

T/CAEE

团 体 标 准

T/CAEE XXX—2026

构网型 SVG 通用技术规范

General technical specification for grid-forming static var generator (SVG)

（征求意见稿）

2026 – XX – XX 发布

2026 – XX – XX 实施

中国电子装备技术开发协会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 分类与标记 错误！未定义书签。

5 技术要求 错误！未定义书签。

6 试验方法 错误！未定义书签。

7 检验规则 错误！未定义书签。

8 标志、包装、运输和贮存 错误！未定义书签。

附 录 A （资料性） 埋入式 MLCC 典型应用设计指南 错误！未定义书签。

附 录 B （资料性） 埋入前后性能对比测试报告模板 错误！未定义书签。

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。

本文件由中国电子装备技术开发协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布

构网型 SVG 通用技术规范

1 范围

本文件规定了构网型静止无功发生器（SVG）的分类与型号、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于接入交流电压为35kV及以下电力系统的构网型SVG。

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 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 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 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则

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 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 31464 电网运行准则

DL/T 1216 低压静止无功发生装置技术规范

3 术语和定义

GB/T 3859.1-2013和DL/T 1216-2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

构网型 SVG grid-forming static var generator; GFM-SVG

一种采用构网型控制策略的静止无功发生器，其核心特征是在并网运行时，能够自主建立并维持交流母线电压的幅值与频率，为电力系统提供电压和频率支撑，具备可调节的惯性与阻尼特性，而非被动跟随电网电压相位。

3.2

虚拟同步机 virtual synchronous generator; VSG

一种通过电力电子变流器模拟同步发电机外特性的控制技术，使变流器具备类似于同步发电机的惯性、阻尼、一次调频和电压调节等特性。构网型SVG可采用虚拟同步机技术实现其构网功能。

3.3

电压建立能力 voltage building capability

构网型SVG在无源网络（如孤岛系统或弱电网）启动时，从直流侧初始电压开始，自主建立稳定交流输出电压的能力，通常以建立额定电压所需的时间、超调量及稳态精度等指标来衡量。

3.4

惯量响应 inertia response

构网型SVG模拟同步发电机转子运动方程，在系统频率变化时，通过控制算法使其输出功率与频率变化率（df/dt）成比例变化，从而向系统提供虚拟惯性支撑，减缓频率变化速度的特性。

3.5

阻尼特性 damping characteristic

构网型SVG通过控制算法引入的、用于抑制系统功率振荡或电压振荡的动态特性，通常通过模拟同步发电机的阻尼绕组效应或采用附加阻尼控制来实现。

3.6

弱电网 weak grid

短路比（SCR）较低或阻抗比较高的电网，其特点是电网强度不足，电压和频率容易受接入设备的影响而产生波动。构网型SVG在此类电网中须具备更强的稳定运行能力。

3.7

虚拟惯量 virtual inertia

通过电力电子变流器及其控制算法，模拟同步发电机转子动能存储与释放特性，为电力系统提供频率支撑的主动功率响应能力。

3.8

黑启动 black start

当某一电力系统因故障等原因全部停运后，通过该系统中具有自启动能力机组的启动，或通过外来电源供给，带动系统内其他机组，逐步恢复全系统运行的过程。

4 分类

构网型SVG可按以下主要方式分类：

- a) 按接入电压等级：分为低压（ $\leq 1\text{kV}$ ）和中压（ $1\text{ kV}\sim 35\text{ kV}$ ）两类。
- b) 按主电路拓扑：分为两电平、三电平（如NPC、T型）和模块化多电平（MMC）变流器。
- c) 按直流侧储能配置：分为无储能型（仅支撑电容）和配置储能型（含电池、超级电容等）。
- d) 按控制模式能力：分为纯构网型和多模式构网型（含构网、跟网等模式）。

5 型号

构网型SVG的型号编制宜采用以下结构：

[GFM]-[SVG]-[额定容量]-[额定电压]-[特征代码]

5.1 各部分含义如下

- a) GFM：构网型标识。
- b) SVG：产品类型。
- c) 额定容量：以Mvar为单位。
- d) 额定电压：以kV为单位。
- e) 特征代码：表示拓扑或特征，如“2L”（两电平）、“3L-NPC”（三电平NPC）、“MMC”（模块化多电平）、“ES”（配置储能）。

5.2 型号要求

制造商应在产品铭牌上清晰标注型号。型号应具有唯一性。

6 技术要求

6.1 通用要求

- 6.1.1 安全、结构与防护应符合GB/T 3859.1-2013、GB/T 7251.1-2023和DL/T 1216-2019的相关规定；
- 6.1.2 外壳防护等级不应低于IP20（户内安装）或IP54（户外安装）；
- 6.1.3 噪声（在距设备外壳1 m处测量）不应大于75 dB（A）。

6.2 性能要求

6.2.1 基本电气参数

- a) 额定容量：无功功率连续可调范围应覆盖标称额定容量。
- b) 额定电压：应在标称额定电压下持续运行。
- c) 过载能力：应能在 1.1 倍额定电流下持续运行 2 h，在 1.2 倍额定电流下持续运行 1 min。
- d) 效率：在额定工况下，装置整体效率（输出无功对应的等效有功损耗计入）不应低于 97%。

6.2.2 构网特性

- a) 电压与频率调节范围：电压调节范围应不低于 90%~110%额定电压；频率调节范围应不低于 49 Hz~51 Hz。
- b) 电压与频率调节精度：电压稳态精度应优于 $\pm 1\%$ ；频率稳态精度应优于 ± 0.1 Hz。
- c) 电压建立时间：孤岛启动时，电压建立至额定值 95%以上且波动小于 $\pm 2\%$ 的时间不应大于 200 ms。
- d) 虚拟惯量：虚拟惯性时间常数应可设定（宜为 2 s~10 s），且响应与设定值匹配。
- e) 阻尼特性：系统受扰后振荡应快速衰减，阻尼比不应低于 0.1。

6.2.3 动态响应特性

- a) 无功功率响应时间：从指令发出至输出达到指令值 90%的时间不应大于 10 ms，至 95%的时间不应大于 20 ms。
- b) 电压暂降支撑能力：电网电压暂降至 20%额定值（持续 200 ms）时，应能不脱网运行并提供不低于额定电流的支撑。
- c) 模式切换性能：模式切换时，电压波动不应超过 $\pm 10\%$ 额定值，切换时间不应大于 100 ms。

6.2.4 电能质量

- a) 输出谐波：输出电流 THDi 应不大于 3%，各次谐波应符合 GB/T 14549-1993 要求。构网模式下输出电压 THDu 应不大于 3%。
- b) 三相不平衡度：输出电流不平衡度应不大于 2%；构网模式下输出电压不平衡度应不大于 1%。
- c) 抗扰度：应能承受 GB/T 17626.2-2018、GB/T 17626.4-2018、GB/T 17626.5-2019 规定的严酷度等级不低于 III 级的试验。

6.3 功能要求

- a) 控制功能：应具备恒电压、恒频率、恒无功功率、恒有功功率等基本控制模式。
- b) 保护功能：应具备完善的内部故障及系统侧保护，并具备事件记录功能。
- c) 监测与通信：应能监测关键参数，并具备标准通信接口，支持至少一种主流通信协议。
- d) 黑启动与并离网无缝切换功能：配置储能的装置宜具备黑启动功能，并宜支持并网与离网模式间的无缝切换。

6.4 结构要求

柜体结构应牢固，布局合理，便于安装与维护。

6.5 环境适应性要求

- a) 柜体设计应满足规定的高、低温工作环境下的运行及存储要求。
- b) 户外型柜体应具备防潮、防凝露、防尘、抗紫外线等环境防护性能。

7 试验方法

7.1 试验条件

试验应在环境温度 $+15$ °C~ $+35$ °C、相对湿度 25%~75%的条件下进行。试验电源电压偏差不超过 $\pm 2\%$ ，频率偏差不超过 $\pm 0.5\%$ 。测量仪器精度应满足要求并在有效期内。

7.2 通用检查与试验

7.2.1 外观与结构检查

目视检查，应符合6.4及第8章相关要求。

7.2.2 绝缘电阻试验

按GB/T 3859.1-2013规定测量绝缘电阻，常温下不应小于10 M Ω 。

7.2.3 工频耐压试验

按GB/T 3859.1-2013规定进行，应无击穿或闪络。

7.2.4 防护等级试验

按GB/T 4208-2017规定的方法测试，IP等级符合6.1。

7.3 性能试验

7.3.1 基本电气参数试验

- a) 额定容量与过载能力：在额定条件下，测量输出无功功率范围及过载点（1.1倍、1.2倍额定电流）下的持续运行时间，应符合6.2.1要求。
- b) 效率：在额定工况下，测量输入、输出有功功率并计算效率，应符合6.2.1 d)要求。

7.3.2 构网特性试验

- a) 电压与频率调节范围及精度：在孤岛构网模式下，设定不同电压、频率目标值，测量稳态值验证其范围与精度，应符合6.2.2 a)、b)要求。
- b) 电压建立时间：在孤岛条件下启动，记录输出电压达到额定值95%且波动小于 $\pm 2\%$ 的时间，应符合6.2.2 c)要求。
- c) 虚拟惯量响应：在孤岛模式下施加频率扰动，记录有功功率响应，计算惯性时间常数，验证其与设定值匹配，应符合6.2.2 d)要求。
- d) 阻尼特性：施加小扰动，记录系统功率或电压振荡波形，计算阻尼比，应符合6.2.2 e)要求。

7.3.3 动态响应特性试验

- a) 无功功率响应时间：在稳定运行下施加阶跃无功指令，记录输出达到指令值90%和95%的时间，应符合6.2.3 a)要求。
- b) 电压暂降支撑能力：模拟电网电压暂降至20%额定值（持续200 ms），验证装置不脱网及支撑电流能力，应符合6.2.3 b)要求。
- c) 模式切换性能：触发模式切换，记录切换过程电压波动和稳定时间，应符合6.2.3 c)要求。

7.3.4 电能质量试验

- a) 输出谐波：在额定工况下测量输出电流THDi及谐波含有率；构网模式下带非线性负载时测量输出电压THDu，应符合6.2.4 a)及GB/T 14549-1993要求。
- b) 三相不平衡度：测量输出电流及构网模式下输出电压的不平衡度，应符合6.2.4 b)要求。
- c) 抗扰度：按GB/T 17626.2-2018、GB/T 17626.4-2018、GB/T 17626.5-2019进行试验，应符合6.2.4 c)要求。

7.4 功能验证

- a) 控制功能：操作验证各控制模式的有效性。
- b) 保护功能：模拟故障验证保护动作正确性及事件记录功能。
- c) 通信功能：通过接口测试数据读写及控制功能。
- d) 黑启动与并离网无缝切换功能：对宣称的黑启动、并离网无缝切换等功能进行专项验证，符合6.3.4的要求。

8 检验规则

8.1 检验分类

分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

每台产品出厂前应进行检验，按表1进行。

表 1 出厂检验项目

序号	检验项目	技术要求章条号	试验方法章条号
1	外观与结构检查	6.4	7.2.1
2	绝缘电阻试验	6.1	7.2.2
3	工频耐压试验	6.1	7.2.3
4	基本控制功能验证	6.3.1	7.4.1
5	保护功能验证	6.3.2	7.4.2
6	通信功能验证	6.3.3	7.4.3
7	额定容量与过载能力试验（抽检）	6.2.1. a) c)	7.3.1. a)
8	效率试验（抽检）	6.2.1. d)	7.3.1. b)

注：抽检项目可按制造商质量体系文件规定进行。

8.2.2 判定规则

所有项目合格，则判定出厂检验合格。不合格项允许返修后复检，复检合格仍判合格，否则判不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验时机

新产品定型、转厂生产、结构材料工艺重大变更、停产一年以上恢复生产、质量监督要求或正常生产每三年时，应进行型式检验。

8.3.2 检验项目

应包括第6章和第8章的全部技术要求，检验项目见表2。

表 2 型式检验项目

序号	检验项目	技术要求章条号	试验方法章条号
1	外观与结构检查	6.4	
2	绝缘电阻试验		
3	工频耐压试验		
4	防护等级试验		
5	额定容量与过载能力试验		
6	效率试验		
7	电压与频率调节范围及精度试验		
8	电压建立时间试验		
9	虚拟惯量响应试验		
10	阻尼特性试验		
11	无功功率响应时间试验		
12	电压暂降支撑能力试验		
13	模式切换性能试验（如适用）		
14	输出谐波试验		
15	三相不平衡度试验		
16	电磁兼容抗扰度试验		
17	全部功能验证		
18	环境适应性试验（高低温）		
19	噪声试验		
20	标志、包装检查		
