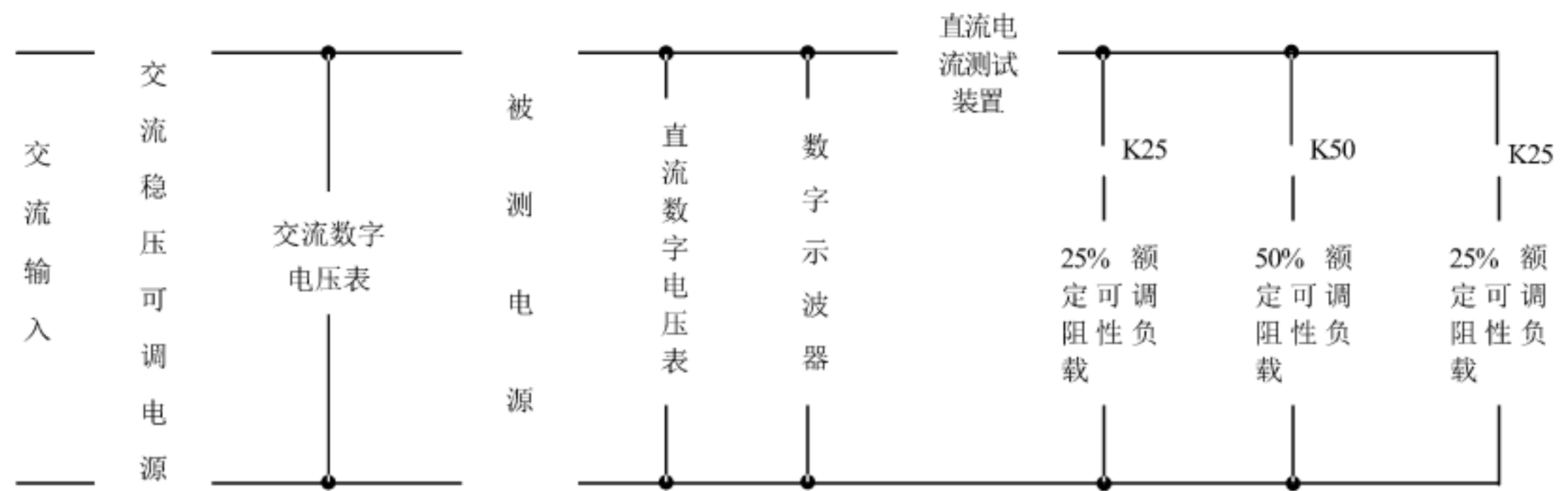


图3 负载效应恢复时间 (动态响应) 试验电路

5.8.2 试验方法与步骤

- 按图 3 接好试验电路;
- 启动被测整流器, 调节交流输入电压为额定值, 直流输出电压为整定值, 输出电流为 50%额定值;
- 突变输出电流, 使输出电流从额定值的 25%→50%→25%和 50%→75%→50%进行阶跃式变化, 用数字示波器的适当量程观察被测整流器直流输出电压的时间变化波形, 从中计算电压幅度变化量、超调量及恢复时间, 计算结果应符合 4.12 的要求。

5.9 开关机过冲幅度试验

- 按图 1 接好试验电路;
- 启动被测整流器, 调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为整定值、输出电流为额定值;
- 反复三次对被测整流器进行开关机的操作, 用数字示波器观察直流输出电压的时间变化波形, 从中计算出直流输出电压的过冲幅度, 最大值应符合 4.13 的要求。

5.10 启动冲击电流 (浪涌电流) 试验

- 按图 1 接好试验电路;
- 启动被测整流器, 调节交流输入电压为额定值, 直流输出电压为整定值, 输出电流为额定值; 启动被测整流器时用数字示波器配合电流取样装置分别测量交流输入冲击电流峰值与稳定工作后的交流

输入电流峰值；

——对被测整流器反复进行 4 次启动，相临两次间隔 2min，启动冲击电流最大值应符合 4.14 的要求。

注： 由于EMI电路所产生的 μs 级冲击电流不考虑。

5.11 软启动时间试验

试验按以下步骤进行：

——按图 1 接好试验电路；

——启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值、直流输出电压为整定值、输出电流为额定值；

——启动被测整流器时用数字示波器适当量程观察从启动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，最大值应符合 4.15 的要求。

5.12 音响噪音试验

试验按以下步骤进行：

——按图 1 接好试验电路；

——启动被测整流器调节交流输入电压为额定值，直流输出电压为整定值，调节输出电流为额定值；

——用声级计在被测整流器正面 1m、设备的 1/2 高度处进行测量，测量结果应符合 4.16 的要求。

注： 测试现场的被测噪声与本底噪声的差应不小于 7dB (A)， 否则，测量数据应按照GB/T4980-2003要求进行修正。

5.13 遥测、遥信、遥控功能试验

——目测检查被测整流器是否具有与监控电路的接口电路；

——按图 1 接好试验电路，并将计算机通过监控电路（或系统监控单元）与被测整流器接口电路连接；

——启动被测整流器，调节交流输入电压、直流输出电压、输出电流在额定值范围内；

——在计算机软件的支持下对被测整流器进行遥测、遥信、遥控功能测试，测试结果应符合 4.17 的要求。

5.14 直流输出电流限制或输出功率限制性能试验

——启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值，直流输出电压值为整定值；

——调节输出电流，使整流器工作在限流或限功率状态，检查整流器应符合 4.10 与 4.18 的要求；

——减小输出电流恢复至额定值范围内，检查整流器应符合 4.10 的要求。

5.15 均分负载（并机工作）性能试验

5.15.1 试验电路

试验电路见图4。

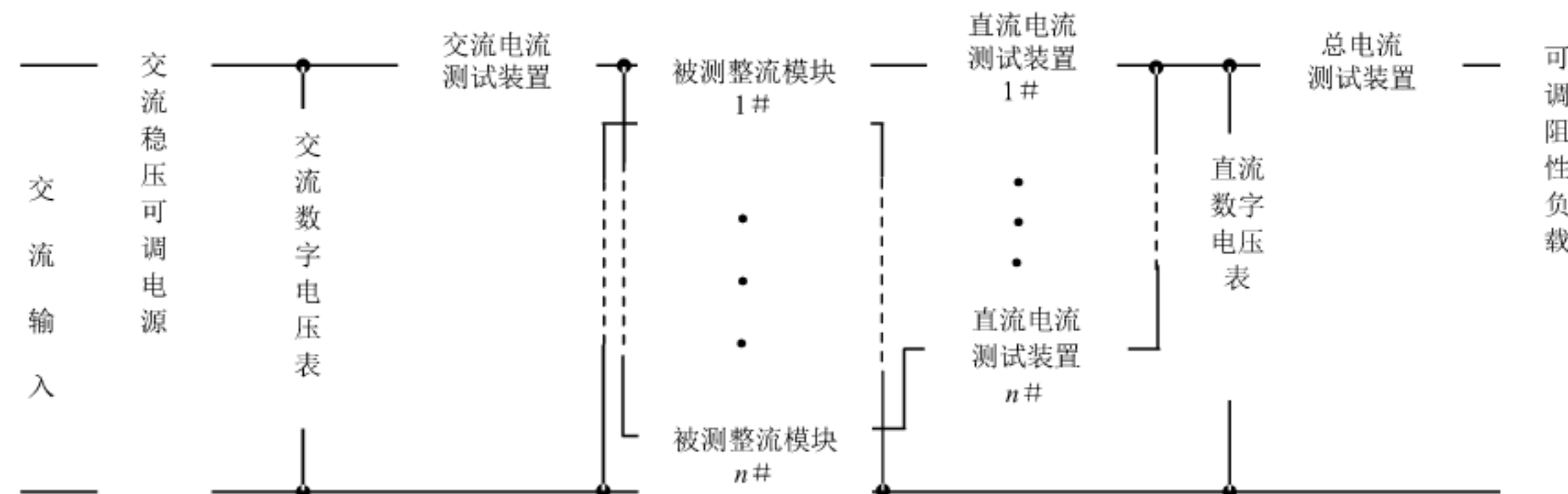


图4 均分负载性能试验电路

5.15.2 试验方法与步骤

——按图 4 接好试验电路（被测整流器数量： $n \geq 3$ 台），当被测整流器的均分负载性能受控于监控电路（系统监控单元单）时，被测整流器应经接口电路与监控电路相连接；

——调节被测整流器交流输入电压为额定值；

——逐台开启 n 台被测整流器，调节直流输出电压为整定值；

——调节可调负载，使总输出电流为 50% 额定值，记录各台被测整流器的电流值；

——调节可调负载，使总输出电流为 100% 额定值，记录各台被测整流器的电流值；

——根据测试记录数据计算各台被测整流器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（7），计算结果应符合 4.19 的要求。

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= (K_1 - K) \times 100 \% \\ \delta_2 &= (K_2 - K) \times 100 \% \\ &\vdots \\ \delta_n &= (K_n - K) \times 100 \% \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} K_1 &= I_1 / I_H \\ K_2 &= I_2 / I_H \\ &\vdots \\ K_n &= I_n / I_H \\ K &= \sum I / n I_H \end{aligned}$$

式中：

I_1, I_2, \dots, I_n —— 为各台被测整流器所承担的输出电流值，单位：A；

I_H —— 为各台被测整流器输出电流额定值，单位：A；

$\sum I$ —— 为 n 台被测整流器输出电流总和，单位：A；

$n I_H$ —— 为 n 台被测整流器输出电流额定值总和，单位：A。

5.16 交流输入过、欠电压、缺相保护功能试验

a) 按图 1 接好试验电路；

b) 启动被测整流器，调节交流输入电压为额定值、直流输出电压值为整定值、输出电流为 50% 额定值；

c) 调节被测整流器交流输入电压值至过压保护点（三相时不低于 437V）或欠压保护点（三相时不高于 304V），检查被测整流器状态应符合 4.20 的要求；

d) 对三相交流输入的整流器，切断其中一相或两相的输入电压，检查被测整流器状态应符合 4.20 的要求；

e) 调节被测整流器交流输入电压值从过压或欠压保护点恢复至额定值范围内，或将缺相状态恢复正常，检查被测整流器状态应符合 4.20 的要求。

5.17 温度过高保护功能试验

模拟环境温度超过系统设定值，整流器应按 4.21 的要求动作。

5.18 熔断器（或断路器）保护功能试验

目视检查整流器安装熔断器（或断路器）情况，并检查整流器熔断器（或断路器）的规格，应符合 4.22 的要求。

5.19 防雷性能试验

按 YD/T 944 中的方法进行, 结果应符合 4.23 的要求。

5.20 接地性能试验

a) 整流器应与输入电路、输出电路、监控设备及所有外部电路完全断开;

b) 使用微电阻测量仪器, 按其测量接线方法, 测量线主接线端接主保护接地端子; 测量线另一端依次接外表面可能触及的金属部件;

c) 从微电阻测量仪器依次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 4.24 的要求。

5.21 安全试验

5.21.1 绝缘电阻试验

在常温条件下, 用绝缘电阻测试仪直流 500V 的测试电压, 对被测整流器交流部分对地、直流部分对地、交流部分对直流部分进行测试, 被测整流器的绝缘电阻测试结果应符合 4.25.1 的要求。

5.21.2 抗电强度试验

用耐压测试仪对被测整流器进行抗电强度试验。

被测整流器应是在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。

试验内容: 耐压与漏电流 (交流电路对地、交流电路对直流电路、直流电路对地)。

试验电压:

— 交流电路对地的试验电压为 50Hz, 有效值为 2000V 的交流电压或等效其峰值的 2828V 直流电压;

— 交流电路对直流电路的试验电压为 50Hz, 有效值为 2000V 的交流电压或等效其峰值的 2828V 直流电压;

— 直流电路对地的试验电压为 50Hz, 有效值为 2000V 的交流电压或等效其峰值的 2828V 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 4.25.2 的要求。

5.21.3 接触电流和保护导体电流试验

用泄漏电流测试仪, 测量整流器保护地 (PE) 对输入的中性线 (N) 的接触电流值应不大于 3.5mA。

对接触电流大于 3.5mA 三相输入的整流器, 应使用交流电流表测量流过保护导体的电流, 测量结果应符合 4.25.3 的规定。

5.21.4 材料阻燃性能试验

a) 进行本试验时可能会冒出有毒的烟雾, 在适用的情况下, 试验可以在通风柜中进行, 或者在通风良好的房间内进行, 但是不能出现可能使试验结果无效的气流;

b) 试验火焰应利用本生灯获得, 本生灯灯管内径为 $9.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$, 灯管长度从空气主进口处向上约为 100mm。本生灯要使用热值约为 37MJ/m^3 的燃气。应调节本生灯的火焰, 使本生灯处于垂直位置, 同时空气进气口关闭时, 火焰的总高度约为 20mm。火焰顶端应与样品接触, 烧 30s, 然后移动火焰停烧 60s, 再在同一部位烧 30s;

c) 在试验期间, 当试验火焰第二次撤离后, 样品延续燃烧不应超过 1min, 且样品不应完全烧尽, 试验结果应符合 4.25.4 的要求。

塑料导线的阻燃性能试验按照 GB/T 18380.1-2001 中规定的试验方法进行, 试验结果应符合 4.25.4 的要求。

5.22 电磁兼容试验

5.22.1 传导骚扰限值试验

试验方法按 YD/T 983-2013 中 8.1 的要求进行。

5.22.2 辐射骚扰限值试验

试验方法按 YD/T 983-2013 中 8.2 的要求进行。

5.22.3 电压起伏和闪烁限值试验

试验方法按 YD/T 983-2013 中 8.4 的要求进行。

5.22.4 抗扰性试验

针对整流器外壳表面的抗扰性试验方法按 YD/T 983-2013 中 9.1.1 的要求进行。

针对整流器交流端口的抗扰性试验方法按 YD/T 983-2013 中 9.1.4 的要求进行。

针对整流器直流端口的抗扰性试验方法按 YD/T 983-2013 中 9.1.5 的要求进行。

5.23 可靠性指标试验

按 YD/T 282-2000 中第 6 章相关要求进行。

5.24 环境条件试验

5.24.1 低温试验

5.24.1.1 低温储存试验

试验方法按 GB/T 2423.1-2008 中“试验 Ab”的要求进行。产品无包装，不通电。试验温度为 $-40^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；试验持续时间为 2h。

试验后整流器应能正常工作。

5.24.1.2 低温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.1-2008 中“试验 Ad”的要求进行。产品无包装，通电加额定电流，试验温度为 $-5^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；试验持续时间为 2h。

试验后整流器应能正常工作。

5.24.2 高温试验

5.24.2.1 高温储存试验

试验方法按 GB/T 2423.2-2008 中“试验 Bb”的要求进行。产品无包装，不通电。试验温度为 $70^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；试验持续时间为 2h。

试验后整流器应能正常工作。

5.24.2.2 高温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.2-2008 中“试验 Bd”的要求进行。产品无包装，通电加额定电流，试验温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；试验持续时间为 2h。

试验后整流器应能正常工作。

5.24.3 恒定湿热试验

试验方法按 GB/T 2423.3-2006 中“试验 Cab”的要求进行。产品无包装，试验严酷等级为：温度 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度 $(93\pm 3)\%$ ，试验持续时间为 2d。

试验后整流器应能正常工作。

5.24.4 冲击、振动试验

5.24.4.1 冲击试验（半正弦）

被测整流器在不带包装的条件下按 GB/T 2423.5-1995 中“试验 Ea”的要求与方法进行试验，峰值加速度为 150m/s^2 ，持续时间为 11ms，3 个垂直方向各连续冲击 3 次共 18 次。

试验后整流器应能正常工作。

5.24.4.2 振动试验（正弦）

被测整流器在不带包装的条件下按 GB/T 2423.10-1995 中“试验 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。

试验后整流器应能正常工作。

6 检验规则

6.1 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。

6.2 出厂检验

6.2.1 100%检验

每台整流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、要求及试验方法按表 5 的相关要求。

6.2.2 抽样检验

抽样检验按逐批检验进行，其检验水平按 GB/T 2828.1-2012 中的一般检验水平 II，抽样方案按 GB/T 2828.1-2012 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 4.0；C 类 15。根据 AQL 在 GB/T 2828.1-2012 表 2-A 中查出抽样所需样本量 n 、接收数 A_C 和拒收数 R_e 。B 类： $n=3$ ， $A_C=0$ ， $R_e=1$ ；C 类： $n=3$ ， $A_C=1$ ， $R_e=2$ 。

抽样检验应按 GB/T 2828.1-2012 中 13.3 执行转移规则；抽样检验后的处置应按 GB/T 2828.1-2012 中第 7 条执行。

抽样检验的检验项目、要求及试验方法按表 5 的相关要求。

6.3 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 产品不合格质量水平 RQL

| 不合格类型 | RQL 及抽样方案 | |
|-------|-----------|-----------|
| B 类 | 50 | (3; 0, 1) |
| C 类 | 120 | (3; 2, 3) |

型式检验的检验项目、要求及试验方法按表 5 的相关要求。

表5 检验项目

| 序号 | 项目 | 不合格类型 | | 出厂检验 | | 型式检验 | 要 求 | 试验方法 |
|----|-------------------|-------|---|------------|----|------|--------|----------|
| | | B | C | 100% 检验 | 抽样 | | | |
| 1 | 交流输入 | | ○ | | √ | √ | 4.2 | 5.2 |
| 2 | 直流输出电压可调节范围及工作方式 | | ○ | | √ | √ | 4.3 | 5.3 |
| 3 | 输入功率因数 | ○ | | | √ | √ | 4.4 | 5.4 |
| 4 | 输入电流总谐波失真度 | ○ | | | √ | √ | 4.5 | 5.4 |
| 5 | 效率 | ○ | | | √ | √ | 4.6 | 5.4 |
| 6 | 峰-峰值杂音电压 | ○ | | √ | √ | √ | 4.7 | 5.5 |
| 7 | 负载效应（负载调整率） | ○ | | | √ | √ | 4.8 | 5.6 |
| 8 | 源效应（电网调整率） | ○ | | | √ | √ | 4.9 | 5.6 |
| 9 | 稳压精度 | ○ | | √ | √ | √ | 4.10 | 5.6 |
| 10 | 温度系数 | ○ | | | | √ | 4.11 | 5.7 |
| 11 | 负载效应恢复时间（动态响应） | ○ | | | √ | √ | 4.12 | 5.8 |
| 12 | 开关机过冲幅度 | ○ | | | √ | √ | 4.13 | 5.9 |
| 13 | 启动冲击电流（浪涌电流） | ○ | | | √ | √ | 4.14 | 5.10 |
| 14 | 软启动时间 | | ○ | | √ | √ | 4.15 | 5.11 |
| 15 | 噪音 | | ○ | | | √ | 4.16 | 5.12 |
| 16 | 遥测、遥信、遥控功能 | | ○ | | √ | √ | 4.17 | 5.13 |
| 17 | 直流输出电流限制或输出功率限制性能 | ○ | | | √ | √ | 4.18 | 5.14 |
| 18 | 均分负载（并机工作）性能 | | ○ | | √ | √ | 4.19 | 5.15 |
| 19 | 交流输入过、欠电压及缺相保护功能 | ○ | | √ | √ | √ | 4.20 | 5.16 |
| 20 | 温度过高保护功能 | | ○ | | √ | √ | 4.21 | 5.17 |
| 21 | 熔断器（或断路器）保护功能 | ○ | | | | √ | 4.22 | 5.18 |
| 22 | 防雷性能 | | ○ | | | √ | 4.23 | 5.19 |
| 24 | 接地性能 | ○ | | | | √ | 4.24 | 5.20 |
| 25 | 绝缘电阻 | ○ | | √ | √ | √ | 4.25.1 | 5.21.1 |
| 26 | 抗电强度 | ○ | | √ | √ | √ | 4.25.2 | 5.21.2 |
| 27 | 接触电流和保护导体电流 | ○ | | | √ | √ | 4.25.3 | 5.21.3 |
| 28 | 材料阻燃性能 | | ○ | | | √ | 4.25.4 | 5.21.4 |
| 29 | 传导骚扰限值 | | ○ | | | √ | 4.26.1 | 5.22.1 |
| 30 | 辐射骚扰限值 | | ○ | | | √ | 4.26.2 | 5.22.2 |
| 31 | 电压起伏和闪烁限值 | | ○ | | | √ | 4.26.3 | 5.22.3 |
| 32 | 抗扰性 | ○ | | | | √ | 4.26.4 | 5.22.4 |
| 33 | 可靠性指标 | ○ | | | | √ | 4.27 | 5.23 |
| 34 | 低温储存试验 | ○ | | | | √ | 4.1.1 | 5.24.1.1 |
| 35 | 低温工作试验 | ○ | | | | √ | 4.1.1 | 5.24.1.2 |
| 36 | 高温储存试验 | ○ | | | | √ | 4.1.1 | 5.24.2.1 |
| 37 | 高温工作试验 | ○ | | | | √ | 4.1.1 | 5.24.2.2 |
| 38 | 恒定湿热试验 | ○ | | | | √ | 4.1.2 | 5.24.3 |
| 39 | 冲击试验 | ○ | | | | √ | 4.1.4 | 5.24.4.1 |
| 40 | 振动试验 | ○ | | | | √ | 4.1.4 | 5.24.4.2 |

7 标志、包装、运输、储存

7.1 标志

7.1.1 产品标志

在产品的适当位置应有标志，其内容应符合以下要求：

- 产品铭牌应标明产品型号、名称、注册商标、生产单位、生产日期、序列号等；
- 安全标识应符合 GB 4943.1-2001 中 1.7 的要求。

7.1.2 包装标志

产品包装上应有标志并符合 GB/T 191 的规定。

7.2 包装

产品包装应防潮、防振，并应符合 GB/T 3873 规定。

产品随带文件：

- a) 产品合格证；
- b) 产品说明书；
- c) 装箱清单；
- d) 其他技术资料。

7.3 运输

产品在运输中，应有遮篷，不应有剧烈振动、撞击等。

7.4 储存

产品储存应符合 GB/T 3873 的规定。

附 录 A
(规范性附录)
试验用仪器、设备

A.1 三相稳压可调电源

额定电压： $380 \times (1 \pm 30\%)$ V 可调，功率 20kVA \sim 50kVA。

A.2 三相变频电源

输出频率 47.5Hz \sim 52.5Hz 可调，输出功率不小于被测整流器的满载功率的三倍。

A.3 仪表用单相电源隔离变压器

220V/1kVA。

A.4 可调节阻性负载器

应满足被测整流器的电压范围及电流范围的负载调节。

A.5 仪表用交流电流互感器（或其他交流电流测量装置）

应满足被测整流器的电流范围，精度：0.5 级。

A.6 直流电流分流器

应满足被测整流器的电流范围，精度：0.5 级。

A.7 交/直流数字多用电压表

交流量程：0V \sim 500V；

直流量程：0V \sim 500V、0mV \sim 500mV，精度：0.2 级。

A.8 数字示波器

频率带宽：不低于 100MHz，精度：0.5 级。

A.9 模拟示波器

频率带宽：20MHz。

A.10 单相/三相交流参数数字分析仪

具有单相/三相电压、电流、频率、功率、功率因数的测试功能及谐波分析功能，精度：0.5 级。

A.11 绝缘电阻测试仪

测试电压：DC 0V \sim 1000V；量程：0M Ω \sim 1000M Ω 。

A.12 耐压测试仪

测试电压：AC/DC 0V \sim 5000V；

漏电流量程：0mA \sim 100mA（试验电压为交流时）。

A.13 声级计

量程：0dB~100dB，A 计权工作方式。

A.14 恒温、恒湿试验箱

温控范围：-40℃~70℃；

温控误差：±1℃；

容积：应不小于 5 倍被测样品的体积。

A.15 冲击、振动试验台

冲击试验台：峰值加速度：不小于 150m/s^2 ，持续时间：不小于 11ms，最大载荷不小于样品重量的 2 倍。

振动试验台：振动方式：正弦波振动；振动频率：不小于 10Hz~55Hz；最大振幅不小于 0.35mm；最大载荷不小于样品重量的 2 倍。

A.16 防雷测试仪

防雷测试仪应满足 YD/T 944 中的要求。

A.17 接地电阻测试仪

接地电阻测试仪应满足 GB 4943.1-2011 中的要求。

A.18 接触电流测试设备

接触电流测试设备应满足 GB 4943.1-2011 中的要求。