



# 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 + 智 能 电 容 器 (SVG C)

企 业 标 准

V1.0

2022 - 11 - 29 发 布

2022- 11 – 29 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 .....	4
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 SVGC 的额定电压等级分类 .....	5
4.2.3 按 SVGC 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 SVGC 元器件的选择与安装 .....	7
6.2.2 SVGC 辅件的选择与安装 .....	7
6.2.3 SVGC 的功率单元应优先考虑模块化设计、散热良好 .....	8
6.2.4 SVGC 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
6.5.3 冲击耐压 .....	10
6.6 保护及告警功能 .....	11
6.6.1 上电自检功能 .....	11
6.6.2 交流输入过电压、欠电压保护与告警 .....	11
6.6.3 交流过流保护与告警（仅 SVG 模块） .....	12
6.6.4 频率保护与告警（仅 SVG 模块） .....	12
6.6.5 缺相保护与告警 .....	12
6.6.6 散热系统异常及过温保护与告警 .....	12
6.6.7 短路及过流保护 .....	12
6.6.8 瞬态过电压保护 .....	12
6.6.9 直流母线过欠压保护（仅 SVG 模块） .....	12
6.6.10 升级中断保护（研发自测） .....	12
6.7 运行模式要求 .....	12
6.7.1 无功补偿 .....	12
6.8 运行性能要求 .....	12
6.8.1 补偿响应时间（仅 SVG 模块） .....	12
6.8.2 补偿性能 .....	13
6.8.3 输出限流能力 .....	13
6.8.4 电流畸变率（仅 SVG 模块） .....	13
6.8.5 温升 .....	13
6.8.6 额定损耗 .....	13
6.8.7 噪声 .....	13
6.9 电源性能 .....	13
6.10 通信及通讯功能 .....	14
6.11 电气参数测量功能 .....	14
6.11.1 测量值测试 .....	错误!未定义书签。
6.11.2 功率测试 .....	错误!未定义书签。
6.11.3 谐波测试 .....	错误!未定义书签。
6.12 人机交互功能 .....	14
6.13 节能模式（仅 SVG 模块） .....	14
6.14 定时开关机功能（仅 SVG 模块） .....	14
6.15 双机并联功能 .....	14
6.16 相序自适应 .....	14
6.17 支持 SVG 电容运行模式 .....	15
6.17.1 同步开关介绍 .....	15
6.17.2 智能电容器介绍 .....	15
6.17.3 电容参数设置 .....	16
6.17.4 通信控制 .....	16
6.17.5 功能测试 .....	16

6.18 机械操作 .....	17
6.19 环境可靠性试验 .....	18
6.19.1 环境温度性能试验 .....	18
6.19.2 中性盐雾试验 .....	18
6.19.3 交变湿热 .....	18
6.19.4 高温耐久试验（研发自测） .....	19
6.19.5 包装试验 .....	19
7 试验方法 .....	19
7.1 试验条件 .....	19
7.1.1 一般要求 .....	19
7.1.2 试验电源条件 .....	19
7.1.3 试验的标准大气条件 .....	19
7.2 试验项目 .....	19
7.2.1 外观及结构检查 .....	19
7.2.2 外壳防护等级验证 .....	19
7.2.3 安全防护测试 .....	20
7.2.4 介电性能试验 .....	20
7.2.5 保护及告警功能试验 .....	20
7.2.6 试验平台及 SVGC 运行模式验证 .....	22
7.2.7 工作电压范围试验 .....	23
7.2.8 补偿响应时间试验（仅 SVG 模块） .....	23
7.2.9 补偿能力试验 .....	23
7.2.10 输出限流能力试验（仅 SVG 模块） .....	23
7.2.11 电流畸变率试验（仅 SVG 模块） .....	24
7.2.12 温升试验 .....	24
7.2.13 损耗试验（仅 SVG 模块） .....	25
7.2.14 噪声测试 .....	25
7.2.15 电气性能（研发自测） .....	25
7.2.16 通信及通讯功能 .....	25
7.2.17 电气参数测量功能 .....	25
7.2.18 人机交互功能 .....	26
7.2.19 节能模式（仅 SVG 模块） .....	26
7.2.20 定时开关机功能（仅 SVG 模块） .....	26
7.2.21 双机并联 .....	27
7.2.22 相序自适应 .....	27
7.2.23 SVGC+电容运行模式 .....	27
7.2.24 机械操作 .....	27
7.2.25 环境温度性能试验 .....	28
7.2.26 交变湿热试验 .....	28
7.2.27 高温耐久试验（研发自测） .....	28
7.2.28 包装试验 .....	28
8 检验规则 .....	28

---

8.1	试验分类 .....	28
8.2	出厂试验 .....	30
8.3	型式试验 .....	30
9	标志、包装、运输、贮存 .....	30
9.1	标志和随机文件 .....	30
9.1.1	铭牌 .....	30
9.1.2	随机文件 .....	30
9.2	包装与运输 .....	31
9.3	贮存 .....	31

## 前 言

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

本标准依据DL/T 1216-2019 低压静止无功发生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：宗国强、张晓宇、沈志远、白锋青、王鹏。

本标准自发布之日起有效期五年，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 and 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+智能电容器(SVGC)

### 1 范围

本规范规定了 II 系低压静止无功发生器(SVGC) (以下简称SVGC) 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SVGC补偿模式，SVGC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  $\varepsilon_{U_2}$ 、 $\varepsilon_{U_0}$  和  $\varepsilon_{I_2}$ 、 $\varepsilon_{I_0}$  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SVGC输出达到目标值的90%所需要的时间，如图3.1。

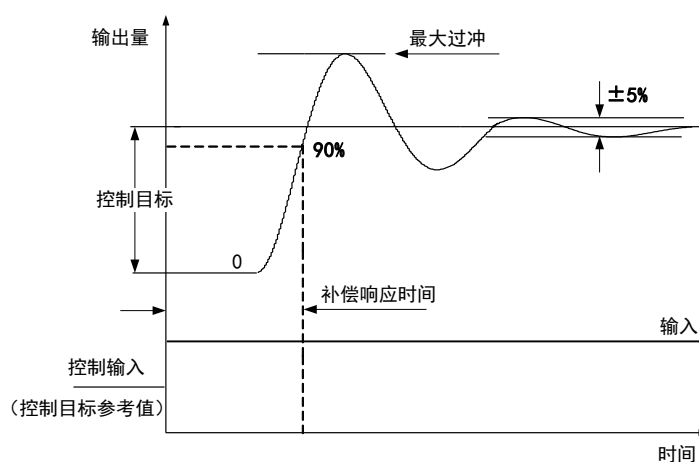


图 3.1 补偿响应时间示意图



### 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+智能电容器，又名电能质量优化装置(SVGC)，产品型号命名：由产品类别，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。

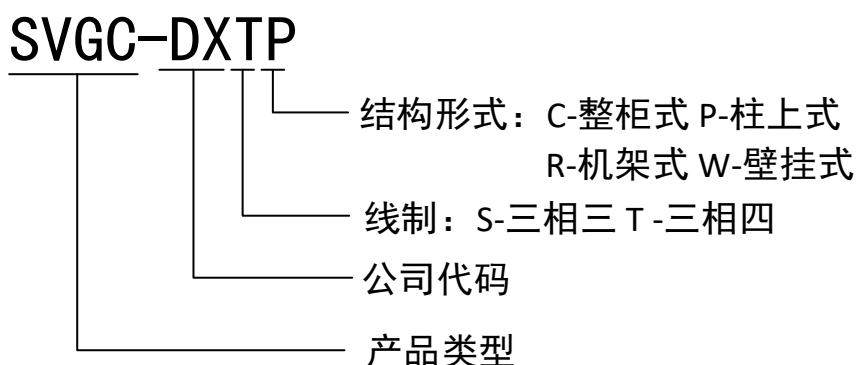


图 4.1 低压静止无功发生器+智能电容器的命名规范

其中，结构形式中：P-柱上式，主要针对户外SVGC，最大容量可以到120kvar。

### 4.2 产品分类

#### 4.2.1 额定补偿容量分类

SVGC产品按照容量分类，箱内选配1~2台SVG30kvar，可选配智能电容器，共四个模块位置（含SVG30），最大容量为120kvar，如SVG（30kvar）+共补（30kvar）+共补（30kvar）+分补（30kvar），具体容量值由用户确定。

注意：智能电容器额定容量为在250/450V时容量，实际电流值随电压变化。SVG30电流值为固定45A。

#### 4.2.2 按 SVGC 的额定电压等级分类

220V/380V。

#### 4.2.3 按 SVGC 的使用场所分类

可用于户外，安装方法分为落地式和柱上式。

## 5 使用条件

### 5.1 环境条件

- 1) 环境温度：户外设备温度-25℃~+45℃，日平均温度不超过35℃。
- 2) 相对湿度：最高温度为+45℃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 $5^{\circ}$ 。

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) 电压谐波总畸变率:  $<5\%$  (以实际设定值为准)。

## 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 $\pm 15\%$  (187~253V);

2) 频率50Hz。

## 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 $90^{\circ}$  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

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 C 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 C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 C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 C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 C基准面2m。紧急操作器件宜装在距SVG C安装基准面的0.8m~1.6m范围内。

3) SVG C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 C 辅件的选择与安装

1) SVG C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，电流测量回路的导线截面积应不小于 $2.5\text{mm}^2$ 。

2) SVG C的绝缘导线应选用多股绝缘导线或带绝缘的铜排。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 C，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 <sup>2</sup> )	载流量 (A)	截面 (mm <sup>2</sup> )	载流量 (A)	截面 (mm <sup>2</sup> )	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 (认证报告上写的 IP44, 铭牌信息与之统一)。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。设备、连接装置和交流电网的专用开关设备、裸漏带电位置应有醒目标识。标识应标明“有电危险”等提示性文字和符号。

### 6.3.3 防护与接地

1. PEN 导体最小截面积应为铜 16mm<sup>2</sup>。

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.SVGC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 $0.1\ \Omega$ 。

注：位于不能与带电部分有任何接触的位置的某些外露可导电部分不会构成危险，因而不需要与保护导体连接，这适用于螺钉、铆钉和铭牌等类似部件。

5.SVGC内保护电路的所有部件的设计应保证它们足以耐受SVGC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。其中额定冲击耐压选取参考表6.6，额定绝缘电压等于其额定工作电压。

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
$\leq 2500$	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 6.4 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 <sup>b</sup>	材料组别 <sup>b</sup>			材料组别 <sup>b</sup>			
	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。

<sup>a</sup> 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。  
<sup>b</sup> 根据 CTI 的范围值, 材料组别分组如下:  
 ——材料组别 I,  $600 \leq \text{CTI}$ ;  
 ——材料组别 II,  $400 \leq \text{CTI} < 600$ ;  
 ——材料组别 IIIa,  $175 \leq \text{CTI} < 400$ ;  
 ——材料组别 IIIb,  $100 \leq \text{CTI} < 175$ 。

## 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 6.5 规定, 维持 1 min, 漏电流  $< 10 \text{ mA}$ , 应无电击穿或闪络。注意耐压测试前去除气体放电管接地螺丝。

表 6.5 试验电压值

额定绝缘电压 $U_i/V$	试验电压/V
$U_i \leq 60$	AC1000V
$60 < U_i \leq 300$	AC1500V
$300 < U_i \leq 690$	AC1890V

### 6.5.3 冲击耐压

装置应能承受表 6.6、表 6.7 的冲击耐受试验电压值。表 6.6 给出了装置标称电压与相应的额定冲击耐受电压值之间的关系 (海拔 2000m), 表 6.7 给出了不同海拔下的冲击耐受试验电压值。



表 6.6 试验电压值

单位: V

从交流或直流标称电压 导出线对中性点电压	标称电压		额定冲击 耐受电压值
	三相四线中性点接地系统 (相电压/线电压)	三相三线系统	
≤100	66/115	66	2500
≤150	127/220	115, 120, 127	4000
≤300	220/380, 230/400, 240/415, 260/440, 277/480	220, 230, 240, 260, 277	6000
≤600	347/600, 380/660, 400/690, 415/720, 480/830	347, 380, 400, 415, 440, 480, 500, 577, 600	8000
≤1000		660, 690, 720, 830, 1000	12 000

表 6.7 试验电压值

额定冲击耐受电压 $U_{imp}$ V	不同海拔下的 $U_{1.2/50\mu s}$ 峰值 <sup>*</sup> kV				
	海平面	200 m	500 m	1000 m	2000 m
2500	2.919	2.874	2.808	2.785	2.500
4000	4.924	4.824	4.675	4.623	4.000
6000	7.386	7.236	7.013	6.935	6.000
8000	9.848	9.648	9.351	9.247	8.000
12000	14.772	14.473	14.026	13.870	12.000

<sup>\*</sup> 1.2/50  $\mu s$  的定义参考 GB/T 16927.1—2011 中 7.2.1, 波前时间为 1.2  $\mu s$ , 半峰值时间为 50  $\mu s$  的标准雷电冲击全波。

## 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

SVG模块: 交流输入电压高于过电压设定值264V或者低于欠电压设定值176V时, SVG应立即停止输出, 并给出告警指示。

智能电容器: (一级保护) 交流输入电压高于过电压设定值253V或者低于欠电压设定值187V时, 电容器应停止输出。(二级保护) 交流输入电压高于过电压设定值264V或者低于欠电压设定值180V时, 电容器应报过欠压故障。

设备至少可以正常工作在额定电压的±15%范围内。



#### 6.6.3 交流过流保护与告警（仅 SVG 模块）

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（仅 SVG 模块）

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。智能电容器检测到内部温度超过设定值时会自动切除，温度恢复后再次投切。

#### 6.6.7 短路及过流保护

SVG保护采用断路器进行短路、过流进行保护，断路器额定电流应不低于1.3倍SVG额定电流。内部SVG模块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1.2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（仅 SVG 模块）

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（研发自测）

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。

说明：保护阈值可能会根据现场的应用情况会调整，请以功能是否正常作为评判的依据。会恢复出厂设置。

### 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。

### 6.8 运行性能要求

#### 6.8.1 补偿响应时间（仅 SVG 模块）

机箱内SVG模块的补偿响应时间不大于30ms(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)。

## 6.8.2 补偿性能

### 6.8.2.1 无功补偿性能

在无电压谐波情况下，负载在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%。

注：电网电压谐波对设备补偿效果影响较大，补偿效果随谐波含量降低，在电压谐波为5%情况下，最多可降至58%。

### 6.8.3 输出限流能力

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

智能电容器没有限流能力，电流随电压增大而增大。

### 6.8.4 电流畸变率（仅 SVG 模块）

机箱内SVG模块不进行谐波补偿时，额定容量下输出电流总谐波畸变率应小于4%。

### 6.8.5 温升

温升限值应符合DL/T1216-2019中7.76的要求。对于SVGC而言，其内部关键器件温升要求如下表。

表 6.8 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

SVGC内部SVG模块在容感性100%容量的额定损耗应不大于额定容量的3%。

智能电容器PCB损耗约6W，电容器本身损耗在50Hz频率下时，损耗值均小于0.1%。

### 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SVGC噪声最大值不应大于70dB（只针对单机箱时）。

## 6.9 电源性能（研发自测）

表 6.7 电源测试实验方法

试验项目	试验方法
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 <sub>n</sub> ，全跌，持续 20s，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 <sub>n</sub> 均匀地下降至 0V，再以相同的时间从 0V 均匀地上升到 1.1U <sub>n</sub> ，反复进行 10 次，试验后设备应正常工作
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$ 。

## 6.10 通信及通讯功能

SVG<sub>C</sub>可按用户需求选装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

电网电压有效值的相对误差不高于 1%（U>110V）；CT 检测的电网电流 I>25%负载率时，电网电流有效值绝对误差不高于 2A；负载电流为估算值，仅作参考，暂不测试。

## 6.12 人机交互功能

SVG<sub>C</sub>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 节能模式（仅 SVG 模块）

SVG<sub>C</sub>内部SVG模块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模块自动投入切出。

SVG模块在无功模式下，在负载所含无功电流低于设定时，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。

此功能仅针对SVG模块，电容器不需要节能模式，一直为运行状态。

## 6.14 定时开关机功能（仅 SVG 模块）

SVG<sub>C</sub>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。此功能仅针对SVG模块，电容器不支持定时开关机。

## 6.15 双机并联功能

机箱内可以实现双SVG模块并机功能，并机后设备自动平均分配出力，不谐振发散。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1为主机。

兼具智能电容控制功能，可以与智能电容器并联运行，通过485通信控制智能电容器投切。

## 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调整，正常实现无功治理功能。注意CT应与误接的相序匹配。

### 6.17 支持 SVG 电容运行模式

该功能适用于 SVG30，遵循“SVG 与智能电容器通信协议 V1.01”（自定义协议），与 SVG30 的接口为 RS485，支持通信与电平控制两种方式，电平控制需要配合 485 转 IO 模块使用，支持 36 路（36 个独立开关）。

#### 同步开关介绍

同步开关用于实现电容过零投切（电压为零时投入、电流为零切除），常见有共补、分补同步开关，共补型同步开关内部有 2 个开关，接收到投切信号后 2 个开关同时动作，分补型同步开关内部有 3 个开关，3 个开关独立动作。常见的同步开关支持 485、电平控制，与 485 转 IO 模块配合使用为电平控制方式。

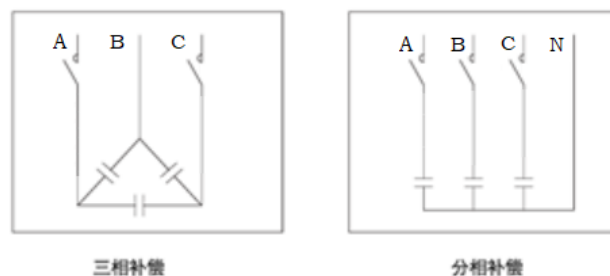


图 6.1

#### 智能电容器介绍

智能电容器内部主要包括空开、电容控制器、同步开关、电容，根据智能电容器内部电容的形式可以分为共补电容、分补电容。目前常见的共补电容一般为双共补，即智能电容器内部包括两组共补电容，分补电容存在单分补、双分补两种形式，单分补为智能电容内部仅有一组分补电容（包括 ABC 三相），双分补为智能电容内部包括两组分补电容。

智能电容器之间通过 485 通信，接口形式一般为 RJ45，SVG 控制电容时采用 485 通信方式，为一主多从形式（SVG 为主，智能电容器为从）。

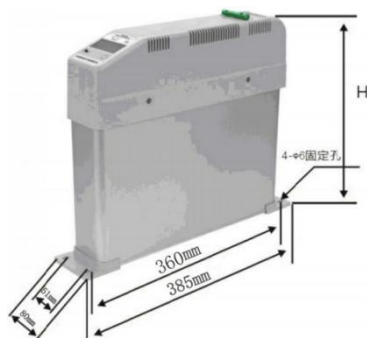


图 6.2

## 电容参数设置

- a) 电容补偿模式：手动或自动，手动模式下电容的投切状态由手动输入的投切状态决定，自动模式下的投切状态由负载中无功决定。
- b) 共补额定电压、分补额定电压、相间额定电压为实际使用的电容的额定电压值。
- c) 电容调度间隔：控制器计算该时间段内的平均无功，根据平均无功决定电容的动作，该值一般不小于 5 秒。
- d) 电容切换等待：实际应用中，为保护同步开关、电容，电容在切除后不会立刻投入，需要等待该时间后才允许投入。
- e) 共补电抗率、分补电抗率：电容串接电抗后，需要根据实际值输入电抗率，在未串接电抗时，该值为零。
- f) 电容过压、欠压阈值：电容电压保护值与 SVG 模块电压保护值分别设置，正常情况下，万新电容工作电压范围为 180~264，阈值应小于 SVG 模块工作电压范围。

电压故障恢复阈值：

电容过压恢复阈值 = 电容过压阈值 - 3，电容欠压恢复阈值 = 电容欠压阈值 + 3

- g) 谐波电压阈值：在电压 THD 连续高于该值时，电容将保护切除，电压 THD 连续低于谐波电压恢复阈值时，故障解除。

谐波电压恢复阈值 = 谐波电压阈值 - 1%

- h) 电容校验、电容波特率：需要与连接的智能电容器、485 转 IO 模块通信参数相匹配，采用自定义协议的设备，参数为 Even/2400，河南柏科沃智能电容器(BKW)参数为 None/9600
- i) 电容控制方式：SVG 模块通过 485 连接智能电容器时为通信控制。

电容参数设置完成后，点击“保存参数”按钮保存参数配置。

## 通信控制

- a) 通信控制方式下，SVG 模块上电自动搜索电容，也可以在“电容状态”中点击“搜索电容”进行搜索。

## 功能测试

表 6.9 功能测试

序号	测试项	测试方法	判断方法
1	电容自动搜索	通信控制方式下，SVG 模块上电自动搜索电容	显示屏显示的电容 ID、电容类型、容量与实际连接电容一致
2	电容手动搜索	通信控制方式下，点击搜索电容	显示屏显示的电容 ID、电容类型、容量与实际连接电容一致
3	手动投切	将电容补偿模式设置为“手动”，电容开机后，通信控制方式下，在“电容状态”页面下手动投切电容	两种控制方式下，电容实际状态与手动输入状态一致，对应通道一致

4	自动投切	将电容补偿模式设置为“自动”，电容开机后，通信控制方式下，电容根据负载中无功情况投切电容	①、增加负载中感性无功，电容投入数量增加，减小负载中感性无功，电容投入数量减少 ②、负载无功为容性时，电容全部切除 ③、电容切除后再次投入需要等待电容切换时间才投入 ④、电容连续运行时间超过连续运行设定时间后，电容自动切除
5	故障保护与恢复	制造电容过压、欠压、谐波电压故障。	①、故障发生后，电容全部切除；事件中能够显示对应故障 ②、故障消失 2 分钟后，自动补偿模式下电容自动开机，能够根据负载情况自动投切
6	SVG 故障不影响电容控制	人为制造 SVG 故障（除电压缺相）	电容正常工作












注 1：CT 位置需要在电网侧

注 2：SVG 补偿模式不能手动补偿，因为手动补偿模式下控制中不检测负载电流

## 6.18 机械操作

SVGC 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 6.10 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		

## 6.19 环境可靠性试验

### 6.19.1 环境温度性能试验

SVGC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-25℃情况下和+45℃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。

### 6.19.2 中性盐雾试验

试验方法：将机箱样品非通电状态下放入特定的试验箱内，将含有(5±0.5)%氯化钠、pH值为6.5~7.2的盐水通过喷雾装置进行喷雾，让盐雾沉降对待测试件上，经过一定时间观察其表面腐蚀状态。试验箱的温度要求在(35±2)湿度大于95%，降雾量为1~2mL/(h·cm<sup>2</sup>)，喷嘴压力为78.5~137.3kPa(0.8~1.4kgf/cm<sup>2</sup>)。

测试时间为72h。

判定标准：试验后，产品功能性能应正常，外观结构无明显腐蚀。

**注：该项目只测试机箱，整机防盐雾能力由内部器件确定。**

### 6.19.3 交变湿热

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℃±3K，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℃±3K；

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 $3\text{h}-6\text{h}$ 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 $1\text{h}$ 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。

#### 6.19.4 高温耐久试验（研发自测）

额定电压，正常带载运行，高温 $45^{\circ}\text{C}$ ，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。

#### 6.19.5 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 C 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  $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$ ，电压的总谐波畸变率不超过 5%，电压偏差不得超过  $\pm 3\%$ ，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： $+5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；
- 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 C 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 C 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。设备、连接装置和交流电网的专用开关设备、裸漏带电位置应有醒目标识。标识应标明“有电危险”等提示性文字和符号。

检测 SVG 接地阻抗，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。

试验方法：

- a) 使用绝缘电阻测试仪或绝缘摇表，将受试设备的 ABCN 短接，接正表笔，PE 接负表笔，使用 500V 档位，测量、记录绝缘电阻值。

#### 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。  
试验方法：

- a) 拆除浪涌防护电路接地螺丝。
- b) 设定耐压分析仪，电压上升时间 5s，电压持续时间 60s，电压下降时间 5s，测试电压 2.5kV，漏电流上限值 10mA，下限值 0mA，开 5 级电弧检测。
- c) 使用耐压测试仪，将受试设备的 ABCN 短接，接耐压测试仪的正表笔，PE 接摇表负表笔，使用 2.5kV 档位，点测量，记录漏电流。

#### 7.2.4.3 冲击耐压试验

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。  
试验方法：

- a) 拆除浪涌防护电路接地螺丝。
- b) 使用冲击耐压分析仪，设定试验电压±7.4kV、次数 3 次、时间间隔 60s、限流 20A，触发方式自动。
- c) 将受试设备的 ABCN 短接，接耐压测试仪的正表笔，PE 接摇表负表笔，点测量，记录漏电流及现象。

测试通过条件：不应有击穿放电。

### 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。

#### 7.2.5.1 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。

#### 7.2.5.2 交流输入过电压、欠电压保护与告警

SVG模块试验方法：

1) 设置电网电压为 264V 超过设备保护阈值，待机模式下设备报过压故障，后回复额定电压设备自动恢复正常；

2) 设置电网电压为 176V，待机模式下设备报欠压故障，后恢复正常电压，故障自动消除，恢复正常；

电容模块试验方法：

3) 调节试验电源电压，使电源电压高于 APP 过压阈值（253V），观测电容是否能够停机，APP 报电容故障；使电源电压高于电容过压阈值（264V），观测电容显示屏是否报过压故障；

4) 调节试验电源电压为 APP 过压限额值（253V），观测电容显示屏故障过压自动消除，调节试验电源电压为装置额定电压(220V)，观测 APP 故障自动消除，设备恢复正常运行，设备在待机和运行下保护均有效；

5) 调节试验电源电压，使电源电压低于 APP 欠压阈值（187V），观测电容是否能够停机，APP 报电容故障；使电源电压低于电容欠压阈值（180V），观测电容显示屏是否报欠压故障；

6) 调节试验电源电压为 APP 欠压限额值（187V），观测电容显示屏故障欠压自动消除，调节试验电源电压为装置额定电压(220V)，观测 APP 故障自动消除，设备恢复正常运行，设备在待机和运行下保护均有效。

#### 7.2.5.3 交流过流保护与告警（仅 SVG 模块）

试验方法：

设置逆变过流保护阈值为额定值的峰值电流 64A，后满功率运行，会报过流故障，复位参数可以正常运行；

#### 7.2.5.4 频率保护与告警（仅 SVG 模块）

试验方法：

a) 调节试验电源频率，使电源频率高于装置频率上限阈值(55Hz)，观测是否能够停机，报电网频率越上限；

b) 调节试验电源频率为装置额定频率(50Hz)，观测电网频率越上限故障自动消除，设备运行正常，设备在待机和运行下保护均有效，保护阈值偏差在技术要求允许范围内；

c) 调节试验电源频率，使电源频率低于装置频率下限阈值(45Hz)，观测是否能够停机，报电网频率越下限；

d) 调节试验电源频率为装置额定频率(50Hz)，观测电网频率越下限故障自动消除，设备运行正常，设备在待机和运行下保护均有效，保护阈值偏差在技术要求允许范围内；

#### 7.2.5.5 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。

#### 7.2.5.6 散热系统异常及过温保护与告警

SVG试验方法：

- a) 调节进风口风量，使设备温度上升；
- b) 当 IGBT 温度到达过温降额阈值(90℃)时，设备电流是否降额到 60%；
- c) 继续保持装置运行，当 IGBT 温度超过过温阈值(95℃)时，观测设备是否停机，报过温故障，保护阈值偏差在技术要求允许范围内；
- d) 设备停机后故障能够自动恢复，设备继续运行

电容试验方法：

- e) 设备正常运行，使用电容显示屏查看温度。
- f) 手动设置一个电容器保护阈值低于实际温度，一个分补电容超过限值后自身切出，其余电容正常运行，SVG 补偿正常；
- g) 手动调高温度保护阈值，故障排除后，电容可自动投入使用；

#### 7.2.5.7 短路及过流保护

SVG C 保护采用断路器进行短路、过流进行保护，断路器额定电流应不低于1.3倍SVG C 额定电流。内部SVG 模块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1.2倍SVG 额定电流。

#### 7.2.5.8 瞬态过电压保护

采用防雷模块作为防雷和防操作过电压保护。

#### 7.2.5.9 直流母线过欠压保护（仅 SVG 模块）

试验方法：

- a) 观测运行时母线电压幅值(800)，调节过压阈值(700)低于当前运行的母线电压，观测是否能够停机，报直流母线过压保护，保护阈值偏差在技术要求允许范围内；
- b) 恢复过压保护阈值，设备停机后故障能够自动恢复，设备运行正常；
- c) 更改三相电压值使其母线电压低于 500，后设备报直流母线欠压故障，
- d) 恢复欠压保护阈值，设备停机后故障能够自动恢复，设备运行正常；

#### 7.2.5.10 升级中断保护（研发自测）

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（APP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。

#### 7.2.6 试验平台及 SVG C 运行模式验证

SVG C 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。根据本规范的 6.7 要求验证 SVG C 的运行模式：无功补偿。

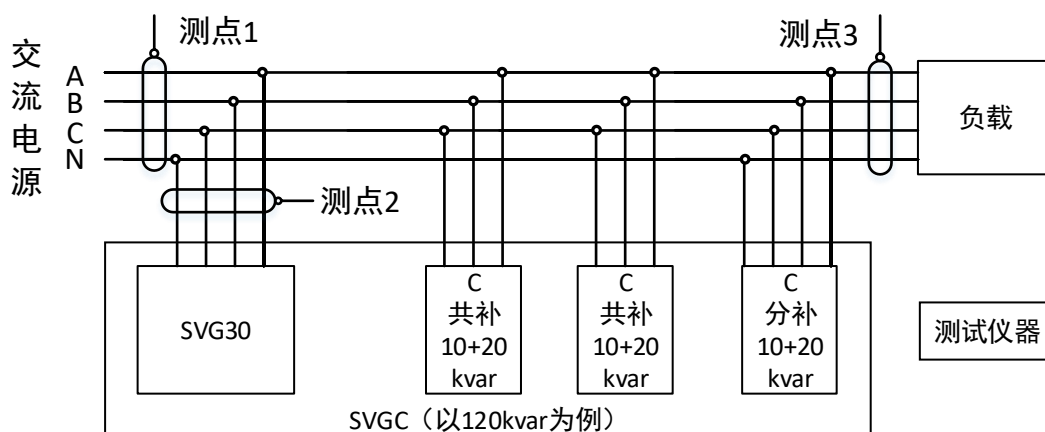


图 7.1 试验平台示意图

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）：

- 三相电压、电流有效值及波形；
- 三相有功功率、无功功率、视在功率、功率因数；
- 谐波检测功能。

#### 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 188V（阈值 187V）和上限正常工作电压 252V（阈值 253V）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，智能电容器应立即停止输出，试验结果应满足本规范 5.3 的要求。SVG 模块可继续运行，工作电压范围为 176~264V。

说明：工作电压可能会根据现场的应用情况会调整。

#### 7.2.8 补偿响应时间试验（仅 SVG 模块）

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，应小于 30ms。

#### 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，输出电源为电网模拟器，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 额定容性无功容量的 50%、75%、100%；
- 测定每种工况下测点 1 和测点 3 的无功功率，计算无功功率补偿率，电压谐波小于 0.5% 时补偿性能应满足 90% 以上。电压谐波为 5% 时应在 65% 以上。

##### 7.2.10 输出限流能力试验（仅 SVG 模块）

输出限流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 为无功补偿模式；
- 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（仅 SVG 模块）

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。

技术要求：

- 被测设备满功率运行，软件不能有降额，风扇必须满转测温升。
- 被测温升设备的摆放需与现场实际环境摆放一致。
- 户外型设备需要在满功率运行时进行太阳辐射测试，若设备体积太大无法使用测试仪器测试，应选择户外光照强度最强时测试。
- 被测设备测温点布置可参考下表。

SVG 模块测温点布置参考表：

单元	测温点	备注
滤波单元	逆变电感线圈	背风处
	逆变电感磁环	
	网侧电感线圈	
	网侧电感磁环	
	滤波电容	
储能单元	母线电解电容表面	根据距离风扇远近、遮挡程度、密集程度、周边是否有发热器件、距离对外连接点远近，选择被测电容；单个电容的测温点布置应选择在背风面。
功率单元	IGBT	模块型 IGBT 可通过模块内部电阻测量；单管型 IGBT 可布置在塑壳位置，不要影响与散热器的贴合。
	散热器	
开关电源	变压器	
	主 MOS	
主回路其他器	保险丝	

件	充电电阻	需给被测设备多次通断电，使用热成像仪测试
	继电器	二次线圈位置
空气温度	环境温度	距离被测设备 1m 处，无其他发热源

机箱测温点布置参考表：

单元	测温点	备注
断路器	下进线口	
	上方铜排	
铜排	接线处	
电容器	侧壁壳体	
	空开接线处	
共模电感	线圈	测温点布置在背风处，根据无功和不平衡模式分别关注相线和零线温升；可多布置几个测温点，以便测量的温度为最高温度
	磁芯	

#### 7.2.13 损耗试验（仅 SVG 模块）

损耗试验按以下步骤进行：

- 噪声考虑到电能质量产品的无功占比较大，电流和电压的夹角接近 90 度，互感器的相位精度对整个设备的有功损耗结果影响极大，普通的电表及电能质量分析仪已经不能满足无功设备的有功损耗测试要求，所以必须使用功率分析仪对设备进行有功损耗的测试。
- 需要测量设备容感性 100%容量的损耗（可设置为手动补偿模式进行设置）。
- 设备需达到热平衡后进行损耗的测试。建议 10kvar-35kvar 设备 2h 以上，50kvar-100kvar 设备满功率 4h 以上。

#### 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 电源性能（研发自测）

SVG 应按照本规范 6.9 要求对装置电源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 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



刻电网上的三相电流、电压、谐波电流、电压，验证与 SVGC 仪表上显示的参数一致。

#### 测量值测试：

- a) 试验负载为无功电流负载；
- b) 试验时，应保证装置处于工作状态，设置装置补偿模式为无功补偿模式，根据设备的容量，调节负载输出电流大小；
- c) 以装置额定输出电流的大小为基准，分别设定感性 50%、感性 100% 的电流作为负载输出电流；
- d) 利用功率分析仪测试电网电压、电网电流的有效值，并与装置检测的结果进行对比。电网电压有效值的相对误差不高于 1%；电网电流有效值绝对误差不高于 2A；

### 7.2.18 人机交互功能

SVG C 的人机交互功能试验依据本规范的 6.12 要求进行。SVG C 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 节能模式（仅 SVG 模块）

技术要求：设置负荷率阈值、无功电流阈值。

- a) 在单一补偿模式下，当负荷率与对应模式参数均高于负荷率阈值与对应模式阈值（如无功补偿模式下，对应模式参数均为无功电流，对应模式阈值为无功电流阈值），若负荷率与对应模式参数有一个低于阈值-滞环区间时，则关闭补偿；否则保持上一补偿状态；
- b) 条件 1：若检测得到负载侧的负荷率低于负荷率阈值时，判断关闭补偿；条件 2：若检测得到的负载侧的负荷率高于负荷率阈值+滞环区间时，则需要根据另外两个参数判断是否需要补偿；若检测得到的负载侧的负荷率处于滞环区间内时，则负荷率标志保持上一个标志；
- c) 条件 2 解释：在上述非第一个条件时，需要根据另外两个参数判断是否需要补偿，判断逻辑为：若两个参数的检测值均低于阈值设定值时，则不启用补偿；若至少其中一个参数检测值超过该参数阈值+滞环区间时，则启用补偿；当两个参数检测值均不低于阈值设定值且有参数在滞环区间时，则保持上一个补偿标志。

测试方法：

- a) 按**错误!未找到引用源。**接线，试验负载为无功电流负载；
- b) 设定变压器容量，并记录当前的负荷率、无功电流；
- c) 分别设定无功补偿模式，开启补偿装置；
- d) 根据记录的当前数据，调节负荷率阈值、无功阈值根据大小关系判定设备的启停状态。

### 7.2.20 定时开关机功能（仅 SVG 模块）

技术要求：使能自动开机模式下，设定装置每日重复定时开关机，设定开关关机时间，可根据设定时间装置自动开关机。（测试时注意更改开机模式为自动）

测试方法：

- a) 使能定时开关机，设定装置开关机时间，并使能每日重复开关机，观测是否能够在设定时间上进行相关开关机操作；

b) 使能定时开关机，设定装置开关机时间，观测是否能够在设定时间上进行相关开关机操作；

#### 7.2.21 双机并联

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。

注：

①并机补偿首先设置无功补偿模式，再设置主CT位置变比，选择是否并机，设置完毕。

②并机时所有模块补偿模式必须相同；并机时主机模块号只能为1，不支持其他号；

③单CT仅在主CT在网侧，仅支持无功、不平衡补偿；

测试方法：

主CT位于网侧且没有装置CT，此时补偿模式为单CT模式，该模式下仅支持补偿无功和不平衡，多模块并机网侧CT仅接于主机1号模块，其余模块通过CAN通信接收补偿电流，使其中一个模块停机，其他模块补偿正常，容量分配正常，容量范围内能将负载电流补偿，补偿率符合相关技术要求；

#### 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。

#### 7.2.23 SVG+电容运行模式

装置应符合6.17.5功能测试要求中对SVG+电容模式的要求。

电容自动搜索、电容手动搜索、手动投切、自动投切功能测试方法按照表6.9进行。

过欠压故障保护与恢复功能在7.2.5.2测试项完成。

其中谐波电压故障保护功能测试方案如下

技术要求:电网电压THD畸变率不大于5%时，装置能够正常工作，器件不出现损坏，电网谐波次数应不超过50次。（实际内部判断逻辑：由SVG控制保护，120次内部THD阶段中若有40次越限则报故障）

测试方法：

- 按图 7.1 接线，设备工作于无功补偿模式，负载为无功+谐波负载，设定电压谐波保护为 5%；
- 调整电源电压，输出任意幅值相位、次数的谐波，使 THD 在 5%以上；
- 检查设备是否报故障，且电容全部切除；
- 调整电源电压 THD 为 4%以下，等待 2 分钟后，查看设备是否自动开机且能根据负载情况自动投切。

SVG 故障不影响电容控制功能可在整机无功补偿情况下测试仅 SVG 模块的故障保护，看电容运行是否正常投运。

#### 7.2.24 机械操作

SVG 的操作器件的运动方向应符合 6.18 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。



### 7.2.25 环境温度性能试验

将SVG C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 C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。

### 7.2.26 中性盐雾试验

对装置进行中性盐雾试验。测试结果应符合本规范6.19.2的要求。

### 7.2.27 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6.19.3的要求。

### 7.2.28 高温耐久试验（研发自测）

对装置进行高温耐久试验。测试结果应符合本规范6.19.4的要求。

### 7.2.29 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6.19.5的要求。

## 7.3 内控试验场景试验项目（研发自测）

根据与质检中心评审确认的测试项测试。

具体测试项目见附件



SVG C——MQ-E  
S-16.5.7\_CL02关

## 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 C)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

	试验大类/执行部门		研发	研发	工艺	质量	质量	质量
1	一般检查	外观与结构检查	√	√	√ a	√		√ *
2	安全防护	防护等级	√	√		√		
3		安全防护测试	√	√		√		
4	功能要求	保护及告警功能	√	√		√	√	
5		电源性能	√	√				
6		通信功能	√	√	√ a	√		
7		通讯功能	√	√	√ a	√		
8		电气参数测量	√	√		√		
9		人机交互	√	√		√		
10		节能模式	√	√		√		
11		定时开关机	√	√		√		
12		多机并联	√	√		√		
13		相序自适应	√	√		√		
14		SVG+电容运行	√	√		√		
15	性能要求	介电性能	√	√	√ a	√	√	
16		工作电压范围	√	√		√		
17		响应时间	√	√		√		
18		补偿能力	√	√		√		
19		无功补偿性能	√	√		√		
20		输出限幅	√	√		√		
21		电流畸变率	√	√		√		√ *
22		温升试验	√	√	√ a	√		
23		损耗试验	√	√		√		
24		噪声试验	√	√		√		
25		电气性能	√	√				
26		谐波电压影响	√	√				
27		机械操作	√	√		√		
28	可靠性试验	环境温度性能	√	√		√	√	
29		中性盐雾试验	√	√		√		
30		交变湿热	√	√		√	√	
31		高温耐久试验	√	√			√	
32		包装试验	√	√			√	
33	生产	版本读取试验			√ a			√ *
34		整机功能试验			√ a			√ *
35		生产工艺说明	系统审批					√ *
36		打标文件	系统审批					√ *
37		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(SVGC)生产工艺说明。

## 8.2 出厂试验

SVGC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，并应具有出厂合格证明。

每台SVGC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SVGC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SVGC上或相同设计，但不同编号的SVGC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	张晓宇	宗国强	宗国强	