

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2026

人工智能数据中心（AIDC）用固态变 压器通用技术要求

General technical requirements for solid-state transformer for artificial
intelligence data center

（征求意见稿）

2026 - XX - XX 发布

2026 - 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 系统结构	2
4.1 总体架构	2
4.2 功能单元	2
4.3 模块化设计	3
4.4 控制系统	3
5 正常工作条件	3
6 技术要求	3

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。

本文件由特变电工电气装备集团有限公司提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：特变电工电气装备集团有限公司、广西华赣电力设备有限公司、西安西电电力电子有限公司、江苏华辰变压器股份有限公司、上海广电电气（集团）股份有限公司。

本文件主要起草人：党艳阳、韩俏、白世军、高冬、陈静、张敬秋、石楠。

人工智能数据中心（AIDC）用固态变压器通用技术要求

1 范围

本文件规定了人工智能数据中心用固态变压器（以下简称“固态变压器”）的系统结构、正常工作条件、工作要求和技术要求等内容。

本文件适用于额定电压10 kV及以下交流侧输入、额定功率范围为100 kW~2 MW的AIDC用固态变压器。其他类似应用场景的固态变压器可参照执行。

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 1094.1 电力变压器 第1部分：总则
- GB/T 1094.3 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB/T 1094.11 电力变压器 第11部分：干式变压器
- 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 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 3859.1 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分：基本要求规范
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分：发射要求
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- 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 16935.1 低压供电系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验
- 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 17626.11 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 17626.34 电磁兼容 试验和测量技术 主电源每相电流大于16A的设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- IEC 61850 电力设施自动化的通信网络和系统 全部（Communication networks and systems for power utility automation - ALL PARTS）

3 术语和定义

GB/T 1094.1、GB/T 3859.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固态变压器 solid-state transformer; SST

基于电力电子变换器与高频（或中频）隔离变压器组合的新型电力变压器，能够实现电压等级变换、电气隔离、功率调节及电能质量控制等多项功能。

注1：固态变压器也称电力电子变压器（PET）。

注2：固态变压器与传统工频变压器的本质区别在于采用高频（或中频）变压器替代工频变压器实现电气隔离，工作频率通常在1 kHz~100 kHz之间。

3.2

人工智能数据中心 artificial intelligence data center; AIDC

以人工智能计算为主要业务的数据中心，通常配置大规模GPU服务器集群，具有功率密度高、负载波动剧烈、对供电质量要求严格的特点。

3.3

高频变压器 medium-frequency transformer; MFT

在固态变压器中用于实现电气隔离和电压变换的变压器，工作频率范围一般为1 kHz~100 kHz，具有体积小、功率密度高的特点。

3.4

功率密度 power density

固态变压器单位体积（或单位质量）所能输出的额定功率。

注：本文件中功率密度指体积功率密度，单位为kW/m³。

4 系统结构

4.1 总体架构

固态变压器采用模块化设计，整体结构由三级电能变换单元组成，分别实现输入整流、高频隔离变换和输出逆变（或直流输出）功能。

4.2 功能单元

4.2.1 输入级

输入级连接中压交流电网（典型值10 kV/50 Hz），实现AC/DC变换。输入级应具备以下功能：

- a) 交流侧功率因数校正（PFC），额定工况下功率因数不低于0.99；
- b) 交流侧谐波抑制，总谐波畸变率（THD）满足表1的要求；
- c) 电网电压波动适应能力，电压暂降耐受能力满足表1的要求；
- d) 采用模块化多电平变换器（MMC）或级联H桥（CHB）拓扑实现中压接入。

4.2.2 隔离级

隔离级实现输入侧与输出侧的电气隔离和电压变换，是固态变压器的核心部分。隔离级应具备以下功能：

- a) 采用高频变压器（MFT）实现电气隔离，工作频率范围为5 kHz~50 kHz；
- b) 采用双有源桥（DAB）或LLC谐振变换器拓扑实现DC/DC变换；
- c) 支持双向功率流动；
- d) 隔离电压等级满足表1的要求。

4.2.3 输出级

输出级根据AIDC负载类型，提供直流输出或交流输出。输出级应具备以下功能：

- a) 优先输出800 V DC，为GPU服务器机架提供高压直流供电；
- b) 可配置为480 V/400 V AC输出，兼容现有交流配电设施；
- c) 输出电压精度满足表1的要求；

d) 输出纹波满足表1的要求。

4.3 模块化设计

固态变压器应采用模块化设计，包含以下设计特征：

- a) 功率单元模块化，支持N+X冗余配置， $X \geq 1$ ；
- b) 各模块具备独立控制和保护功能；
- c) 支持在线热插拔维护；
- d) 模块间具备均流均压功能。

4.4 控制系统

控制系统实现对固态变压器各功能单元的监测、保护与通信，应包含以下功能：

- a) 实时监测输入电压、输入电流、输出电压、输出电流、各模块温度等运行参数；
- b) 实现过电压、欠电压、过电流、短路、过温、接地故障等保护功能；
- c) 支持与数据中心监控系统通信，通信协议宜支持Modbus、IEC 61850、CAN等；
- d) 具备故障录波和数据存储功能。

5 正常工作条件

固态变压器在下列条件下应能正常工作：

- a) 环境温度： $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ （室内安装型）；
- b) 相对湿度： $\leq 95\%$ （ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，无凝露）；
- c) 海拔高度： $\leq 2000\text{ m}$ ，超过 2000 m 时应按GB/T 3859.1的规定降容使用；
- d) 交流输入电压： $10\text{ kV} \pm 10\%$ ，频率 $50\text{ Hz} \pm 0.5\text{ Hz}$ ；
- e) 安装场所：无显著振动和冲击的室内场所（数据中心电气机房），振动加速度 $\leq 0.5\text{g}$ ；
- f) 污染等级：GB/T 16935.1规定的PD2（污染等级2）；
- g) 安装倾斜度： $\leq 5^{\circ}$ 。

6 技术要求

固态变压器的技术要求应符合表1的规定。

表1 固态变压器技术要求

	技术指标	技术要求	执行标准
电气性能要求	额定输入电压	10 kV AC（三相，50 Hz）	GB/T 1094.1
	额定输出电压	800 V DC（主输出）/480 V AC（可选）	—
	额定输出功率	100 kW、250 kW、500 kW、1 MW、2 MW	—
	输出电压精度	$\leq \pm 1\%$ （额定负载）	GB/T 3859.1
	输出电压纹波（峰—峰值）	\leq 额定输出电压的1%	GB/T 3859.1
	效率（额定负载）	$\geq 98.0\%$	—
	效率（50%负载）	$\geq 97.5\%$	—
	功率密度	$\geq 500\text{ kW/m}^3$	—
电能质量要求	功率因数（额定负载）	≥ 0.99 （滞后）	GB/T 3859.1
	输入电流总谐波畸变率（THD）	$\leq 3\%$ （额定负载）	GB/T 14549
	输入电流各次谐波	符合GB/T 14549规定	GB/T 14549
	输出电压总谐波畸变率（交流输出型）	$\leq 2\%$ （线性负载）	—
	电网侧功率因数	≥ 0.98 （20%~100%负载）	GB/T 3859.1
	频率偏差适应性	50 Hz \pm 0.5 Hz正常运行	GB/T 15945
	电压波动适应性	10 kV \pm 10%范围内正常运行	GB/T 12326
动态性能要求	三相电压不平衡度（交流输入侧）	$\leq 2\%$	GB/T 15543
	负载突变响应时间（10%~90%额定负载）	$\leq 100\text{ }\mu\text{s}$ （电压恢复至 $\pm 2\%$ 以内）	—
	输出电压建立时间	$\leq 500\text{ ms}$ （额定负载下）	—
	电压暂降耐受	额定电压50%持续500 ms不中断输出	GB/T 17626.11

	短路承受能力	承受3倍额定电流1 s不损坏	GB/T 1094.1
温升限值	功率半导体器件结温	≤150 °C (SiC器件)	GB/T 1094.11
	高频变压器绕组温升 (F级绝缘)	≤100 K	GB/T 1094.11
	高频变压器绕组温升 (H级绝缘)	≤125 K	GB/T 1094.11
	外壳表面温升	≤30 K	—
绝缘性能与耐压要求	工频耐受电压 (输入侧对地)	28 kV (有效值), 1 min	GB/T 1094.3
	雷电冲击耐受电压 (输入侧对地)	75 kV (峰值), 1.2/50 μs	GB/T 1094.3
	工频耐受电压 (输出侧对地)	3 kV (有效值), 1 min	GB 50150
	隔离级耐压 (输入与输出之间)	35 kV (有效值), 1 min	—
	绝缘电阻 (500 V兆欧表)	≥100 MΩ (常温)	GB 50150
保护功能要求	输入过电压保护动作值	≥110%额定电压	—
	输入欠电压保护动作值	≤85%额定电压	—
	输出过电流保护动作值	≥110%额定电流	—
	短路保护动作时间	≤10 μs	—
	过温保护动作值	功率器件≥125 °C触发降额, ≥150 °C切断输出	—
电磁兼容性 (EMC) 要求	静电放电抗扰度	空气放电±15 kV, 接触放电±8 kV, 性能判据A	GB/T 17626.2
	电快速瞬变脉冲群抗扰度	电源端口±4 kV, 信号端口±2 kV, 性能判据A	GB/T 17626.4
	浪涌抗扰度	线对线±2 kV, 线对地±4 kV, 性能判据A	GB/T 17626.5
	电压暂降和短时中断抗扰度	符合GB/T 17626.34规定	GB/T 17626.34
	传导发射限值 (150 kHz~30 MHz)	Class A (工业环境)	GB/T 9254.1
	辐射发射限值 (30 MHz~1 GHz)	Class A (工业环境)	GB/T 9254.1
可靠性要求	平均故障间隔时间 (MTBF)	≥50000 h	—
	设计使用寿命	≥10 年	—
环境适应性要求	低温工作 (-10 °C)	2 h, 性能正常	GB/T 2423.1
	高温工作 (50 °C)	16 h, 性能正常	GB/T 2423.2
	恒定湿热 (40 °C/93% RH)	48 h, 性能正常	GB/T 2423.3
	振动试验 (10 Hz~150 Hz)	加速度10 m/s ² , 每轴向1 h	GB/T 2423.10
安全防护要求	外壳防护等级	IP20 (室内安装) /IP54 (室外安装)	GB/T 4208
	接地连续性电阻	≤0.1 Ω	GB 50150
	爬电距离	≥25 mm (输入侧10 kV)	GB/T 16935.1
	电气间隙	≥20 mm (输入侧10 kV)	GB/T 16935.1

注1: 性能判据A (EMC要求中的性能判据): 试验期间设备应连续正常工作, 不应出现任何误动作或性能降级, 各项技术指标在允差范围内。

注2: 温升限值的说明: 温升限值依据GB/T 1094.11中干式变压器的温升规定确定。F级绝缘绕组温升限值为100 K, H级绝缘绕组温升限值为125 K。