



团 体 标 准

T/CEATEC XXX—XXXX

数据中心固态变压器供电系统技术规范

Technical specification for solid-state transformer power supply systems in data
centers
(征求意见稿)

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 系统总体要求 2

5 系统构成 2

 5.1 系统组成 2

 5.2 供电架构 3

 5.3 接入与输出 3

 5.4 不间断供电单元或不间断供电功能单元 3

 5.5 储能接口 3

 5.6 冗余与旁路 3

6 技术要求 3

 6.1 环境要求 3

 6.2 外观与结构要求 4

 6.3 电气性能 4

 6.4 过载与连续供电性能 4

 6.5 保护与告警 4

 6.6 控制与通信监测 5

 6.7 冷却要求 5

 6.8 安全要求 5

 6.9 防护、防雷与接地 5

 6.10 运维可操作性 6

 6.11 电磁兼容要求 6

7 试验方法 6

 7.1 试验条件 6

 7.2 系统构成检查 6

 7.3 环境适应性试验 6

7.4 外观与结构检查 6

7.5 电气性能试验 7

7.6 过载与连续供电性能试验 7

7.7 保护与告警试验 7

7.8 控制与通信监测试验 7

7.9 冷却试验 7

7.10 安全试验 7

7.11 防护、防雷与接地试验 8

7.12 运维可操作性检查 8

7.13 电磁兼容试验 8

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

数据中心固态变压器供电系统技术规范

1 范围

本文件规定了数据中心固态变压器供电系统的术语和定义、系统总体要求、系统构成、技术要求和试验方法。

本文件适用于数据中心中压接入、交流输出、直流输出或交直流混合输出的固态变压器供电系统。

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 2423.1 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 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 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
GB 4824 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法
GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
GB/T 7251.2 低压成套开关设备和控制设备 第2部分：成套电力开关和控制设备
GB/T 7260.1 不间断电源系统（UPS） 第1部分：安全要求
GB/T 7260.2 不间断电源设备（UPS） 第2部分：电磁兼容性（EMC）要求
GB/T 7260.3 不间断电源系统（UPS） 第3部分：确定性能和试验要求的方法
GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
GB/T 14048.2 低压开关设备和控制设备 第2部分：断路器
GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差
GB/T 16895.3 低压电气装置 第5-54部分：电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体
GB/T 16895.6 低压电气装置 第5-52部分：电气设备的选择和安装 布线系统
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 17626.4 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 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则
GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 第11部分：对每相输入电流小于或等于16 A设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
GB/T 17626.29 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 第2部分：工业环境中的抗扰度标准
GB/T 34120 电化学储能系统储能变流器技术要求
GB/T 38833 信息通信用240V/336V直流供电系统技术要求和试验方法
GB/T 39572.1 并网双向电力变流器 第1部分：通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据中心固态变压器供电系统 data center solid-state transformer power supply system

以中压交流电源为输入，采用电力电子变换单元和中频或高频隔离单元实现电压变换、电气隔离和功率调节，并向数据中心负载提供低压交流电能、直流电能或二者兼有的成套供电系统。

3.2

连续供电型固态变压器供电系统 continuous power supply solid-state transformer power supply system

在正常运行、储能支撑、旁路切换或运行模式切换过程中，能够在规定条件下保持关键IT负载供电连续性的固态变压器供电系统。

3.3

交流输出型系统 AC-output system

以低压交流母线为主要输出对象的固态变压器供电系统。

3.4

直流输出型系统 DC-output system

以直流母线为主要输出对象，并通过直流配电单元、直流分支保护装置或DC/DC变换装置向IT负载供电的固态变压器供电系统。

3.5

混合输出型系统 hybrid-output system

同时具备交流输出端口和直流输出端口，可分别向低压交流母线、直流母线、储能系统或辅助用电系统供电的固态变压器供电系统。

4 系统总体要求

4.1 系统应根据数据中心等级、IT 负载容量和业务连续性要求，确定额定容量、冗余方式、旁路方式和保护策略。

4.2 系统接入公用电网时，公共连接点的供电电压偏差、频率偏差、谐波、电压波动和闪变、三相电压不平衡应符合 GB/T 12325、GB/T 15945、GB/T 14549、GB/T 12326 和 GB/T 15543 的规定。

4.3 系统用于关键 IT 负载供电时，其可靠性配置应与数据中心等级和业务连续性要求相适应，并应符合 GB 50174 的规定。用于 A 级数据中心时，系统宜按容错要求配置，在一次意外事故后或单系统设备维护、检修时，不应导致关键 IT 负载供电中断；用于 B 级数据中心时，系统宜按冗余要求配置，在规定冗余能力范围内，不应因单一模块、单一设备或单一供电路径故障导致关键 IT 负载供电中断；用于 C 级数据中心时，系统应按基本供电需求配置，在系统正常运行条件下，应保证关键 IT 负载供电不中断。

4.4 系统应具备过电压、欠电压、过电流、短路、过温、绝缘异常、冷却异常、通信异常和模块故障等保护功能，并具备告警、事件记录和状态监测功能。

5 系统构成

5.1 系统组成

5.1.1 系统宜由中压接入单元、固态变压器主功率变换单元、中频或高频隔离单元、交流输出单元、直流输出单元、不间断供电单元或不间断供电功能单元、旁路单元、储能接口、控制保护单元、通信监测单元和冷却单元等组成。

5.1.2 不间断供电功能可由独立不间断供电单元实现，也可由固态变压器主功率变换单元、储能接口、

旁路单元和控制保护单元协同实现。

5.1.3 系统各功能单元之间的主回路连接、二次接线、通信连接、冷却接口和安装固定方式应满足额定容量、短路耐受、绝缘、防护、检修和扩展要求。

5.2 供电架构

5.2.1 系统可采用交流供电、直流供电或交直流混合供电架构，并应根据数据中心等级、IT 负载容量、供电连续性要求和设备供电制式确定，宜符合 GB 50174 的规定。

5.2.2 用于关键 IT 负载供电时，系统应明确正常运行、旁路运行、储能支撑、故障降额、维护旁路和停机检修等运行模式，以及各运行模式之间的切换条件、保护策略和负载供电连续性要求。

5.3 接入与输出

5.3.1 中压接入单元应明确额定电压、额定频率、接地方式、短路耐受能力和保护配置；中压侧继电保护配置宜符合 GB/T 50062 的规定。

5.3.2 交流输出单元应明确额定电压、额定频率、额定容量、接地方式、输出分路、短路耐受能力、保护配置和输出电能质量要求。采用低压成套开关设备结构时，宜符合 GB/T 7251.1 和 GB/T 7251.2 的规定；具备不间断供电功能时，其性能确定和试验方法宜符合 GB/T 7260.3 的规定。

5.3.3 直流输出单元应明确直流母线标称电压、电压允许偏差、电压纹波、额定容量、接地方式、分支保护方式和短路保护配置。采用 240 V、336 V 直流供电系统时，宜符合 GB/T 38833 的规定；采用其他直流电压等级时，应在产品技术文件中明确技术参数和判定依据。

5.3.4 交直流混合输出单元应明确交流输出端口、直流输出端口、储能接口和辅助用电接口之间的电气隔离、保护配合、功率分配和运行切换关系，并应防止不同输出端口之间发生反送电、误并列或故障扩大。

5.4 不间断供电单元或不间断供电功能单元

5.4.1 用于关键 IT 负载供电时，系统宜配置不间断供电单元或具备不间断供电功能，并应明确储能接入方式、旁路切换方式、供电维持时间和故障退出策略。

5.4.2 不间断供电功能可由独立不间断供电单元实现，也可由固态变压器主功率变换单元、储能接口、旁路单元和控制保护单元协同实现。

5.5 储能接口

5.5.1 配置储能接口时，应明确接入位置、额定电压、额定功率、充放电控制方式、通信接口、保护配置和故障隔离方式。

5.5.2 储能接口应与不间断供电单元或不间断供电功能单元协调运行，支持储能支撑、充放电控制和故障退出。涉及储能变流器时，宜符合 GB/T 34120 的规定。

5.6 冗余与旁路

5.6.1 用于关键 IT 负载供电时，系统冗余配置应根据数据中心等级和业务连续性要求确定，可采用 N+X、容错配置或等效冗余结构，并宜符合 GB 50174 的规定。

5.6.2 旁路单元应明确旁路类型、额定电压、额定电流、短路耐受能力、切换方式、维修隔离方式和保护配置。采用维修旁路时，应设置电气或机械联锁，防止误操作导致反送电、并列运行或负载失电。

6 技术要求

6.1 环境要求

6.1.1 除另有规定外，系统正常工作环境条件宜符合下列要求：

- a) 环境温度：-5℃～40℃；
- b) 相对湿度：不大于 90%，无凝露；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa；
- d) 安装场所应无导电尘埃、腐蚀性气体、爆炸性气体及剧烈振动。

6.1.2 系统贮存环境条件宜符合下列要求：

- a) 环境温度：-25℃~55℃；
- b) 相对湿度：不大于95%，无凝露。

6.1.3 系统用于海拔超过1000 m的地区时，应根据绝缘水平、电气间隙、温升、冷却能力和功率器件耐压能力进行修正或降额使用，并应在产品技术文件中明确修正或降额方法。

6.2 外观与结构要求

6.2.1 系统柜体表面应平整，涂覆层应牢固，不应有明显剥落、锈蚀、裂纹和机械损伤；标牌、标志、文字符号应清晰、正确、牢固。

6.2.2 系统内部功率连接、母排连接、电缆连接、二次接线、通信线缆和冷却管路应布置整齐、固定可靠，并应满足载流能力、温升、短路耐受、绝缘、防护和检修要求。

6.2.3 系统主回路连接件应满足额定电流和短路耐受要求，连接部位应采取防松措施。母排、电缆端子、功率模块连接端和主要开关进出线端宜设置温度监测点。

6.3 电气性能

6.3.1 系统效率应按运行模式、负载率和测试边界分别声明。制造商应提供25%、50%、75%、100%负载点的效率数据，并说明是否包含冷却系统、辅助电源、储能接口和旁路回路损耗。

6.3.2 系统额定运行时，网侧功率因数宜不低于0.99，并应声明适用的输入电压、负载率和运行模式；涉及并网双向功率变换单元时，其性能应符合GB/T 39572.1的规定。

6.3.3 系统接入公用电网运行时，网侧谐波电流应符合GB/T 14549的规定；额定稳态运行条件下，网侧输入电流总谐波畸变率宜不大于5%。

6.3.4 交流输出型系统应明确输出电压稳态调节范围、输出电压总谐波畸变率、输出频率偏差和动态响应性能；具备不间断供电功能时，性能确定和试验方法应符合GB/T 7260.3的规定。

6.3.5 直流输出型系统应明确直流母线标称电压、电压允许偏差、电压纹波、稳态调节范围和动态响应性能。采用240 V、336 V直流供电系统时，应符合GB/T 38833的规定；采用其他直流电压等级时，应在产品技术文件中明确试验条件和判定依据。

6.3.6 配置储能变流器功能时，其充放电控制、功率调节、电气性能和保护功能应符合GB/T 34120的有关规定。

6.4 过载与连续供电性能

6.4.1 系统过载能力应根据供电架构、冷却方式、旁路方式、储能配置和负载条件确定，并在产品技术文件中声明；具备不间断供电功能时，过载性能和试验方法应符合GB/T 7260.3的规定。

6.4.2 连续供电型系统在正常运行条件下，过载能力宜不低于125%持续10 min、150%持续1 min；实际过载能力应按运行模式、环境温度、冷却条件和旁路状态分别声明并通过试验验证。

6.4.3 储能维持供电条件下，系统过载能力应由制造商声明；涉及储能变流器时，其电气性能、保护功能和试验方法应符合GB/T 34120的规定。

6.4.4 用于关键IT负载供电时，系统切换性能应满足数据中心供电连续性要求；声明为不间断供电或0 ms切换的系统，应按GB/T 7260.3进行负载侧供电连续性验证。

6.4.5 负载供电切换时间应以负载端电压中断或电压偏离允许范围的持续时间进行判定，不应以功率模块唤醒时间、控制响应时间或通信响应时间替代。

6.5 保护与告警

6.5.1 系统应根据拓扑结构、输出制式、冗余方式、旁路方式、储能配置和冷却方式设置保护与告警功能，保护策略应优先保证人身安全和设备安全，并兼顾关键IT负载供电连续性。

6.5.2 系统应具备输入过电压、输入欠电压、频率异常、过电流、短路、接地故障、输出过电压、输出欠电压、输出过载、过温、绝缘异常、冷却异常、通信异常、模块故障和急停等保护功能。

6.5.3 直流输出型系统应具备极间短路、对地故障、绝缘异常、反灌电流、直流母线过电压、直流母线欠电压和直流分支故障保护功能。采用240 V、336 V直流供电系统时，直流侧保护配置应符合GB/T 38833的规定。

6.5.4 配置储能接口或储能变流器时，系统应具备储能过电压、储能欠电压、过电流、短路、过温、通信异常和储能接口异常等保护功能；涉及储能变流器时，相关保护功能应符合GB/T 34120的规定。

6.5.5 系统发生故障时，应根据故障类型和严重程度执行告警、故障隔离、降额运行、切换旁路、切换储能支撑或停机保护等动作。用于关键 IT 负载供电时，在规定冗余能力范围内，单一模块或单一支故障不应导致关键 IT 负载供电中断。

6.5.6 采用断路器、熔断器、机械开关、固态开关或混合固态开关等保护器件时，应明确保护器件类型、额定电压、额定电流、短路分断能力、动作时间和选择性配合要求。采用低压断路器时，应符合 GB/T 14048.2 的规定。

6.5.7 系统应具备本地声光告警和远程告警上传功能。告警信息应至少包括故障类型、故障位置、动作时间和保护状态，并应具备记录、查询和掉电保持功能。

6.6 控制与通信监测

6.6.1 系统应具备开机自检、故障锁定、事件记录、遥测、遥信、遥控、告警分级和状态监测功能；具备并离网运行或储能接口时，还应具备并离网切换控制或储能功率协调功能。

6.6.2 系统宜配置本地人机接口和声光告警装置。告警记录在系统掉电后不应丢失，记录容量宜不少于 2000 条；遥测量数据刷新时间宜不大于 5 s，遥信量数据刷新时间宜不大于 3 s；开关动作、保护动作或故障事件发生至本地告警显示的时间宜不大于 3 s。

6.6.3 监测内容宜包括输入电压、输入电流、输入频率、输入功率因数、输出电压、输出电流、输出频率、输出功率、直流母线电压、储能状态、旁路状态、模块状态、冷却状态、温度、保护动作和告警信息。

6.6.4 系统通信接口和通信协议应满足数据中心监控系统接入要求，宜支持以太网、RS-485、Modbus 或等效协议；涉及远程监控、跨网接入或远程升级时，应采取身份鉴别、访问控制、日志记录和传输安全等措施。

6.7 冷却要求

6.7.1 系统冷却方式应根据系统容量、功率器件损耗、安装环境和冗余要求确定，可采用风冷、液冷或其他经验证的冷却方式，并应在产品技术文件中明确。

6.7.2 采用风冷方式时，应明确风机数量、风量、冗余方式、进出风方向、过滤维护要求、风机故障告警和风机更换方式。风机故障时，系统应发出告警，并按设定策略执行降额运行、切换冗余风机或停机保护。

6.7.3 采用液冷方式时，应明确液冷管路接口型式、接口规格、冷却介质、额定流量、工作压力、允许压降、进出口温度范围、泄漏检测、排气排液、维护隔离和防冷凝措施。

6.7.4 液冷接口应设置明显标识，并应采取防误接、防泄漏、防松脱和便于维护的结构措施。液冷回路发生泄漏、流量异常、压力异常或温度异常时，系统应发出告警，并按设定策略执行降额运行、切换冗余冷却回路、隔离故障单元或停机保护。

6.8 安全要求

6.8.1 系统安全设计应根据功能单元、额定电压、接地方式、运行模式和安装环境确定。具备不间断供电功能时，安全要求应符合 GB/T 7260.1 的规定；低压交流输出单元、直流输出单元和旁路单元采用低压成套开关设备结构时，应符合 GB/T 7251.1 和 GB/T 7251.2 的规定。

6.8.2 中频或高频隔离单元应根据固态变压器运行频率、波形特性、电压变化率、绝缘应力和冷却条件进行绝缘、温升和安全校核。

6.8.3 系统应具备防电击、防误操作、防短路、防过温和防残余电能危害措施。可触及导电部件、保护接地、绝缘防护、安全联锁和安全标识应满足产品安全设计要求。

6.8.4 中压接入单元、旁路单元、维护旁路、储能接口和输出分支之间应设置必要的电气或机械联锁，防止误操作导致反送电、误并列、带负荷误操作或人员误入带电间隔。

6.8.5 屏柜布置、线缆敷设、控制电缆与动力电缆分隔、保护接地和保护导体配置应在安装文件中明确；低压电气装置的布线系统应符合 GB/T 16895.6 的规定，接地配置和保护导体应符合 GB/T 16895.3 的规定。

6.9 防护、防雷与接地

6.9.1 系统外壳防护等级应根据安装环境确定，并应在产品技术文件中明确；室内安装的屏柜外壳防

护等级宜不低于 IP20。

6.9.2 系统应根据接入电压等级和安装环境配置防雷与浪涌保护措施，并应与系统绝缘、接地和电磁兼容设计相协调。

6.9.3 系统所有柜体外壳、金属框架、门板、走线架、冷却管路金属部件和可触及导电部件应可靠接地，并应设置明显接地标识。

6.9.4 保护接地、功能接地、屏蔽接地和通信接地应按系统设计要求进行等电位连接，避免因接地不良影响人身安全、设备安全和通信稳定性。

6.10 运维可操作性

6.10.1 系统应支持状态监测、故障定位、告警查询、事件追溯和维护提示功能。

6.10.2 系统应明确主要部件的维护周期、维护方式、可更换单元、隔离措施和恢复运行条件。

6.10.3 用于关键 IT 负载供电时，系统宜支持在规定冗余能力范围内对功率模块、冷却单元、控制单元、通信单元或旁路单元进行维护或更换，维护过程中不应导致关键 IT 负载供电中断。

6.10.4 系统宜采用正面维护、模块化更换或抽屉式维护结构；需要后维护、顶部维护或侧向维护时，应在产品技术文件中明确维护空间和操作要求。

6.11 电磁兼容要求

6.11.1 系统电磁兼容性能应满足工业环境使用要求。具备不间断供电功能时，电磁兼容要求宜符合 GB/T 7260.2 的规定；无适用产品类电磁兼容标准时，抗扰度要求宜符合 GB/T 17799.2 的规定，电磁骚扰发射限值和测量方法宜符合 GB 4824 的规定。

6.11.2 系统应进行静电放电、电快速瞬变脉冲群、浪涌、电压暂降和短时中断等抗扰度试验。静电放电抗扰度试验宜按 GB/T 17626.2 进行，电快速瞬变脉冲群抗扰度试验宜按 GB/T 17626.4 进行，浪涌抗扰度试验宜按 GB/T 17626.5 进行，交流电源端口电压暂降和短时中断抗扰度试验宜按 GB/T 17626.11 进行，直流电源端口电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验宜按 GB/T 17626.29 进行。

6.11.3 系统的屏蔽、滤波、接地、线缆分隔和通信端口防护措施应与电磁兼容设计相匹配，并应在产品技术文件或安装文件中明确。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 除另有规定外，试验环境条件宜符合下列要求：

- a) 环境温度：15℃～35℃；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

7.1.2 试验前，被测系统应按产品技术文件要求完成安装、接线、接地、冷却、通信和保护定值设置，并应处于可正常运行状态。

7.2 系统构成检查

采用文件审查和现场检查方式，核查系统组成、供电架构、输入输出接口、直流母线电压、储能接口、冗余结构、旁路回路、冷却方式、通信接口和保护配置是否符合第5章及产品技术文件的要求。

7.3 环境适应性试验

7.3.1 低温工作、低温贮存试验宜按 GB/T 2423.1 进行；高温工作、高温贮存试验宜按 GB/T 2423.2 进行；恒定湿热试验宜按 GB/T 2423.3 进行。试验后系统应能正常启动、运行、告警和通信。

7.3.2 系统用于海拔超过 1000 m 地区时，应通过文件审查、设计计算或试验验证其绝缘、温升、冷却能力和功率降额措施。

7.4 外观与结构检查

采用目视检查、测量和文件审查方式，检查柜体外观、标牌标识、母排连接、电缆连接、二次接线、通信线缆、冷却接口、模块安装和维护空间是否符合产品技术文件要求。

7.5 电气性能试验

- 7.5.1 系统效率应在 25%、50%、75%、100%负载点进行试验，并记录运行模式、负载率和测试边界。
- 7.5.2 网侧功率因数和输入电流谐波应在额定输入电压、额定频率和规定负载条件下进行试验。谐波测量宜按 GB/T 17626.7 进行，公共连接点谐波电流限值判定应符合 GB/T 14549 的规定；涉及并网双向功率变换单元时，相关试验宜按 GB/T 39572.1 进行。
- 7.5.3 交流输出型系统的输出电压稳态调节范围、输出电压总谐波畸变率、输出频率偏差和动态响应性能应按产品技术文件进行试验；具备不间断供电功能时，宜按 GB/T 7260.3 进行。
- 7.5.4 直流输出型系统的直流电压、电压纹波、稳态调节范围和动态响应性能应按产品技术文件进行试验；采用 240 V、336 V 直流供电系统时，宜按 GB/T 38833 进行。
- 7.5.5 涉及储能变流器时，电气性能试验宜按 GB/T 34120 进行。

7.6 过载与连续供电性能试验

- 7.6.1 过载试验应按产品技术文件规定的运行模式、冷却条件和旁路状态进行，记录过载倍数、持续时间、输出电压、电流、温度和保护动作情况。
- 7.6.2 负载供电切换试验应测量负载端电压中断或电压偏离允许范围的持续时间；声明为不间断供电或 0 ms 切换的系统，宜按 GB/T 7260.3 进行验证。
- 7.6.3 多模块并联运行的不间断供电单元或不间断供电功能单元，应在规定负载条件下测量各模块输出电流，并计算负载电流不平衡度。

7.7 保护与告警试验

- 7.7.1 保护与告警功能可采用参数设定、模拟量注入、控制信号注入、故障模拟或等效方法进行验证。
- 7.7.2 试验时应根据系统拓扑、输出制式、储能配置、旁路方式和产品技术文件，选择输入异常、输出异常、过载、短路、过温、冷却异常、通信异常、模块故障、急停等典型项目进行验证。
- 7.7.3 试验过程中应记录故障类型、动作状态、告警信息、事件记录和复归方式。系统应按产品技术文件规定执行告警、故障隔离、降额运行、旁路切换、储能支撑或停机保护等动作。
- 7.7.4 直流输出型系统、储能接口、储能变流器及保护器件的相关试验，应按产品技术文件进行；采用 240 V、336 V 直流供电系统、储能变流器或低压断路器时，宜分别按 GB/T 38833、GB/T 34120 和 GB/T 14048.2 的相关规定进行。

7.8 控制与通信监测试验

- 7.8.1 开机自检、故障锁定、事件记录、遥测、遥信、遥控、告警分级、状态监测、并离网切换控制和储能功率协调功能应通过功能操作、信号注入或通信联调方式进行验证。
- 7.8.2 告警记录容量、掉电保持、遥测量刷新时间、遥信量刷新时间和本地告警显示时间应通过实际操作、状态变化模拟或通信联调进行验证。
- 7.8.3 通信接口和通信协议应通过文件审查、接口检查或通信联调方式进行验证；涉及远程监控、跨网接入或远程升级时，应检查身份鉴别、访问控制、日志记录和传输安全等措施。

7.9 冷却试验

采用风冷方式时，应检查风机配置、风道、故障告警和维护方式；采用液冷方式时，应检查液冷接口、冷却介质、流量、压力、泄漏检测和维护隔离措施。流量、压力、密封性等项目应按产品技术文件进行验证。

7.10 安全试验

- 7.10.1 安全试验应根据系统功能单元分别进行。具备不间断供电功能时，宜按 GB/T 7260.1 进行；低压交流输出单元、直流输出单元和旁路单元采用低压成套开关设备结构时，宜按 GB/T 7251.1 和 GB/T 7251.2 进行。
- 7.10.2 防电击、防误操作、防短路、防过温、防残余电能危害、安全联锁和安全标识应通过结构检查、功能检查或电气试验进行验证。
- 7.10.3 中频或高频隔离单元的绝缘、温升和热安全校核结果应通过文件审查、设计计算或试验进行确

认。

7.11 防护、防雷与接地试验

7.11.1 外壳防护等级应按 GB/T 4208 或产品技术文件规定进行检查或试验。

7.11.2 防雷与浪涌保护配置应通过文件审查和现场检查进行验证，核查防雷器件配置、安装位置、接线方式、后备保护和状态指示是否符合产品技术文件要求。

7.11.3 接地连续性、接地标识、等电位连接、保护导体截面积和接地端子连接状态应通过现场检查和电阻测量进行验证。

7.12 运维可操作性检查

7.12.1 应通过文件审查、现场检查或模拟操作方式，检查系统维护周期、维护方式、可更换单元、隔离措施和恢复运行条件是否明确。

7.12.2 用于关键 IT 负载供电时，应检查系统在规定冗余能力范围内进行模块维护或更换时的供电连续性措施。

7.13 电磁兼容试验

7.13.1 电磁兼容试验应在典型运行模式和规定负载条件下进行。具备不间断供电功能时，宜按 GB/T 7260.2 进行；其他系统的抗扰度试验宜按 GB/T 17799.2 进行，电磁骚扰发射试验宜按 GB 4824 进行。

7.13.2 静电放电、电快速瞬变脉冲群、浪涌、电压暂降和短时中断等抗扰度试验宜分别按 GB/T 17626.2、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.11 和 GB/T 17626.29 进行。
