

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2026

数据中心高压直流供电系统技术要求

Technical requirements for high-voltage direct current power supply systems in data centers

（征求意见稿）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国机电设备工程协会 发 布

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 系统架构与分类 1

 4.1 系统架构 1

 4.2 电压等级分类 2

5 技术要求 2

 5.1 一般要求 2

 5.2 输入特性 2

 5.3 输出特性 2

 5.4 蓄电池组 2

 5.5 监控与管理 2

 5.6 安全与保护 2

 5.7 电磁兼容 2

 5.8 能效要求 3

6 试验方法 3

 6.1 输入特性 3

 6.2 输出特性 3

 6.3 蓄电池组功能 3

 6.4 监控与管理试验 3

 6.5 安全与保护试验 4

 6.6 电磁兼容性 4

 6.7 能效试验 4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由山东圣阳电源股份有限公司提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：山东圣阳电源股份有限公司

本文件主要起草人：

数据中心高压直流供电系统技术要求

1 范围

本文件规定了数据中心高压直流（HVDC）供电系统的系统架构与分类、技术要求、试验方法。

本文件适用于标称电压为240 V、336 V及800 V的数据中心高压直流供电系统的设计、制造、检验和验收。其他电压等级的直流供电系统可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 第9部分：脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 第12部分：振铃波抗扰度试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高压直流供电系统 HVDC system

由交流配电单元、整流模块、蓄电池组、直流配电单元、监控模块及绝缘监测装置等组成，将交流电转换为高压直流电，并为IT负载提供不间断直流电源的系统。

3.2

悬浮供电模式 floating supply mode

直流供电系统的正负极均不接地，通过绝缘监测装置实时监测系统对地绝缘电阻的供电方式。

3.3

固态变压器 solid state transformer

基于电力电子变换技术，实现中压交流到高压直流直接变换，具备电气隔离、电压变换及功率控制功能的新型电力电子设备。

3.4

母线电压波动范围 bus voltage fluctuation range

在稳态运行条件下，直流母线上任意一点电压相对于标称电压的最大允许偏差范围。

4 系统架构与分类

4.1 系统架构

系统应采用模块化设计，主要包含：

- 交流输入单元：具备防雷、滤波及双路市电自动/手动切换功能；
- 整流单元：将交流电转换为直流电，支持 N+X 冗余配置；
- 储能单元：采用阀控式铅酸蓄电池或锂离子电池组，直接挂接于直流母线；
- 直流配电单元：包含直流断路器、熔断器及分路监测；
- 监控单元：实现对系统参数采集、告警管理及远程通信；
- 绝缘监测单元：实时监测正负母线对地绝缘状况。

4.2 电压等级分类

电压等级分类应符合下列规定：

- a) Class I：标称电压 240V DC；
- b) Class II：标称电压 336V DC；
- c) Class III：标称电压 800V DC。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 系统应在环境温度-5℃~40℃，相对湿度 10%~90%（无凝露）条件下正常工作。

5.1.2 对于 800V 系统，应具备完善的电弧故障检测与保护机制（AFCI）。

5.2 输入特性

输入特性应符合下列规定：

- a) 输入电压范围：三相五线制，380 V/400 V $\pm$ 20%；10 kV/35 kV $\pm$ 15%；
- b) 输入频率：50 Hz $\pm$ 5 Hz；
- c) 功率因数：满载时应 $\geq$ 0.99；
- d) 谐波电流：总谐波畸变率 $\leq$ 3%（满载）。

5.3 输出特性

输出特性应符合下列规定：

- a) 输出电压标称值：240 V、336 V 或 800 V；
- b) 稳压精度：稳态下应 $\leq$ $\pm$ 1%；
- c) 杂音电压：
 - 1) 电话衡重杂音电压： $\leq$ 2 mV；
 - 2) 峰-峰值杂音电压： $\leq$ 200 mV(240 V/336 V 系统)， $\leq$ 400mV(800 V 系统)。
- d) 动态响应：负载突变（0 $\rightarrow$ 100%或 100% $\rightarrow$ 0）时，输出电压偏离稳态值的幅度应不大于标称值的 $\pm$ 5%，恢复时间应不大于 20 ms。

5.4 蓄电池组

5.4.1 蓄电池组应直接并联在直流母线上，无 DC/AC/DC 二次转换。

5.4.2 系统应具备电池智能管理功能，包括充放电曲线优化、单体电压监测及剩余容量（SOC）估算。

5.4.3 对于 800 V 系统，推荐采用高压串联锂电池组，并配备独立的电池管理系统（BMS）与 HVDC 监控系统通讯。

5.5 监控与管理

5.5.1 系统应支持 SNMP、Modbus TCP/IP 等协议，接入数据中心基础设施管理系统（DCIM）。

5.5.2 关键参数（电压、电流、功率、绝缘电阻、温度）采样周期应不大于 1 s。

5.5.3 应具备黑匣子功能，记录故障前至少 1 min 的历史数据。

5.6 安全与保护

安全与保护应符合下列规定：

- a) 绝缘监测：系统必须配备绝缘监测装置。当正或负母线对地绝缘电阻低于设定阈值时，应发出告警；
- b) 过压/欠压保护：具备多级保护机制，防止电池过充或负载过放；
- c) 防反接保护：输入及电池接入端应具备防反接措施；
- d) 电弧保护：800V 及以上系统必须具备直流电弧故障检测和快速切断功能，切断时间应不大于 10 ms。

5.7 电磁兼容

- 5.7.1 传导骚扰和辐射骚扰应符合 GB/T 17626.3、GB/T 17626.9、GB/T 17626.12 的规定。
- 5.7.2 系统应具备抗静电放电、浪涌、电快速瞬变脉冲群的能力。

5.8 能效要求

整流模块效率：

- a) 240 V/336 V 系统：50%负载下效率≥96%，满载效率≥95%；
- b) 800 V 系统（含 SST）：整机系统效率（从交流输入到直流输出）≥97.5%；
- c) 待机功耗：系统空载或休眠模式下，功耗应≤额定功率的 0.5%。

6 试验方法

6.1 输入特性

- 6.1.1 电压与频率范围试验：调节交流电源电压至标称值的+20%和-20%（或中压侧±15%），频率至 50 Hz±5 Hz，验证系统是否能正常工作，是否出现保护关机或异常告警。
- 6.1.2 功率因数与谐波试验：系统在额定输入电压、额定频率及满载条件下运行。使用精度不低于 0.5 级的功率分析仪测量输入端的功率因数和总谐波电流畸变率（THDi），验证结果是否符合 5.2 的规定。

6.2 输出特性

- 6.2.1 稳压精度试验：在输入电压为标称值、频率为 50Hz 条件下，分别测量负载为 0%、25%、50%、75%、100%时的直流输出电压，按公式（1）计算稳压精度。

$$\delta = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{nom}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- U_{max} ——最大电压，单位为伏特（V）；
- U_{min} ——最小电压，单位为伏特（V）；
- U_{nom} ——标准电压，单位为伏特（V）。

6.2.2 杂音电压试验：

- 6.2.2.1 电话衡重杂音：使用电话衡重杂音计，在直流输出端并联 800 Ω电阻测量，验证读数是否符合 5.3 规定。
- 6.2.2.2 峰-峰值杂音：使用带宽不小于 20 MHz 的示波器，在直流输出端并联 0.1 μF 电容和 10 Ω电阻，测量纹波峰-峰值，验证结果是否符合 5.3 的规定。

6.2.3 动态响应

系统处于稳态满载运行，利用电子负载进行0%↔100%额定电流的阶跃变化（变化率不小于1 A/μs）。使用示波器记录输出电压波形，测量最大偏离幅度及恢复至稳态误差带（±1%）所需时间，验证结果是否符合5.3规定。

6.3 蓄电池组功能

- 6.3.1 直挂拓扑检查：检查系统电气原理图及实物接线，确认蓄电池组直接并联于直流母线，中间无 DC/AC/DC 变换环节。
- 6.3.2 智能管理验证：对蓄电池组进行完整的充放电循环，记录监控系统显示的单体电压、总电压及 SOC 估算值，与标准充放电曲线及安时积分法计算值进行比对，误差应在允许范围内。
- 6.3.3 BMS 通讯试验（适用于 800 V 系统）：模拟 BMS 通讯中断或数据异常，检查 HVDC 监控系统是否能正确接收告警并显示相应状态。

6.4 监控与管理试验

- 6.4.1 协议一致性试验：使用标准网管软件或调试工具，通过 SNMP、Modbus TCP/IP 协议读取系统关键参数（电压、电流、温度等）并下发控制指令，验证通信的正确性。
- 6.4.2 采样周期测试：在直流母线上施加一个快速变化的信号（如阶跃负载），同时记录标准仪器数值变化时刻与监控系统数值更新时刻，时间差应不大于 1 s。

6.4.3 黑匣子功能测试：人为制造一种可恢复的故障（如瞬间过流），待系统恢复后，通过维护接口导出故障记录数据，检查是否包含故障发生前至少 1 min 的关键参数记录。

6.5 安全与保护试验

6.5.1 绝缘监测试验：在直流正极或负极与地之间并联可调电阻，逐渐减小电阻值直至低于设定告警阈值，系统应发出声光告警并上报绝缘阻值。

6.5.2 过压/欠压保护试验：调节整流模块输出电压或模拟电池电压异常，当电压达到过压或欠压保护点时，系统应切断相应回路或停机保护。

6.5.3 防反接试验：在断电情况下，将输入电源或电池组极性反接，上电后系统应无损坏且不启动，或立即进行保护。

6.5.4 电弧保护试验（适用于 800 V 系统）：在直流配电输出端模拟串联或并联电弧故障，使用高精度示波器记录故障发生时刻至直流断路器完全切断电路的时间，该时间应不大于 10 ms。

6.6 电磁兼容性

按照GB/T 17626.3、GB/T 17626.9、GB/T 17626.12的规定，在具备资质的实验室环境下进行试验。

6.7 能效试验

6.7.1 整流模块效率：在额定输入电压和频率下，分别调节负载至 50%额定值和 100%额定值，待热稳定后，测量输入功率 P_{in} 和输出功率 P_{out} ，按式（2）计算效率。

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η ——效率；

P_{out} ——输出功率，单位为瓦（W）；

P_{in} ——输入功率，单位为瓦（W）。

6.7.2 整机系统效率（适用于 800 V 含 SST 系统）：测量从交流输入端到直流输出端的总效率，条件同上，负载为满载。

6.7.3 待机功耗试验：系统接通交流电源但不带负载，使其进入休眠或待机模式，测量输入功率，计算其占额定功率的百分比。