



青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 技 术 文 档

Ⅱ 系低压静止无功发生器 (SVG)

企业标准

V1.1

2021 - 1 - 20 发布

2021- 2 - 1 实施

目录

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
3.1 低压静止无功发生器 Static Var Generator (SVG)	3
3.2 补偿电流需量 compensation current demand	3
3.3 不平衡度 unbalance factor	3
3.4 正序分量 positive-sequence component	3
3.5 负序分量 negative-sequence component	3
3.6 零序分量 zero-sequence component	3
3.7 补偿响应时间 compensation response time	3
3.8 不平衡电流补偿率 unbalance current compensation rate	3
3.9 无功功率补偿率 reactive power compensation rate	4
3.10 谐波电流补偿率 harmonic current compensation rate	4
4 型号命名与产品分类	5
4.1 型号命名	5
4.2 产品分类	5
4.2.1 额定补偿容量分类	5
4.2.2 按 SVG 的额定电压等级分类	5
4.2.3 按 SVG 的使用场所分类	5
5 使用条件	5
5.1 环境条件	5
5.2 电网具备条件	6
5.3 设备额定条件	6
6 技术要求	6
6.1 结构	6
6.1.1 壳体及模块要求	6
6.1.2 柱上式壳体额外要求	6
6.1.3 模块额外要求	6
6.2 元器件及辅件的选择与安装	7
6.2.1 SVG 元器件的选择与安装	7
6.2.2 SVG 辅件的选择与安装	7
6.2.3 SVG 的功率单元应优先考虑模块化设计、散热良好。	8
6.2.4 SVG 内导线连接应考虑信号干扰，并满足电磁兼容、温度及阻燃 VW-1 相关标准。 ..	8
6.3 安全与防护	8
6.3.1 外壳防护	8
6.3.2 安全标识	8
6.3.3 防护与接地	8

6.4 电气间隙与爬电距离	9
6.5 SVG 的介电性能.....	10
6.5.1 绝缘电阻	10
6.5.2 工频耐压	10
6.6 保护及告警功能	10
6.6.1 上电自检功能	10
6.6.2 交流输入过电压、欠电压保护与告警	10
6.6.3 交流过流保护与告警	10
6.6.4 频率保护与告警	10
6.6.5 缺相保护与告警	10
6.6.6 散热系统异常及过温保护与告警	10
6.6.7 短路及过流保护	10
6.6.8 瞬态过电压保护	11
6.6.9 直流母线过欠压保护	11
6.7 运行模式要求	11
6.7.1 无功补偿	11
6.7.2 不平衡补偿	11
6.7.3 谐波补偿	11
6.7.4 混合补偿	11
6.8 运行性能要求	11
6.8.1 补偿响应时间	11
6.8.2 补偿性能	11
6.8.3 输出限流能力	12
6.8.4 电流畸变率	12
6.8.5 温升	12
6.8.6 额定损耗	12
6.8.7 噪声	12
6.9 通信及通讯功能	错误!未定义书签。
6.10 电气参数测量功能	13
6.11 人机交互功能	13
6.12 低负载率、低电流下设备待机	13
6.13 定时开关机功能	13
6.14 多机并联功能	14
6.15 相序自适应	14
6.16 高低温运行	错误!未定义书签。
6.17 支持 SVG+电容运行模式.....	14
6.18 谐波电压电网环境下滤波电容电流不发散	14
6.19 机械操作	14
6.20 电磁兼容性能	15
6.20.1 承受射频电磁场辐射干扰的能力	15
6.20.2 承受电快速瞬变脉冲群干扰的能力	15
6.20.3 承受静电放电干扰的能力	15
6.20.4 承受浪涌（冲击）干扰的能力	16

7 试验方法	18
7.1 试验条件	18
7.1.1 一般要求	18
7.1.2 试验电源条件	18
7.1.3 试验的标准大气条件	18
7.2 试验项目	18
7.2.1 外观及结构检查	18
7.2.2 外壳防护等级验证	19
7.2.3 安全防护测试	19
7.2.4 介电性能试验	19
7.2.5 保护及告警功能试验	19
7.2.6 试验平台及 SVG 运行模式验证	19
7.2.7 工作电压范围试验	20
7.2.8 补偿响应时间试验	20
7.2.9 补偿能力试验	20
7.2.10 输出限流能力试验	20
7.2.11 电流畸变率试验	21
7.2.12 温升试验	21
7.2.13 损耗试验	21
7.2.14 噪声测试	21
7.2.15 通信及通讯功能	21
7.2.16 电气参数测量功能	21
7.2.17 人机交互功能	21
7.2.18 低负载率、低电流下设备待机	22
7.2.19 定时开关机功能	22
7.2.20 多机并联	22
7.2.21 相序自适应	22
7.2.22 SVG+电容运行模式	22
7.2.23 谐波电压电网环境下滤波电容电流不发散	22
7.2.24 机械操作	22
7.2.25 电磁兼容测试	22
7.2.26 环境温度性能试验	23
8 检验规则	23
8.1 试验分类	23
8.2 出厂试验	25
8.3 型式试验	25
9 标志、包装、运输、贮存	26
9.1 标志和随机文件	26
9.1.1 铭牌	26
9.1.2 随机文件	26
9.2 包装与运输	26

9.3 贮存	26
--------------	----

前 言

本规范的目的是对 II 系低压静止无功发生器 (SVG) 规定必要的技术要求和试验程序。

本标准依据 DL/T 1216-2019 配电网静止同步补偿装置技术规范 进行起草。

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司提出并起草。

本标准主要起草人：于瑞、解伟、马玉坤、徐鹏。

本标准自发布之日起有效期三年，到期复审。到期未复审视为无效。当有相应的国家标准、行业标准和地方标准发布实施后，应及时复审，并确定其继续有效、修订或废止

II 系低压静止无功发生器 (SVG)

1 范围

本规范规定了 II 系低压静止无功发生器 (SVG) (以下简称 SVG) 的术语和定义、型号命名与产品分类、使用条件、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存等要求。

本规范适用于 50Hz, 额定工作电压不超过 690V 的低压配电系统中, 主要用于补偿无功的 II 系低压静止无功发生器

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, 若有新版本, 请以新版本为依据。适用于本文件。

GB 2894-2008	安全标志及其使用导则
GB/T 4205-2010	人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则
GB/T 4208-2008	外壳防护等级 (IP 代码)
GB 4824-2013	工业、科学和医疗 (ISM) 射频设备 骚扰特性 限值和测量方法
GB/T 7251.1-2013	低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分: 总则
GB/T 10233-2005	低压成套开关设备和电控设备基本试验方法
GB/T 13384-2008	机电产品包装通用技术条件
GB/T 14715-1993	信息技术设备用不间断电源 通用技术条件
GB/T 15576-2008	低压成套无功功率补偿装置
GB/T 16935.1-2008	低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分: 原理、要求和试验
GB/T 15543-2008	电能质量 三相电压允许不平衡度
GB/T 17626.2-2006	电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3-2006	电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4-2008	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 17626.5-2008	电磁兼容 试验和测量技术 浪涌 (冲击) 抗扰度试验
GB/T 17626.18-2016	电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验
JB/T 11067-2011	低压有源电力滤波装置
DL/T 842-2015	低压并联电容器装置使用技术条件
DL/T 1053-2007	电能质量技术监督规程
DL/T 1216-2019	低压静止无功发生装置技术规范
中国电源协会团体标准《低压静止无功发生器》	
中国电源协会团体标准《低压配电网有源不平衡补偿装置》	

3 术语和定义

GB/T 15543-2008 中确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 低压静止无功发生器 Static Var Generator (SVG)

基于电压源变流器或电流源变流器的动态无功补偿装置。

3.2 补偿电流需量 compensation current demand

针对特定的负载工况和SVG补偿模式，SVG需要输出的最大补偿电流大小，单位为安培（A）。

3.3 不平衡度 unbalance factor

指三相电力系统中三相不平衡的程度，用电压、电流负序基波分量或零序基波分量与正序基波分量的方均根值百分比表示。电压、电流的负序不平衡度和零序不平衡度分别用 ε_{U_2} 、 ε_{U_0} 和 ε_{I_2} 、 ε_{I_0} 表示。

[GB/T 15543-2008，定义 3.2]

3.4 正序分量 positive-sequence component

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其正序对称系统中的分量。

[GB/T 15543-2008，定义 3.3]

3.5 负序分量 negative-sequence component

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其负序对称系统中的分量。

[GB/T 15543-2008，定义 3.4]

3.6 零序分量 zero-sequence component

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其零序对称系统中的分量。

[GB/T 15543-2008，定义 3.5]

3.7 补偿响应时间 compensation response time

从补偿对象开始突变到SVG输出达到目标值的90%所需要的时间，如图3.1。

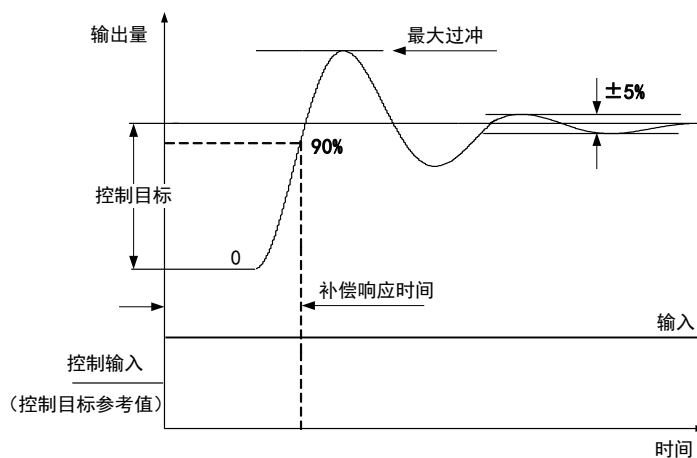


图 3.1 补偿响应时间示意图

3.8 不平衡电流补偿率 unbalance current compensation rate

$$k_{\varepsilon}$$

SVG接入后，已被补偿的不平衡电流（零序电流或者负序电流）与负荷产生的不平衡电流之比，用百分数表示。

$$k_{\varepsilon} = (1 - \frac{I_{\varepsilon,s}}{I_{\varepsilon,g}}) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$I_{\varepsilon,s}$ ——补偿后网侧的不平衡电流，单位为安培（A）；

$I_{\varepsilon,g}$ ——负荷产生的不平衡电流，单位为安培（A）。

3.9 无功功率补偿率 reactive power compensation rate

$$k_q$$

SVG接入后，已被补偿的无功功率与负荷产生的无功功率之比，用百分数表示。

$$k_q = (1 - \frac{Q_{q,s}}{Q_{q,g}}) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$Q_{q,s}$ ——补偿后网侧的无功功率，单位为千乏（kvar）；

$Q_{q,g}$ ——负荷产生的无功功率，单位为千乏（kvar）。

3.10 谐波电流补偿率 harmonic current compensation rate

$$k_h$$

SVG接入后，已被补偿的 h 次谐波电流与负荷产生的 h 次谐波电流之比，用百分数表示。

$$k_h = (1 - \frac{I_{h,s}}{I_{h,g}}) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$I_{h,s}$ ——补偿后网侧的 h 次谐波电流，单位为安培（A）；

$I_{h,g}$ ——负荷产生的 h 次谐波电流，单位为安培（A）。

4 型号命名与产品分类

4.1 型号命名

低压静止无功发生器产品型号命名：由产品类别，额定容量，额定电压(单位：kV)，企业代码，线制，结构形式等部分组成。其具体组成形式如图4.1所示。

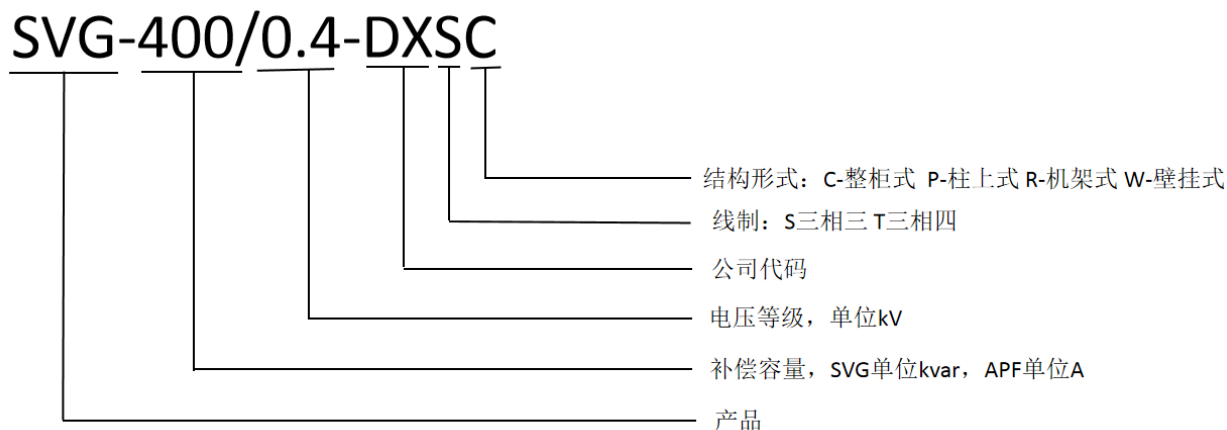


图 4.1 低压静止无功发生器的命名规范

其中，结构形式中：C-整柜式，主要针对机柜式SVG，最大容量可以到600kvar。

4.2 产品分类

4.2.1 额定补偿容量分类

SVG产品要求必须是模块式。

按照容量分类，包括35kvar、50kvar、70kvar、100kvar，其它容量值由用户与制造商商定。

4.2.2 按 SVG 的额定电压等级分类

目前主要是230V/400V电压。

4.2.3 按 SVG 的使用场所分类

室内型和室外型，对应结构分别为壁挂式和机架式，柱上式。其中机架式和柱上式，可以在模块的基础上增加机壳。

5 使用条件

5.1 环境条件

- 1) 环境温度：户内设备温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ ，户外设备温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ，日平均温度不超过 35°C 。
- 2) 相对湿度：最高温度为 $+40^{\circ}\text{C}$ 时的相对湿度不超过93%，无凝露的情况发生。
- 3) 周围介质无爆炸及易燃、易爆危险，无腐蚀性气体。
- 4) 海拔高度不超过2000 m（安装地点海拔高度超过2000 m时，与之相关的温升限值、绝缘等应予以修正）。

5) 安装地点无剧烈振动及颠簸, 安装倾斜度不大于 5° 。

6) 污染等级(器件所处环境): 3级。

备注: 污染等级是指器具所处的环境, 按照标准可分为四级。

污染等级1: 无污染或仅有干燥的非导电性污染, 此污染对设备没有影响。

污染等级2: 一般情况下只有非导电性污染, 但是也应预料到由于凝露偶尔造成的暂时的导电性。

污染等级3: 存在导电性污染, 或者由于凝露使干燥的非导电性污染变成导电性的污染。

污染等级4: 造成持久性的导电及电气机车、机动车、无轨电车和车厢下的设备, 机车内部暴露在外的设备)。

5.2 电网具备条件

1) 电压不平衡度: 负序分量或零序分量不超过正序分量的10%。

2) 电压总畸变率: $<8\%$

5.3 设备额定条件

1) 电压波动范围不超过额定工作电压的 $\pm 20\%$;

2) 频率变化范围不超过 $50\text{Hz} \pm 5\text{Hz}$ 。

6 技术要求

6.1 结构

6.1.1 壳体及模块要求

SVG由能承受一定的机械、电气和热应力的材料构成, 应能承受元件安装或短路时可能产生的电动应力 and 热应力。同时不因SVG的吊装、运输等情况影响SVG的性能, 在正常使用条件下应经得起可能会遇到的潮湿影响。

机柜式SVG的门应能在不小于 90° 的角度内灵活启闭。

机柜式SVG壳体的外表面, 一般应喷涂无眩目反光的覆盖层, 表面不应有气泡、裂纹或留痕等缺陷。

SVG的所有金属紧固件均应有合适的镀层, 镀层不应脱落变色及生锈。

SVG的焊接件应焊接牢固, 焊接应均匀美观, 无焊穿裂纹、咬边、残渣、气孔等现象。

6.1.2 柱上式壳体额外要求

使用寿命保证在10年以上, 可制作3种方案。

针对供电公司特殊招标需求, 按照招标要求制作。

针对供电公司非招标及终端客户高档次需求, 壳体采用304不锈钢材质, 壳体主体结构厚度不小于1.5mm。

针对供电公司非招标及终端客户低档次需求, 采用冷板或覆铝锌喷粉形式, 但壳体寿命必须保证10年以上。

6.1.3 模块额外要求

模块采用冷板/镀锌板喷粉或覆铝锌形式，寿命必须保证10年以上。

6.2 元器件及辅件的选择与安装

6.2.1 SVG 元器件的选择与安装

1) 电器元件的布置应整齐、端正，便于安装、接线、维修和更换，应设有与电路图一致的符号或代号；所有的紧固件都应采取防松措施，暂不接线的螺钉也应拧紧。

2) 需要在SVG内部操作、调整和复位的元件应易于操作。与外部连线的接线座应固定在SVG安装基准面上方至少0.2m高度处。仪表的安装高度不宜高出SVG安装基准面2m。操作器件（如手柄、按钮等）的安装高度，其中心线不宜高于SVG基准面2m。紧急操作器件宜装在距SVG安装基准面的0.8m~1.6m范围内。

3) SVG中所选用的指示灯和按钮的颜色符合表6.1规定。

表 6.1 指示灯和按钮颜色含义

红色	绿色
危险警告/ 紧急故障/电源	正常/安全

6.2.2 SVG 辅件的选择与安装

1) SVG机柜中的连接导线，应具有与额定工作电压相适应的绝缘。

主电路母线的截面积按照该电路的额定工作电流1.1倍选择，辅助电路的导线截面积 $\geq 0.75\text{mm}^2$ 的铜芯多股绝缘导线，电流测量回路的导线截面积应不小于 2.5mm^2 。

2) SVG的绝缘导线应选用多股绝缘导线或带绝缘的铜排。绝缘导线采用冷压接端头连接，大电流接线连接后必须沾锡。冷压接端头及压接工具应符合如下要求。

冷压接端头：端头表面应有不易磨损的标记、商标及主要参数，不应有毛刺、变形、起皮、开裂、焊料外溢等缺陷；预绝缘套与裸端头应配合紧密、无松动，绝缘套壁厚均匀，颜色一致。端头表面的镀层采用镀锡或镀镍工艺。

压接工具：端头压接所使用的工具须经专业机构认证，压接时钳口、导线和端头必须相配。

3) 通常，一个连接端子只连接一根导线，必要时允许连接两根导线。对于有三个及以上补偿支路的SVG，应设置汇流母排或汇流端子，采用由主母线向补偿支路供电的方式连接。

4) 铜排使用可参考《低压成套配电设备手册》内容，在铜排1.1倍额定容量下，温升低于35K。铜排在确定截面积情况下，需满足表6.2中常用规格要求，减少成本。

表 6.2 铜排及铜芯电缆载流量

截面 (mm ²)		载流量 (A)	截面 (mm ²)	载流量 (A)	截面 (mm ²)		载流量 (A)	硬线结构	软线结构	参考外径 (mm)
15*3		170/185	2(60*6)	1410/1530	1.0		15/18/19	1*1.13	7*0.43	5.93/4.4
20*3		223/242	2(60*8)	1750/1900	1.5		18/22/24	1*1.37	7*0.52	6.17/4.6
25*3		276/299	2(60*10)	2090/2250	2.5		25/30/32	1*1.76	19*0.41	6.56/5.0
30*3		325/350	2(80*6)	1720/1855	4.0		33/39/43	1*2.24	19*0.52	7.04/5.5
30*4		385/418	2(80*8)	2120/2515	6.0		43/51/55	1*2.73	19*0.64	7.93/6.2
40*4		510/550	2(80*10)	2550/2735	10		59/70/75	7*1.33	19*0.82	9.19/7.8
40*5		582/616	2(100*6)	2015/2170	16		83/98/105	7*1.68	49*0.64	10.30/8.8
40*6		630/665	2(100*8)	2490/2690	25		109/128/138	19*1.28	98*0.58	11.96/10.6
50*5		705/760	2(100*10)	2920/3185	35		134/159/170	19*1.51	133*0.58	13.10/11.8
50*6		775/840	2(120*8)	2770/2995	50		170/201/215	19*1.81	133*0.68	15.15/13.8
60*6		920/990	2(120*10)	3360/3620	70		209/248/265	49*1.33	251*0.58	16.60/17.3
60*8		1070/1160			95		257/304/320	84*1.20		19.30/20.8
60*10		1195/1295	3(60*6)	1815/1970	120		296/350/375	133*1.08		20.80/21.7
80*6		1205/1300	3(60*8)	2260/2450	150		340/402/430	37*2.24		22.90/22.0
80*8		1370/1480	3(60*10)	2690/2900	185		387/458/490			25.50
80*10		1540/1665	3(80*6)	2215/2390	240		438/515			28.60
100*6		1475/1592	3(80*8)	2750/2970	300		510/600			31.70
100*8		1685/1820	3(80*10)	3250/3510	400		605/710			
100*10		1870/2025	3(100*6)	2580/2790	500		705/830			
120*8		1955/2110	3(100*8)	3200/3460	625		815/955			
120*10		2170/2340	3(100*10)	3750/4060	800		1070/1250			
			3(120*8)	3540/3820						
			3(120*10)	4260/4600						
铜排说明	1. 本表数据摘自《低压成套配电设备手册》;				电 缆 说 明	1. 本表数据摘自《建筑电气工程图集》;				
	2. 铜排允许温度为 70℃, 周围空气温度为 40℃/35℃;					2. 导线允许温度为 65℃, 周围空气温度为 40℃/30℃/25℃;				
	3. 母排平放时, 排宽在 60mm 及以下按 95%计算, 60mm 以上按 92%计算;					3. 采用双根绝缘导线时, 按单根载流量的 1.5~1.6 倍估算;				
	4. 在实际温度不是 35℃处, 其载流量应乘以校正系数:					4. 铝芯导线载流量按表中数据的 0.78 倍, 橡皮绝缘线按 1.1 倍估算;				
	环境温度 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55					5. 实际温度不是 35℃时的载流量校正系数(导线允许温度为 65℃):				
校正系数 1.36 1.31 1.25 1.20 1.13 1.07 1.00 0.93 0.85 0.76 0.66				环境温度 5 10 15 20 25 30 35 40 45						
				校正系数 1.22 1.17 1.12 1.06 1.0 0.935 0.865 0.791 0.707						

6.2.3 SVG 的功率单元应优先考虑模块化设计、散热良好。

6.2.4 SVG 内导线连接应考虑信号干扰, 并满足电磁兼容、温度及阻燃 VW-1 相关标准。

6.3 安全与防护

6.3.1 外壳防护

根据GB/T 4208-2008的要求, 室内SVG外壳的防护等级应不低于IP20, 室外SVG外壳的防护等级应不低于IP43。当SVG采用通风孔散热时, 通风孔的设置不应降低SVG的防护等级。

设备采用通风孔散热时, 进出风口处需要增加防虫网, 防止蚊虫蚁蜂类进入设备, 造成设备损坏。防虫网孔径需要在1mm范围内。为方便维护, 防虫网可采用磁吸方式, 方便拆卸清理及安装。

6.3.2 安全标识

SVG应根据GB 2894-2008及组成器件的要求明确相关警告标志和符号。

6.3.3 防护与接地

1. PEN导体最小截面积应为铜4mm²。

2. 对直接接触的防护可以依靠SVG本身的结构措施, 也可以依靠SVG在安装时所采取的附加措施, 供货方应在说明书中提供相关信息。

3. 对间接接触的防护应在SVG内部采用保护电路。保护电路可通过单独装设保护导体来实现。

4. SVG的金属壳体，可能带电的金属件及要求接地的电器元件的金属底座（包括因绝缘破坏可能会带电的金属件），装有电器元件的门板，支架与主接地间应保证具有可靠的电气连接，其与主接地点间的电阻值应不大于0.05 Ω。

5. SVG内保护电路的所有部件的设计应保证它们足以耐受SVG在安装场所可能遇到的最大热应力和电动应力。

6. 接地端子应有明显的标识。

6.4 电气间隙与爬电距离

1) 装置的电气间隙和爬电距离应符合DL/T 1216-2019中7.2的要求。

2) 装置内的元器件应符合各自标准规定，正常使用条件下，应保证其电气间隙和爬电距离。装置不同相的裸露带电体之间以及它们与地之间的电气间隙及爬电距离满足表6.3、6.4。

表 6.3 电气间隙

额定冲击耐受电压 U_{imp} V	最小的电气间隙 mm
≤2500	1.5
4000	3.0
6000	5.5
8000	8.0
12 000	14.0

注：表中数据根据非均匀电场环境和污染等级 3 决定。

表 6.3 爬电距离

额定绝缘电压 U_i^a V	最小爬电距离 mm							
	污染等级							
	1	2			3			
	材料组别 ^b	材料组别 ^b			材料组别 ^b			
	所有材料组	I	II	IIIa 和 IIIb	I	II	IIIa	IIIb
32	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
40	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.8	1.8
50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.9	1.9
63	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.8	2.0	2.0
80	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.9	2.1	2.1
100	1.5	1.5	1.5	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2
125	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9	2.1	2.4	2.4
160	1.5	1.5	1.5	1.6	2.0	2.2	2.5	2.5
200	1.5	1.5	1.5	2.0	2.5	2.8	3.2	3.2
250	1.5	1.5	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0	4.0
320	1.5	1.6	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0	5.0
400	1.5	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3	6.3
500	1.5	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0	8.0
630	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10.0	10.0
800	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0	11.0	12.5	
1 000	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5	14.0	16.0	
1 250	4.2	6.3	9.0	12.5	16.0	18.0	20.0	
1 600	5.6	8.0	11.0	16.0	20.0	22.0	25.0	

注 1：相比电痕化指数（CTI）的值根据 GB/T 4207—2012 中所用绝缘材料方法 A 取得。
 注 2：值来自 GB/T 16935.1—2008，但保持最小值 1.5 mm。
 注 3：材料组别 IIIb 一般不推荐用于 630 V 以上的污染等级 3。

^a 作为例外，对于额定绝缘电压 127 V、208 V、415 V/440 V、660 V/690 V 和 830 V，可采用分别对应于 125 V、200 V、400 V、630 V 和 800 V 的较低挡的爬电距离。
^b 根据 CTI 的范围值，材料组别分组如下：
 ——材料组别 I，600≤CTI；
 ——材料组别 II，400≤CTI<600；
 ——材料组别 IIIa，175≤CTI<400；
 ——材料组别 IIIb，100≤CTI<175。

6.5 SVG 的介电性能

6.5.1 绝缘电阻

带电体与裸露导体部件之间，带电体对地的绝缘电阻不小于 $1000\ \Omega/V$ 。

6.5.2 工频耐压

主电路做工频耐压或工频耐压等效的直流耐压，主电路工频电压耐受水平符合表6.3规定，维持 1 min，漏电流 $<10\text{mA}$ ，应无电击穿或闪络。

表 6.4 试验电压值

额定绝缘电压 U_i/V	试验电压（交流方均根值）/V
$U_i \leq 60$	AC1000V 或 DC1414V
$60 < U_i \leq 300$	AC1500V 或 DC2121V
$300 < U_i \leq 690$	AC1890V 或 DC2672V

6.6 保护及告警功能

SVG应至少具备上电自检功能、交流输入过电压、欠电压及相序异常保护与告警、交流过流保护与告警、频率保护与告警、缺相保护与告警、散热系统异常及过温保护与报警、短路及过流保护、瞬态过电压保护、直流母线过欠压保护。

6.6.1 上电自检功能

SVG应具有上电自检功能，自检异常时闭锁全部动作，并发出告警信息。

6.6.2 交流输入过电压、欠电压保护与告警

交流输入电压高于过电压设定值或者低于欠电压设定值时，SVG应立即停止输出，并给出告警指示。

设备至少可以正常工作在额定电压的 $\pm 20\%$ 范围内。在超出正常工作电压的范围，但仍在电网额定电压 $\geq 45\%$ 范围且 $\leq 130\%$ 范围内，设备可以停机，但是电压、电流检测要正常。

6.6.3 交流过流保护与告警

SVG输出电流超过保护电流设定值时，SVG应立即停止输出，并给出告警指示。

6.6.4 频率保护与告警

SVG输入频率低于欠频率设定值或高于过频率设定值时，SVG应立即停止输出，并给出告警指示。

6.6.5 缺相保护与告警

SVG检测到系统电压任何一相缺失时，SVG应立即停止输出，并给出告警指示。

6.6.6 散热系统异常及过温保护与告警

SVG检测到内部散热系统异常或温度超过设定值时，SVG应立即停止输出，并给出告警指示。

6.6.7 短路及过流保护

SVG保护采用熔断器进行短路、过流进行保护，熔断器额定电流应不低于1.3倍SVG额定电流。

6.6.8 瞬态过电压保护

采用避雷器作为防雷和防操作过电压保护。

6.6.9 直流母线过欠压保护

直流母线电压高于过电压设定值或者低于欠电压设定值时，SVG应立即停止输出，并给出告警指示。

6.6.10 升级中断保护

升级过程中断电，重新上电以后程序应恢复至升级前版本，不允许出现死机、黑屏、产品无法启动等问题。（烧写器升级除外。此项试验主要为了避免生产、市场升级（U盘升级、远程升级、串口升级等）异常导致产品异常不能修复的情况。

6.7 运行模式要求

6.7.1 无功补偿

在此运行模式下，SVG应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪电网目标点控制参数的变化而输出相应的无功功率。

6.7.2 不平衡补偿

在此运行模式下，SVG应能在限定的控制范围内，实时监测跟踪电网目标点不平衡电流而输出相应不平衡补偿电流，N线输出能力与相线相同。

6.7.3 谐波补偿

在此运行模式下，SVG应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪电网目标点谐波变化而输出相应谐波补偿电流。

6.7.4 混合补偿

在此运行模式下，SVG应能在补偿能力范围内，可设置无功、不平衡、谐波等几种补偿方式的组合，以适应现场多工况的补偿需求。

6.8 运行性能要求

6.8.1 补偿响应时间

SVG的补偿响应时间不大于25ms。

6.8.2 补偿性能

6.8.2.1 无功补偿性能

应在额定容性无功和额定感性无功之间连续调节，补偿需量不低于额定补偿容量50%，补偿后的无功功率补偿率不低于90%。或SVG应能将各相功率因数补偿至0.95以上。

6.8.2.2 不平衡补偿性能

在SVG的允许补偿容量范围内（补偿需量不低于允许补偿容量的50%），补偿后的不平衡电流补偿率不低于允许容量的90%。

6.8.2.3 谐波补偿性能

在设备谐波允许补偿容量范围内，负载的谐波频次包括3、5、7、11、13次，滤波后与滤波前13次及以下谐波电流方均根值之比不高于50%。

6.8.3 输出限流能力

当系统的补偿需量超过SVG允许的最大输出能力时，SVG自动限定输出电流至额定输出电流。

6.8.4 电流畸变率

SVG不进行谐波补偿时，额定容量下输出电流总谐波畸变率应小于3%。

6.8.5 温升

温升限值应符合DL/T1216-2013中7.76的要求。对于SVG而言，其内部关键器件温升要求如下表。

表 6.5 II 系静止无功发生器各部位的极限温升

部位名称	温升限制(K)
电感	80
IGBT	65
电解电容	30
熔断器	55
铜排	50

6.8.6 额定损耗

SVG额定损耗应不大于额定容量的3.5%。

6.8.7 噪声

在额定负载和周围环境噪声不大于40dB的条件下，距离噪声源水平位置1 m处，测得的SVG噪声最大值不应大于85dB（只针对单模块）。

6.9 电气性能试验（研发自测）

6.9.1 时钟电池漏电流

备电系统时钟电池漏电流停电状态下应不超过20uA，通电状态下不应超过1uA，且不允许有充电电流。

6.9.2 电源性能

表 6.7 电源测试实验方法

试验项目	试验方法
电源缓慢变化	将设备温度升至 50(-40)℃，16h 后，分别对测试样品进行电压缓升（20s 到 Un）、直接启动和掉电后 20s 以上再启动的验证，应能正常工作

电源缓升变化	将设备从 0V 缓慢匀速上升至额定电压，上升时间为 30min，当产品达到额定工作电压后应正常工作，无数据丢失、数据显示错乱、死机等现象。
电压跌落	产品三相供电，温度 50（-40）℃，电压 1.2U _n ，全跌，持续 120s，上电 20s，试验 2000 次，试验后设备应正常工作
电压随机跌落	电压随机跌落：产品额定电压供电，使用“电压随机跌落工装”对试验样品测试，测试时间 12 小时，试验后设备应正常工作
电压逐渐变化	待机状态下，电压在 60s 内从 1.1U _n 均匀地下降至 0V，再以相同的时间从 0V 均匀地上升到 1.1U _n ，反复进行 10 次，试验后设备应正常工作
电源谐波影响试验	通过谐波发生器（电动车充电器）对产品施加干扰，测试元器件温升并观察是否存在异常现象，试验过程中及试验后功能性能正常。
485 带载能力	设备处于发送状态下，在 A、B 线间外接负载阻抗 375Ω 时，设备输出差模电压 $ V_{AB} \geq 1.5V$ 。

6.9.3 天线带电影响试验

ANT口漏电：输入1.06U_n，ANT口对PE漏电流小于0.5mA。

6.10 通信及通讯功能

SVG应按用户需求选装4G、RS485、蓝牙等标准化通讯接口，可以传输电压、电流、功率因数等数据，所支持的协议由生产制造厂家与用户自行协商。

6.11 电气参数测量功能

SVG应具备三相电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数指示。电网电压，负载电流精度相对误差满足1%要求。在额定功率的50%以上时，设备的功率精度满足2.5%要求。

6.12 人机交互功能

SVG应具备三相功率因数、三相电压、三相电流等电参数的显示功能，设备运行相关参数设定、保护阈值设定等，并设有电源指示、故障指示等。显示可以通过显示屏和通过蓝牙连接手机APP显示。

6.13 低负载率、低电流下设备待机

SVG在电网处于低负载率情况下，设备需要进入不投运模式，待电网负载率高时再启用。负载率阈值可以通过显示屏或蓝牙设置，依据所设定负载率SVG自动投入切出。

SVG在不平衡、无功、谐波模式下，在负载所含无功电流、谐波电流或不平衡电流低于设定时，设备进入不投运模式，待负载电流增大后自行恢复投入运行。设备无功、谐波及不平衡的电流阈值可以通过显示屏或蓝牙设置。

6.14 定时开关机功能

SVG可以通过显示屏设置设备的开机和关机时间，开关机时间可以每日重复。到达开机时间后设备自动开机运行，到达关机时间后设备自动进入待机模式。

6.15 多机并联功能

SVG模块可互相满功率并联运行，运行中不出现谐振等异常问题。SVG模块至少支持10台设备同时并行运行。

多机并联时，SVG可以本地设置模块序号，多台设备根据序号，互相自动组网通信，以序号较低的为主机。相同运行模式的设备自动平均分配出力。

6.16 相序自适应

SVG安装点的电网相序很难保证ABC顺序，可能存在相序接错的情况。SVG应能在相序错接的情况下自行调整，正常实现无功、谐波和不平衡治理功能。

6.17 支持 SVG+电容运行模式

SVG应具有电容控制接口。当SVG与电容配合使用时，SVG可以控制电容投切，以节省电容投切控制器。SVG可以配合电容控制模块控制普通电容器投切。当控制智能电容器时，可以通过485方式控制智能电容器投切，控制智能电容器需要有配套的通信协议。

6.18 谐波电压电网环境下滤波电容电流不发散












SVG在电网电压谐波较大时，滤波电容上的电流不能出现发散现象。电容上的电流不应超过电容的正常额定电流。

注：此要求只针对工业场合的设备。产品仅针对150A及100A产品。

6.19 机械操作

SVG的操作器件的运动方向应符合GB/T4205的规定，与其相连的机械联锁或其它附件应能承受不少于50次操作次数且不受损伤的规定，如表6.8所示。此实验主要针对柜式SVG的塑壳操作手柄、急停按键、门把手等器件。

表 6.8 SVG 操作器件的运动方向分类

操作件的类别		操作类别	操作方向	
			组1	组2
手轮、手柄、旋钮等		旋转	顺时针 	逆时针 
基本上是线性运动的把手、拉杆、推-拉按钮等		垂直运动	向上 	向下 
		水平运动	右-左	向左 
		向前-向后	离开操作人员 	面向操作人员 
操作件组的类别		操作类别	操作实施点	
			组1	组2
具有双向效应的一组手柄、按钮、推拉杆、拉线等	一个在另一个之上	压、拉等	 操作上方器件	 操作下方器件
	一个在另一个旁边		 操作右方器件	 操作左方器件
操作件组的类别		操作类别	操作分类	
VDT		移动和操作	操作方向和作用点：不分类	
键盘		键入		
敏感区域		碰触		

6.20 电磁兼容性能

6.20.1 承受射频电磁场辐射干扰的能力

试验SVG带载能力范围内，SVG应能承受GB/T 17626.3-2006中规定的严酷等级为3级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

扫频参数：频率范围80MHz~1GHz，1.4GHz~2GHz，80%AM调制，调制频率1kHz，扫频步长1%，驻留时间1s。

极化方向：水平、垂直。

测试距离：3m。

1. 试验过程：EUT放置于10V/m均匀场中，观察设备工作状况。

2. 验收准则：试验中，SVG允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，SVG应能正常工作，且不允许性能降低或性能低于制造商指定的性能级别。

6.20.2 承受电快速瞬变脉冲群干扰的能力

试验SVG带载能力范围内，SVG应能承受GB/T 17626.4-2006中规定的严酷等级为3级的电快速瞬变脉冲群干扰能力试验。

1. 试验过程：在EUT的交流电源输入端口施加峰值电压2kV，重复频率5kHz/100kHz脉冲群波形。持续时间1min。

2. 验收准则：试验中，SVG允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，SVG应能正常补偿无功、谐波、不平衡等电流，温升、电流畸变率等性能不受影响。

6.20.3 承受静电放电干扰的能力

试验SVG带载能力范围内，SVG应能承受GB/T 17626.2-2006中规定的严酷等级为3级的静电放电干扰能力试验。

1. 放电方式：接触放电/空气放电
2. 严酷等级： $\pm 6\text{kV}/\pm 8\text{kV}$ 正负极各10次 放电间隔1s。
3. 放电部位：使用和操作人员正常使用时所能接触到的点和面。

4. 验收准则：试验中，SVG允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，SVG应能正常补偿无功、谐波、不平衡等电流，温升、电流畸变率等性能不受影响。

6.20.4 承受浪涌（冲击）干扰的能力

试验SVG带载能力范围内，SVG应能承受GB/T 17626.5-2006中规定的严酷等级为4级的浪涌（冲击）干扰能力试验。

1. 试验过程：在EUT的交流电源输入端口：线对地（共模），电压峰值4kV；线对线（差模），电压峰值2kV，开路电压波形1.2/50 μs 。1min 1次，正负极性各做5次。试验电压由低等级增加到规定的试验等级，较低等级均应满足要求。

2. 验收准则：试验中，SVG允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，SVG应能正常补偿无功、谐波、不平衡等电流，温升、电流畸变率等性能不受影响。

6.20.5 振铃波抗扰度

试验装置带载能力范围内，装置应能承受GB/T 17626.12-2013中规定的严酷等级为3级的振铃波干扰能力试验。

1) 试验过程：试验电压：线对地4kV，线对线2kV；干扰信号频率：100kHz；阻抗值：12 Ω ；瞬态重复率：60s；相位角：0°、90°、180°、270°；试验次数：正负极性各5次。

2) 试验方法：装置处在零电流运行工作状态，按试验等级规定的试验值，通过耦合/去耦网络将干扰信号施加到电源端口上，观察装置的工作状态。

3) 验收准则：功能或性能暂时丧失或降低，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预。

6.20.6 射频感应的传导骚扰抗扰度试验

试验装置带载能力范围内，装置应能承受GB/T 17626.6-2017中第5章规定的严酷等级为3级的射频感应的传导骚扰抗扰度试验。

1) 扫频参数：频率范围150kHz~80MHz，80%AM调制，调制频率1kHz，扫频步长1%，驻留时间1s。

2) 测试端口：交流电源端口

3) 验收准则：试验中，装置允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，装置应能正常工作，且不允许性能降低或性能低于制造商指定的性能级别。

6.21 环境可靠性试验

6.21.1 环境温度性能试验

SVG设备应在5.1规定的环境温度条件下满功率运行测试，证明符合温度运行条件。设备需要在-40℃情况下和+50℃情况下满功率运行24h以上，运行过程中设备不能出现故障、停机、降额等情况。

6.21.2 交变湿热（研发自测）

装置应能承受GB/T 2423.4-2008中规定的交变湿热（12h+12h循环）试验。

试验条件要求：实验样品应在不包装、不通电、准备使用状态或按有关标准的规定放入试验箱中。

1) 产品送入交变湿热箱体后，将箱体温度调至在 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ，并保持到该实验样品达到温度稳定为止。样品在试验箱内稳定之后，箱内相对湿度应升到不小于95%，环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ；

2) 3小时内，温度升至55度，该阶段相对湿度应不小于95%，最后15min内的相对湿度应不小于90%；

3) 温度保持在 $55^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$ ，直至从循环开始的 $12\text{h} \pm 30\text{min}$ 为止；

4) 温度应在3h-6h内降到 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ，相对湿度不小于80%；

5) 温度保持在 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ，同时相对湿度不小于95%，直至24小时一个循环结束；

6) 在1h内将相对湿度降到 $(75 \pm 2)\%$ ，再将温度调整至实验室温度。

7) 循环6个周期。

然后将产品从箱体里取出，静置24小时后上电，产品功能性能应正常。

6.21.3 模拟汽车颠簸试验

带包装测试，持续40分钟。参考ISTA-1A标准。

6.21.4 跌落试验

按Q/DX D121.009-2020跌落试验方法带包装进行自由跌落之后，不应发生损坏和零部件受振动脱落现象，且功能正常。

试验跌落高度随包装品的重量不同而变化，从表6.8

中找出包装品的重量来决定跌落高度。

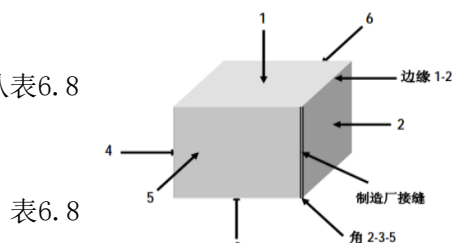


表6.8

包装重量 $m(\text{kg})$	跌落高度 (mm)
$m < 10$	760
$10 \leq m < 19$	610
$19 \leq m < 28$	460
$28 \leq m < 45$	310
$45 \leq m < 68$	200
$m \geq 68$	200

试验应按照表6.9中的次序。

表6.9

次序号	方位	特定的面、边或角
1	角	角 2-3-5
2	边	边 3-6

3	边	边 3-4
4	边	边 4-6
5	面	面 5
6	面	面 6
7	面	面 2
8	面	面 4
9	面	面 3
10	面	面 1

6.21.5 振动试验

对装置进行振动试验，参照标准GB/T 2423.10-2019 环境试验第2部分中的试验要求进行试验。

6.21.6 高温耐久试验

额定电压，正常带载运行，高温50℃，200小时，设备正常运行，期间允许可恢复性的功能丧失，试验结束设备性能功能应正常。

6.21.7 包装试验

设备包装实验应满足《Q / DX D121.009-2020 青岛鼎信通讯股份有限公司工程技术本部技术规范-包装运输试验标准 V1.0(20200131)》

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 一般要求

SVG 的一切试验和测量，除另有规定外，均应在本规范 7.1.2 和 7.1.3 规定条件下进行。

7.1.2 试验电源条件

试验和测量所使用的交流电压的频率为 50Hz±1Hz，电压的总谐波畸变率不超过 5%，电压偏差不得超过±3%，三相电压不平衡度不超过 0.5%。

7.1.3 试验的标准大气条件

试验的标准大气条件包括：

- a) 海拔：2000 m 及以下；
- b) 环境温度：+5℃～+40℃；
- c) 相对湿度：45%～75%；
- d) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

7.2 试验项目

7.2.1 外观及结构检查

用目测和仪器测量的方法进行检查 SVG 的外观和结构，应满足本规范 6.1 和 6.2 的要求。

7.2.2 外壳防护等级验证

按 GB/T 4208-2008 规定的方法进行验证 SVG 的防护等级，应满足本规范 6.3.1 的要求。

7.2.3 安全防护测试

检查 SVG 的安全标识，应满足本规范 6.3.2 的要求。

采用接地电阻测试仪通 10A 电流，测量各接地点与主接地点间的电阻，其电阻值应满足本规范 6.3.3 的要求。

7.2.4 介电性能试验

7.2.4.1 绝缘电阻测试

用电压不低于 500V 的绝缘测量仪器进行绝缘电阻测量，测量部位为相导体与地之间，其测量值应满足本规范 6.5.1 的要求。

7.2.4.2 工频耐压试验

拆除防雷部分的接地螺丝，测试耐压，在试验过程中，满足本规范 6.5.2 要求，则此项试验通过。

7.2.5 保护及告警功能试验

SVG 的保护及告警功能试验按照本规范 6.6 进行各种保护功能试验，进行试验时，应在主电路上模拟被保护 SVG 的异常状态，或在二次回路上设定等价故障信号。保护 SVG 在整定范围内应能正常动作，并按照本规范 6.6 发出相应告警信息。每种保护功能的试验次数不少于 3 次。保护动作精度偏差满足 6.6 的要求。

7.2.6 试验平台及 SVG 运行模式验证

SVG 的试验平台示意图如图 7.1 所示，试验需配置负载扰动源，能根据试验需求产生无功电流、不平衡电流或谐波电流。

根据本规范的 6.7 要求验证 SVG 的几种运行模式：无功补偿，不平衡补偿（可选），谐波补偿（可选），以及混合补偿模式（可选）。

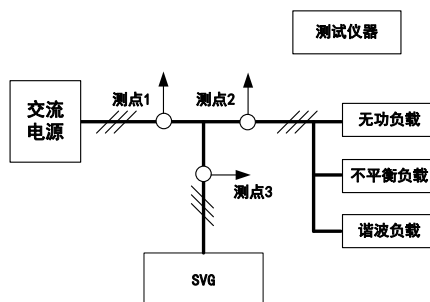


图 7.1 试验平台示意图

试验所需的测试仪器应具备以下一项或多项测量功能（根据试验内容）：

- a) 三相电压、电流有效值及波形；
- b) 三相有功功率、无功功率、视在功率、功率因数；
- c) 三相电压、电流的不平衡分量和不平衡度；
- d) 2~50 次电压、电流谐波幅值及含有率。

7.2.7 工作电压范围试验

SVG 开机后, 调节试验电压至 SVG 下限正常工作电压和上限正常工作电压维持 1min 以上, SVG 应能稳定运行, 期间 SVG 不应出现闭锁或退出运行。当调节试验电压超过工作电压范围时, SVG 应立即停止输出, 试验结果应满足本规范 5.3 的要求。

7.2.8 补偿响应时间试验

补偿响应时间试验按以下步骤进行:

- 参考试验电路如图 7.1, 试验负载为无功负载;
- 试验时, 应保证负载处于工作状态, 设置 SVG 为自动无功补偿模式;
- 调节无功负载, 使其阶跃输出 SVG 额定容量的感性或容性无功功率;
- 在试验期间, 用测试仪器分别测量测点 2 和测点 3 的电压、电流波形;
- 按照 3.7 的定义, 根据记录的数据分析 SVG 的补偿响应时间, 应满足 6.8.1 的规定。

7.2.9 补偿能力试验

7.2.9.1 无功补偿能力试验

无功补偿能力试验按以下步骤进行:

- 参考试验电路如图 7.1, 试验负载为无功负载;
- 试验时, 应保证负载处于工作状态, 设置 SVG 为自动无功补偿模式;
- 调节无功负载, 使其输出的无功功率值为 SVG 额定容性无功容量和额定感性无功容量的 50%、75%、100%;
- 测定每种工况下测点 1 和测点 2 的无功功率, 根据公式(2)计算无功功率补偿率, 应满足 6.8.2.1 的要求。

7.2.9.2 不平衡补偿能力试验

不平衡补偿能力试验按以下步骤进行:

- 参考试验电路如图 7.1, 试验负载为三相不平衡负载;
- 试验时, 应保证负载处于工作状态, 设置 SVG 为不平衡补偿模式;
- 调节不平衡负载, 使其输出的不平衡电流分别为 SVG 额定允许补偿容量的 50%、75%、100%。
- 测定每种工况下测点 1 和测点 2 的电流不平衡度, 根据公式(1)计算不平衡电流补偿率, 应满足 6.8.2.2 的要求。

7.2.9.3 谐波补偿能力试验 (可选)

谐波补偿能力试验按以下步骤进行:

- 参考试验电路如图 7.1, 试验负载为谐波负载;
- 试验时, 应保证负载处于工作状态, 设置 SVG 为谐波补偿模式;
- 调节谐波负载, 使其输出的谐波电流分别为 SVG 额定允许容量的 50%、75%、100%, 且负载的谐波频次应至少包括 3、5、7、11、13 次;
- 测定每种工况下测点 1 和测点 2 的谐波电流, 根据公式(3)计算谐波电流补偿率, 应满足 6.8.2.3 的要求。

7.2.10 输出限流能力试验

输出限流能力试验按以下步骤进行:

- a) 参考试验电路如图 7.1, 试验负载为无功负载;
- b) 试验时, 应保证负载处于工作状态, 设置 SVG 为无功补偿模式;
- c) 调节无功负载, 使 SVG 输出最大补偿电流, 然后继续增加无功负载的电流, SVG 应能自动限定输出电流, 满足 6.8.3 的要求。

7.2.11 电流畸变率试验

SVG 输出额定容性和感性无功, 测量其输出电流谐波畸变率, 应满足本规范 6.8.4 的规定。

7.2.12 温升试验

SVG 在额定容性无功或额定感性无功运行条件下, 监测 SVG 部件及连接点的温度以及周围空气温度, 当温度变化连续 1h 不超过 1K/h 时, 认为温度达到稳定, 温升应满足标准 6.8.5 规定。

测量 SVG 的周围空气温度时, 至少应用两个温度计或热电偶均匀布置在 SVG 的周围, 在高度约等于 SVG 的 1/2, 距 SVG 1m 远的位置进行测量, 然后取它们读数的平均值即为 SVG 的周围空气温度。测量时应防止空气流动和热辐射对测量仪器的影响。

7.2.13 损耗试验

损耗试验按以下步骤进行:

- a) 参考试验电路如图 7.1, 试验负载为无功负载;
- b) 试验时, 应保证负载处于工作状态, 设置 SVG 为无功补偿模式;
- c) 调节无功负载, 使其输出的无功功率分别为 SVG 额定容性无功功率和额定感性无功功率, 各稳定运行 1 h。
- d) 测定每种工况下测点 3 的有功功率, 计算 SVG 在两种工况下的有功功率平均值, 应满足 6.8.6 的要求。

7.2.14 噪声测试

在 SVG 输出额定容量的无功功率、散热系统正常运行工况下, 按照 GB/T 10233-2005 中 4.13 规定的测试方法进行试验, 测量频率范围为 2~20 kHz 频段, 测试结果应符合本规范 6.8.7 的要求。

7.2.15 电气性能

SVG 应按照本规范 6.9 要求对装置电气性能进行测试并满足相应的要求。

7.2.16 通信及通讯功能

SVG 的通信及通讯功能试验依据本规范的 6.10 要求进行。SVG 应能按设定时间间隔采集三相电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、零线电流等数据, 并具有数据传输功能。SVG 应按用户需求选装 4G, RS485(Modbus 规约), 蓝牙等标准化通讯接口, 所支持的协议由生产制造厂家与用户自行协商。

7.2.17 电气参数测量功能

SVG 的电气参数测量功能试验依据本规范的 6.11 要求进行, SVG 正常工作过程中测量任意时刻三相电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数, 验证与 SVG 仪表上显示的参数一致。

7.2.18 人机交互功能

SVG 的人机交互功能试验依据本规范的 6.12 要求进行。SVG 应具备三相功率因数、三相电压、三

相电流、取样电流互感器变比设定值、过压设定值显示，并设有电源指示、故障指示等。

7.2.19 低负载率、低电流下设备待机

装置的低负载率、低电流下待机功能，应依据本规范的6.13要求进行。

7.2.20 定时开关机功能

装置的定时开关机功能，应依据本规范的6.14要求进行。时间偏差控制在30s以内。

7.2.21 多机并联

装置的多机并联功能试验依据本规范的 6.15 要求进行。装置控制系统应根据系统无功、谐波变化情况，自动调节装置进行补偿。

7.2.22 相序自适应

装置在相序非正常的ABC顺序时，应能自行判断相序并正常运行。满足6.16要求。

7.2.23 SVG+电容运行模式

装置应符合6.18对SVG+电容模式的要求。

7.2.24 谐波电压电网环境下滤波电容电流不发散

采用两台SVG并机，SVG与电网之间串接一个电抗器。用一台SVG手动发出高次谐波，使并机点处的高次谐波电压达到30V以上，测量另一台设备滤波电容上的电流，电流有效值不超过电容额定电流。

注：此要求仅对应用于工业场合的设备。产品主要针对150A和100A产品。

7.2.25 机械操作

SVG 的操作器件的运动方向应符合 6.20 的规定，与其相连的机械联锁或其它附件应能承受不少于 50 次操作次数且不受损伤的规定。

出厂试验，操作次数不少于 5 次。

7.2.26 电磁兼容测试

7.2.26.1 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照 GB/T 17626.3-2006 中第 5 章的规定，对 SVG 进行严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，测试结果应符合本规范 6.21.1 的要求。

7.2.26.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按照 GB/T 17626.4-2008 中第 5 章的规定，对 SVG 进行严酷等级为 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，测试结果应符合本规范 6.21.2 的要求。

7.2.26.3 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2-2006 中第 5 章规定，对 SVG 进行严酷等级为 3 级的静电放电抗扰度试验，测试结果应符合本规范 6.21.3 的要求。

7.2.26.4 浪涌（冲击）抗扰度试验

按照 GB/T 17626.5-2008 中第 5 章的规定，对 SVG 进行严酷等级为 4 级的浪涌（冲击）抗扰度试验，测试结果应符合本规范 6.21.4 的要求。

7.2.26.5 振铃波抗扰度试验

按照 GB/T 17626.12-2013 中第 5 章的规定，对装置进行严酷等级为 3 级的 100kHz 振铃波抗扰度试验的规定，对装置进行振铃波干扰试验。测试结果应符合本规范 6.21.5 的要求。

7.2.26.6 射频感应的传导骚扰抗扰度试验

按照 GB/T 17626.6-2017 中第 5 章的规定，对装置进行严酷等级为 3 级的射频感应的传导骚扰抗扰度试验，测试结果应符合本规范 6.21.6 的要求。

7.2.27 环境温度性能试验

将 SVG 按本规范 5.1 规定的室内或室外型的上下限温度要求进行该项试验。SVG 的控制保护系统、隔离电源和功率模块的附属板卡在额定功率下，分别在低温和高温环境条件下，持续运行 24h，性能正常。其中低温下设备可以启动。

7.2.28 交变湿热试验

对装置进行交变湿热试验。测试结果应符合本规范 6.21.2 的要求。

7.2.29 模拟汽车颠簸试验

对装置进行模拟汽车颠簸试验。测试结果应符合本规范 6.22.3 的要求。

7.2.30 跌落试验

对装置进行自由跌落试验。测试结果应符合本规范 6.22.4 的要求。

7.2.31 振动试验

对装置进行振动试验。测试结果应符合本规范 6.22.5 的要求。

7.2.32 高温耐久试验

对装置进行高温耐久试验。测试结果应符合本规范 6.22.6 的要求。

7.2.33 包装试验

对装置进行高温耐久试验。测试结果应符合本规范 6.22.7 的要求。

8 检验规则

8.1 试验分类

产品试验一般分型式试验、出厂试验，见表 8.1。

表 8.1

II 系低压静止无功发生器 (SVG) 产品检测项目
说明：

1、生产功能测试+QA/IPQC 抽检=全项功能测试，功能项不应该有漏项								
2、试验项目各产品线根据自己实际需求可增加或者删减								
3、√”表示全检验收的项目，a 表示功能检验时，只检数据通信、参数配置和控制功能；“√*”表示抽样验收的项目。								
序号	试验项目		研发 D 版本 样机 自测	研发设计 变更 自测	生产功 能检测	新品质量 全性能 试验 (3 台)	设计变 更型式 试验 (3 台)	生产 QA/IPQC 抽 检
1	一般检查	外观与结构检查	√	√	√ a	√		√*
	安全防护	防护等级	√	√		√		
		安全防护测试	√	√		√		
3	功能要求	保护及告警功能	√	√		√	√	
4		运行模式	√	√	√ a	√		
5		通信功能	√	√	√ a	√		
6		通讯功能	√	√	√ a	√		
		电气参数测量	√	√		√		
		人机交互	√	√		√		
		低负载率待机	√	√		√		
		定时开关机	√	√		√		
		多机并联	√	√		√		
		相序自适应	√	√		√		
		SVG+电容运行	√	√		√		
		性能要求	介电性能	√	√	√ a	√	√
7	工作电压范围		√	√		√		
8	响应时间		√	√		√		
9	补偿能力		√	√		√		
10	无功补偿性能		√	√		√		
11	输出限幅		√	√		√		
12	电流畸变率		√	√		√		√*
13	温升试验		√	√	√ a	√		
14	损耗试验		√	√		√		
15	噪声试验		√	√		√		
16	电气性能		√	√				
17	谐波电压影响		√	√				
18	机械操作	√	√		√			
19	电磁兼容	静电放电抗扰度 试验	√	√		√	√	
20		射频电磁场辐射 抗扰度试验	√	√		√	√	

21		浪涌（冲击）抗扰度试验	√	√		√	√	
22		电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	√	√		√	√	
23		振铃波抗扰度	√	√		√	√	
24		射频感应的传导骚扰抗扰度试验	√	√		√	√	
26	可靠性试验	环境温度性能	√	√		√	√	
27		交变湿热	√	√		√	√	
28		模拟汽车颠簸	√	√		√	√	
29		跌落试验	√	√		√	√	
30		振动试验	√	√		√	√	
31		高温耐久试验	√	√		√	√	
32		包装试验	√	√		√	√	
37	生产	版本读取试验			√ a			√ *
38		整机功能试验			√ a			√ *
39		生产工艺说明	系统审批					√ *
40		打标文件	系统审批					√ *
41		BOM	系统审批					√ *

注：版本读取试验、整机功能试验、生产工艺说明、打标文件、BOM 等操作说明，详见有低压静止无功发生器(SVG)生产工艺说明。

8.2 出厂试验

SVG的所有电器元件、仪器仪表等配套件，在组装前应检验其型号、规格等是否符合设计要求，并具有出厂合格证明。

每台SVG组装完成后均应进行出厂试验，出厂试验项目见表8.1。试验合格后，填写试验记录并签发出厂合格证明。

每台SVG中有一项指标不符合要求，即为不合格，应进行返工。返工后应进行复试，直至全部指标符合要求，方可签发出厂合格证明。

8.3 型式试验

型式试验可在一台SVG上或相同设计，但不同编号的SVG上进行。型式试验产品应是经出厂试验合格的产品。

在下列任一情况下应进行型式试验：

- 连续生产的产品每 5 年进行一次型式试验；
- 设计、制造工艺或主要元器件改变，应对改变后首批投产的合格品进行型式试验；
- 新设计投产（包括转厂生产）的产品，应在生产鉴定前进行产品定型型式试验。

型式试验项目见表8.1。

进行型式试验时，达不到表8.1中型式试验项目任何一项要求时，判定该产品不合格。

型式试验不合格，则该产品应停产。直到查明并消除造成不合格的原因，且再次进行型式试验合格后，方能恢复生产。

进行定型型式试验时，允许对产品的可调部件进行调整，但应记录调整情况。设计人员应提出相应的分析说明报告，供鉴定时判定。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志和随机文件

9.1.1 铭牌

在产品铭牌上应标明：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 产品额定值（应至少包括额定电压、额定频率、额定容量、防护等级等项目）；
- d) 制造商名称；
- e) 制造年月（或其代码）；
- f) 出厂编号。

9.1.2 随机文件

制造商应随机提供下列文件资料：

- a) 装箱清单；
- b) 安装与使用说明书；
- c) 产品合格证明。

9.2 包装与运输

产品包装与运输应符合 GB/T 13384 的规定。

产品运输、装卸过程中，不应有剧烈振动、冲击、不应倾倒倒置。

振动、冲击应符合 GB/T 14715 的规定。

9.3 贮存

产品不得曝晒或淋雨，应存放在空气流通、周围介质温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 、空气最大相对湿度不超过 90%（空气温度 $+20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 时）、无腐蚀性气体的仓库中。

版本记录

版本编号 / 修改状态	拟制人/修改人	审核人	批准人	备注
V1.0	于瑞			
V1.1	解伟			1. SVG 容量类型增加了 35kvar 和 70kvar 2. 散热风道处增加磁吸式防尘网要求。 3. 增加在电网超出 $\pm 20\%$ ，且在 45%~130%范围内时，设备待机但检测正常的要求 4. 多级并联功能中，增加相同模式自组网，本地设置序号的要求。 5. 增加 SVG+电容运行模式 6. 增加相序自适应要求 7. 增加定时开关机要求 8. 增加低负载率低电流下设备不投运要求。 9. 增加了谐波电压电网环境下设备滤波电容不发散的要求。 10. 去除阻尼振荡，增加振铃波、传导骚扰抗扰度试验。 11. 增加铭牌和包装要求 12. 增加电气性能试验（研发自测） 13. 增加可靠性试验（交变湿热、跌落、振动、高温耐久、包装试验）