

T/HBAS

湖北省标准化学会团体标准

T/HBAS 102—2025

高压构网型静止无功发生装置检修调试技术规范

Specification for operation and maintenance of GSSVG equipment
for high voltage network configuration

2025 - 02 - 14 发布

2025 - 03 - 14 实施

湖北省标准化学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 典型结构及组成设备 4

 4.1 总则 4

 4.2 常规一次设备 4

 4.3 IGBT 阀 4

 4.4 阀冷却系统 4

 4.5 控制保护系统 4

 4.6 其他二次设备 4

5 调试分类及要求 4

 5.1 调试工作分类 5

6 检修分类及要求 8

 6.1 检修工作分类 8

7 检修关键工艺及质量控制 9

 7.1 IGBT 阀 9

 7.2 阀冷却系统 10

 7.3 二次回路 12

 7.4 GSSVG 控制保护系统 13

 7.5 阀冷却控制保护系统 15

附录 A（资料性） 构网型静止无功发生器典型拓扑及保护配置 17

附录 B（资料性） 构网型静止无功发生器 IGBT 阀测试记录样例 18

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。

本文件由国网成都供电公司提出。

本文件由湖北省标准化学会归口。

本文件起草单位：国网四川省电力公司成都供电公司、南京南瑞继保电气有限公司

本文件主要起草人：廖学静、郑华、宋梁、闵锐、唐广瑜、蔡川、李享、毛义鹏、邓强强、廖立茜、程飞、王骏、隋天日、徐筱涛、冯若栩、魏鑫、周元伟、周波、李坚、陈鹏、蒋星然、胡杨、王启申、刘伟鹏、许蒙、金波、李政、杨兵、王辉

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省标准化学会，联系电话：027-88224504，邮箱：HBAS027@163.com；对本文件的有关修改意见建议请反馈至国网四川省电力公司成都供电公司，联系电话：15828196165，邮箱：zhouyuanwei2012@126.com。

高压构网型静止无功发生装置检修调试技术规范

1 范围

本文件规定了66kV电压等级构网型静止无功发生装置一、二次设备及相关辅助设备的检修调试策略、检修调试条件、检修调试项目及要求。

本文件适用于66kV高压构网型静止无功发生装置的检修调试,其他类型静止无功发生装置的检修调试可参照执行。

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 156 标准电压
- GB/T 311.1 绝缘配合第1部分:定义、原则和规则
- GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 22075 高压换流站的可听噪声
- GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分
- GB/T 29629 静止无功补偿装置阀冷却设备
- GB/T 50149 电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范
- DL/T 995 继电保护和电网安全自动装置检验规程
- DL/T 1010-2006 高压静止无功补偿装置
- DL/T 1193-2012 柔性输电术语
- DL/T 1215.5-2013 链式静止同步补偿器 第5部分:运行检修导则
- Q/GDW 11954-2019 高压柔性直流换流阀调试规程
- Q/GDW 12017 ±1100kV直流换流站设备检修规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

阀 valve

由电力电子器件及其辅助件组成的电气和机械联合体, 能实现单向或双向导通。

[来源: DL/T 1193-2012, 定义3.2.5]

3.2

绝缘栅极型晶体管 insulated gate bipolar transistor

一种电压型全控电力电子功率半导体器件, 兼有高输入阻抗和低导通电压两方面优点。

注: 以下简称为“IGBT”。

3.3

IGBT 阀 IGBT valve

电力电子器件为IGBT的阀。

[来源: DL/T 1193-2012, 定义3.2.7]

3.4

接口电抗器 interface reactor

连接与换流器与交流电网之间, 为换流器与交流电网间电能传输提供通路的电抗器。

[来源: DL/T 1193-2012, 定义3.3.11]

3.5

斜率 slope

装置的U/I特性曲线，容性和感性的线性可控范围内，电压变化和电流变化指标值的比较，一般以百分数表示。

3.6

静止无功发生装置 static var generator

由并联接入系统的电压源换流器构成，其输出的容性或感性无功电流在允许系统电压范围内连续可调且与系统电压无关。

注：以下简称为“SVG”。

3.7

构网型静止无功发生装置 grid supporting static var generator

采用链式（级联 H 桥）电压源换流器，可以构建并维持输出电压幅值，以电压源特性运行，主动支撑电网电压幅值的静止无功发生系统。

注：以下简称为“GSSVG”。

4 典型结构及组成设备

4.1 总则

GSSVG主要由常规一次设备、IGBT阀、阀冷却系统、控制保护系统以及其他二次设备组成，见附录A。

4.2 常规一次设备

4.2.1 进线一次设备

主要包括与母线连接的隔离开关、进线断路器、电流互感器、避雷器。

4.2.2 旁路一次设备

主要包括与电缆终端连接的隔离开关、旁路断路器、启动电阻、接口电抗器及管母线、避雷器、穿墙套管。

4.2.3 连接设备

主要包括连接进线一次设备和旁路一次设备所使用的高压电力电缆及电缆终端。

4.3 IGBT 阀

主要包括大功率电力电子器件IGBT、IGBT驱动电路、散热器、直流电容、控制板卡及其相关附属器件。

4.4 阀冷却系统

主要包括阀冷却管路、管路截流阀、阀冷却泵、阀冷却控制保护装置、室外散热器片、散热风机。

4.5 控制保护系统

主要包括主控制保护单元MCP、阀控制保护单元VBC、阀基控制单元VBI、阀组子模块控制保护子单元SMC、网络交换机和其他二次辅助装置。

4.6 其他二次设备

主要包括不间断电源屏、直流电源屏、光CT合并单元、光CT采集单元、断路器操作箱。

5 调试分类及要求

调试工作作为设备新安装后的重要检验手段，应在设备首次投入运行前开展，设备调试合格应作为设备可投入运行的必要条件之一。设备投入运行后，仅在开展A类检修完成后重新调试，B、C、D类检修内容仅需依照章节6的标准执行。

5.1 调试工作分类

调试工作分为两类：单体调试、系统调试。

5.1.1 单体测试

单体调试指在设备不带电的情况下，对GSSVG各子系统进行调试，验证各子系统的功能及回路。

5.1.1.1 单体调试项目及要求

单体调试工作应在设备安装完毕后进行，单体调试内容及要求见表1。

表 1 单体调试项目及内容表

序号	调试项目	调试内容	要求
1	电气一次	载流母排力矩和直阻测试	所有母排螺钉力矩值检验通过，母排接触面的接触电阻不大于 $10\ \mu\ \Omega$ 。
2		光纤通道监查	对工作波长为850nm的多模光纤，光衰值要求小于2dB。
3		相单元外观及连接检查	全部接线正确、可靠。所有螺栓连接是否紧固、无松动，相单元的空气距离和爬电距离足够、绝缘子表面无裂纹，冷却回路无阻塞、无泄漏，冷却回路的连结正确。
4		阀塔试验	电容电压充放电控制正常，且未发生任何子模块故障。
5		绝缘耐压试验	试验应无击穿、闪络现象，试验前后采用2500V兆欧表测量相单元对地的绝缘电阻，应不小于500M Ω ，试验前后应无明显变化。
6	控制保护系统	绝缘性能试验	所有导电回路与地或与地有良好接触的金属框架之间的绝缘电阻应不小于 20M Ω 。无电气联系的各导电回路之间的绝缘电阻应不小于 20M Ω 。
7		屏柜上电前检查	使用万用表测量各空开接触器下端的电阻值，无短路现象，测量交流空开的电压值及直流空开的电压值，误差均在 $\pm 10\%$ 内。核对控制装置型号，闭合装置电源后装置绿色运行灯亮。若配置双电源切换装置，装置面板显示正常，双电源切换装置切换逻辑正确。检查插座电压正常，检查散热风扇、防爆灯等正常工作。
8		开入监测试验	所有开入信号均正确采集。
9		开出控制试验	所有信号均能正确发出且被接收，遥控命令均能正确执行。
10		模拟量采样测试	模拟量采集误差 $\leq 0.5\%$ 。
11		互感器接口测试	装置读数与测试仪输出的电压或电流值一致。
12		通信接口试验	监控系统能够正确显示系统输入的信号及开关位置，监控系统发出的控制命令，控保系统能成功响应。
13		监测接口试验	能够正确显示与 GSSVG 相关输入节点信号和通讯信号，GSSVG 能正确监测到外部模拟信号。
14		保护试验	各项保护在达到保护定值前，均不动作；达到保护定值要求后，均可正常动作。
15		参数保持试验	所有需掉电保持的参数在掉电后参数应能完整保持。
16		定值整定核对	所有保护保护整定值与推荐设计值一致。
17	水冷系统	安装检验	冷却系统相关设施符合要求，安装方式与图纸一致。冷却设备安装检验后进行管路冲洗，冲洗完成后过滤器里应没有杂质颗粒残留。
18		电源检查	所有直流开关电源的输出与直流开关电源的铭牌标称应一致，显示及通讯功能正常。
19		辅助设备检查	所有阀门、闸门等部件的动作和位置正确，电动阀门能够根据设计条件准确开关。
20		水泵及风机检查	水泵和风机能够启动正常且旋转方向正确。
21		表计检查	冷却设备上的所有表计正常工作且与实际数值一致。
22		热交换器检查	热交换器以及所有管路连接处的压力正常。
23		绝缘电阻试验	绝缘电阻不低于 10M Ω 。
24		可触及金属部分接地电阻测量	接地电阻应不大于 0.1 Ω ，接地点应有明显的标志。
25		注水及通道冲洗试验	连续运行2h主过滤器压差一直保持在0.02MPa以内。连续运行

			4h, 拆开主过滤器, 主过滤器无肉眼可见杂质, 对主过滤器冲洗, 冲洗后的水无明显杂质。
26		不带阀压力试验	压力试验期间检查, 系统无渗漏, 压力下降小于0.1Mpa。
27		带阀冲洗及阀压力试验	压力试验期间检查, 系统无渗漏, 压力下降小于0.1Mpa。
28		电导率及冰点测试试验	电导率及冷却水冰点满足设计要求。电导率 $\leq 0.33 \mu\text{S/cm}$, 冰点约为-10摄氏度。
29		流量压力调节与定值校核试验	试验过程中未产生任何流量压力告警。
30		水冷系统控制与保护性能试验	模拟的故障与触发的报文内容一致, 同时触发的动作逻辑符合模拟故障。
31		连续运行试验	连续运行时间72小时, 在试验期间应无异常现象发生, 主水路无泄漏。整机运行时, 各部件无明显震动、无松动现象; 调整管路各阀门, 使冷却水流量、压力值能达到并稳定在设定值; 各仪器仪表、屏柜内元器件及控制保护装置运行正常; 系统密封性能良好, 各管路连接处无渗漏或泄漏; 主泵正常切换, 泵组运行平稳, 无异常噪声。

5.1.2 系统调试

指在设备带电的情况下, 对GSSVG成套系统进行调试, 验证成套系统工作性能。

5.1.3 系统调试项目及要求

系统调试工作应在单体调试完毕后进行, 系统调试内容及要求见表2。

表2 系统调试项目及内容表

序号	调试项目	调试内容	要求
1	顺控和联锁试验	顺控试验	系统能够按照顺控设置的次序完成命令执行流程, 各断路器、隔离开关、接地刀闸的分合顺序符合设计要求。
2		联锁试验	分别在满足和不满足断路器/隔离开关联锁的条件下, 进行手动和遥控分、合操作, 满足联锁条件执行, 否则不执行。
3	启动和停运试验	启动试验	合上进线断路器, 对处于闭锁状态的IGBT阀进行充电。合进线断路器前, 启动电阻应自动投入到充电回路中, 待建立起稳定的电容电压且满足其他必要解锁条件后, 旁路断路器自动闭合, 启动电阻被旁路, 完成充电过程。启动过程中, 各测点的电压、电流应满足设备规范书要求。
4		紧急停运试验	执行紧急停运操作, IGBT阀闭锁并断开进线断路器。
5		手动停运试验	执行手动停运操作, IGBT阀闭锁并断开进线断路器。
6	解锁试验	短时解锁试验	GSSVG处于跟网无功控制模式且充电已完成, 设定GSSVG输出无功参考值为0, 短时解锁GSSVG, 修改解锁时间多次重复试验, 解锁时间从短到长逐步增加, 解锁时间为10ms、50ms、100ms、1s。
7		跟网模式长时解锁试验	GSSVG处于跟网无功控制模式且充电已完成, 设定GSSVG输出无功参考值为额定值的10%, 解锁GSSVG。
8		构网模式长时解锁试验	GSSVG处于构网控制模式且充电已完成, 设定GSSVG输出无功参考值为额定值的10%, 解锁GSSVG。
9	跟网控制试验	无功模式稳态试验	GSSVG处于跟网无功控制模式且充电已完成, 设定GSSVG手动输出无功参考值, 解锁GSSVG。修改输出无功参考值多次重复试验, 输出无功参考值0MVar、30MVar、60MVar、30MVar、0MVar、-30MVar、-60MVar、-30MVar、0MVar, 每个运行点持续2分钟。
10		无功模式阶跃试验	GSSVG处于跟网无功控制模式且充电已完成, 设定GSSVG手动输出无功参考值, 解锁GSSVG, 待输出无功稳定后, 更改输出无功参考值。设置无功参考值从0MVar阶跃至60MVar、由60MVar阶跃至0MVar、由0MVar阶跃至-60MVar、由-60MVar阶跃至0, 每个运行点持续2分钟。
11		电压模式稳态试验	GSSVG处于跟网电压控制模式且充电已完成, 设定GSSVG电压控制点处电压参考值, 解锁GSSVG。修改输出电压参考值多次重复试验, 分别设置500kV电压参考值比当前系统电压值小5kV、10kV、0kV, 以及比当前系统电压值大5kV、10kV、0kV, 每个运行点持

			续2分钟。
12	构网控制试验	电压模式阶跃试验	GSSVG处于跟网电压控制模式且充电已完成, 设定GSSVG电压控制点处电压参考值, 解锁GSSVG, 待输出无功稳定后, 更改电压参考值。分别设置500kV母线电压参考值从当前值阶跃到比当前值小5kV、恢复后再阶跃至比当前值大5kV, 每个运行点持续2分钟。
13		电压模式电压斜率试验	GSSVG处于跟网电压控制模式且充电已完成, 设定GSSVG电压控制点处电压参考值, 解锁GSSVG, 待输出无功稳定后, 通过逐步增加/减小参考电压值来调节GSSVG的无功功率输出, 直到获得SVG最大容性/感性无功功率输出, 根据试验结果计算电压斜率。
14		无功模式稳态试验	GSSVG处于构网控制模式且充电已完成, 设定GSSVG输出无功参考值, 解锁GSSVG。修改输出无功参考值多次重复试验, 输出无功参考值0MVar、30MVar、60MVar、30MVar、0MVar、-30MVar、-60MVar、-30MVar、0MVar, 每个运行点持续2分钟。
15		电压模式稳态试验	GSSVG处于构网控制模式且充电已完成, 设定GSSVG电压控制点处电压参考值, 解锁GSSVG。修改输出电压参考值多次重复试验, 分别设置500kV电压参考值比当前系统电压值小5kV、10kV、0kV, 以及比当前系统电压值大5kV、10kV、0kV, 每个运行点持续2分钟。
16	构网控制试验	无功模式阶跃试验	GSSVG处于构网控制模式且充电已完成, 设定GSSVG输出无功参考值, 解锁GSSVG, 待输出无功稳定后, 更改输出无功参考值。设置无功参考值从0MVar阶跃至60MVar、由60MVar阶跃至0MVar、由0MVar阶跃至-60MVar、由-60MVar阶跃至0, 每个运行点持续2分钟。
17		电压模式阶跃试验	GSSVG处于跟网电压控制模式且充电已完成, 设定GSSVG电压控制点处电压参考值, 解锁GSSVG, 待输出无功稳定后, 更改电压参考值。分别设置500kV母线电压参考值从当前值阶跃到比当前值小5kV、恢复后再阶跃至比当前值大5kV, 每个运行点持续2分钟。
18		电压斜率试验	GSSVG处于构网控制模式且充电已完成, 设定GSSVG电压控制点处电压参考值, 解锁GSSVG, 待输出无功稳定后, 通过逐步增加/减小参考电压值来调节GSSVG的无功功率输出, 直到获得SVG最大容性/感性无功功率输出, 根据试验结果计算电压斜率。
19		跟网无功/构网互切换试验	将GSSVG控制模式由跟网无功控制切换至构网控制模式, 再切换回跟网无功控制模式。
20	控制模式切换试验	跟网电压/构网互切换试验	将GSSVG控制模式由跟网电压控制切换至构网控制模式, 再切换回跟网无功控制模式。
21		跟网无功/跟网电压试验	将GSSVG控制模式由跟网无功控制切换至跟网电压控制模式, 再切换回跟网无功电压控制模式。
22	AVC控制试验	跟网模式AVC指令接收	GSSVG在跟网无功控制模式下, 手动无功输出参考值为0, 投入AVC控制模式, 已解锁。AVC主站设置下发给GSSVG指令为无功指令, 检查GSSVG实际输出无功情况。
23		构网模式AVC指令接收	GSSVG在构网控制模式下, 手动无功输出参考值为0, 投入AVC控制模式, 已解锁。AVC主站设置下发给GSSVG指令为无功指令, 检查GSSVG实际输出无功情况。
24		AVC控制下跟网无功/构网切换	GSSVG在跟网无功控制模式下, 手动无功输出参考值为0, 投入AVC控制模式, 已解锁。AVC主站设置下发给GSSVG指令为无功指令, 并同步开展跟网无功/构网模式切换, 检查GSSVG实际输出无功情况。
25	系统小扰动试验	系统小扰动试验	GSSVG在构网控制模式下, 无功输出参考值为0, 已解锁, 通过投切电容/电抗的方式模拟系统在0.9p.u至1.1p.u小扰动, 验证构网SVG暂态影响特性。
26	热运行试验	热运行试验	通过调节无功指令值, 使GSSVG分别运行在感性、容性过负荷状态下, 测量SVG电能质量、温升及噪声情况, 包括以下步骤: 1) 在空载、容性无功输出、感性无功输出状态下, 分别测量GSSVG投入前、后接入点的电能质量水平; 2) GSSVG运行在感性、容性过负荷条件下, 对IGBT阀、接口电抗器、套管及母线连处等潜在的发热点进行检查、检验; 3) GSSVG运行在感性、容性过负荷条件下, 对噪声和干扰进行测试。

			量。 此外，过负荷状态结合GSSVG输出能力与实际电网情况综合选取。
--	--	--	---------------------------------------

6 检修分类及要求

6.1 检修工作分类

检修工作分为四类：A类检修、B类检修、C类检修、D类检修。

6.1.1 A类检修

A类检修指整体性检修。

6.1.1.1 检修项目

包含GSSVG的常规一次设备、IGBT阀、阀冷却系统、控制保护系统整体更换、解体检修。

6.1.1.2 检修周期

按照设备实际运行状态决策进行，宜12~15年进行相关检修工作。

6.1.2 B类检修

B类检修指局部性检修。

6.1.2.1 检修项目

包含构网型静止无功发生装置的常规一次设备、IGBT阀、阀冷却系统、控制保护系统的解体检查、维修及更换。

6.1.2.2 检修周期

按照设备实际运行状态决策进行，在设备出现故障应查明具体原因时开展。

6.1.3 C类检修

C类检修指例行检修及试验。

6.1.3.1 检修项目

C类检修项目如下：

- a) GSSVG 装置的二次屏柜：操作柜、控制保护柜、光 CT 采集柜、光 CT 合并单元柜、后台工控主机及交换机、二次端子箱、通讯光纤、网线等配套设备的检修；
- b) 直挂式 GSSVG 主要针对进线断路器、隔离开关、电流互感器、高压电缆及电缆终端、启动电阻、旁路断路器、接口电抗器、穿墙套管、避雷器、支柱绝缘子、母线等配套设备的检修。降压式 GSSVG 主要针对降压变压器、连接断路器、隔离开关及相应支撑绝缘子等配套设备的检修；
- c) 户外连接回路的回路电阻阻值检测、通讯光纤功率损耗测试；
- d) 功率模块清灰除尘、绝缘子表面的去污，阀厅内清洁度检查维护；
- e) 阀塔基础检查，绝缘拉杆、设备构架个螺栓连接检查；
- f) 阀冷却系统的检修。

6.1.3.2 检修周期

检修周期具体要求如下：

- a) 基准周期推荐为 1 年；
- b) 新投运设备一年内应进行一次 C 类检修；

- c) 依据 GSSVG 装置运行状态、运行环境情况，在基准周期的基础上可适当缩短检修周期。在装置发生故障跳闸或者因其他原因导致装置退出运行时，在装置故障处理的同时进行 GSSVG 装置的检修工作。

6.1.4 D 类检修

D类检修是指在不停电状态下进行的检修及检测。

6.1.4.1 检修项目

包含专业巡视、GSSVG控保系统以及冷却控保及其他不停电的检修工作。

6.1.4.2 检修周期

依据设备运行工况，及时安排，保证设备正常功能。

7 检修关键工艺及质量控制

7.1 IGBT 阀

单向阀塔典型结构见图1。



图 1 单相阀塔典型结构

7.1.1 安全注意事项

在IGBT阀上工作应注意以下安全措施：

- 工作前应待 GSSVG 阀组、各高压设备充分放电，所有带电部分经验电合格后方可进行工作；
- 检修过程中，应使用满足 GB 26860《电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》的安全工器具、施工器具和测量仪器；
- 检修人员满足电力安全工作规程要求，熟悉设备的结构原理和功能特点；
- 对 GSSVG 阀段进行吊装，必要时需使用缆风绳控制方向，并设专人指挥；
- 拆、装 GSSVG 二次电缆、光纤时应做好防护、防尘措施；
- 其他安全注意事项参考 GB 26860《电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》。

7.1.2 IGBT 阀拆卸

7.1.2.1 在拆卸前，检查并紧固吊装工装的所有螺栓、螺母及卸扣，在拆卸过程中须保持吊装工装的平衡及稳定，并使用合格的吊具。

7.1.2.2 拆卸连接铜排、搬运阀时，应避免 IGBT 阀铜排受力造成阀内部元件损坏。

7.1.2.3 IGBT 阀的拆卸步骤如下：

- 将 GSSVG 转入检修状态，放电约 30 分钟后开始拆卸工作；
- 拆卸 IGBT 阀的尾纤；

- c) 拆除阀塔的均压环；
- d) 拆除 IGBT 阀与阀塔本体的固定螺丝；
- e) 拆除 IGBT 阀的连接铜排；
- f) 在吊装工装内固定 IGBT 阀限位螺丝；
- g) 利用吊具将 IGBT 阀吊至地面。

7.1.3 IGBT 阀安装

7.1.3.1 在安装前, 检查并紧固吊装工装的所有螺栓、螺母及卸扣, 在安装过程中须保持吊装工装的平衡及稳定, 并使用合格的吊具

7.1.3.2 安装连接铜排、搬运阀时, 应避免 IGBT 阀铜排受力造成阀内部元件损坏。

7.1.3.3 IGBT 阀的安装步骤如下:

- a) 在吊装工装内固定 IGBT 阀限位螺丝。
- b) 起吊 IGBT 阀, 并运送至阀塔指定位置。
- c) 调整 IGBT 阀, 对准安装导轨。
- d) 拆除 IGBT 阀的限位螺钉, 推入阀塔。
- e) 安装 IGBT 阀的连接铜排, 连接螺钉按照规定的力矩进行紧固, 力矩要求为 $10\text{N} \cdot \text{m}$ 。
- f) 检查连接铜排及螺钉距 IGBT 阀外壳的间距大于 1cm 。
- g) 检查连接铜排距 IGBT 阀水管的间距大于 1cm 。
- h) 清洁尾纤接口端面。
- i) 敷设 IGBT 阀 SMC 板卡至 VBC 装置的尾纤。
- j) 检查尾纤与铜排之间间隙大于 1cm 。
- k) 检查尾纤未触及其他 IGBT 阀的外壳。

7.1.4 IGBT 阀水管安装

对于GSSVGIGBT阀, 其水管安装过程如下:

- a) 将水接头螺母和喉箍依次穿到水管上;
- b) 检查水管端部抵到水接头本体导向圆管的根部;
- c) 紧固水接头螺母, 使水管与水接头本体对接, 禁止通过拧水接头螺母将喉箍抵进水接头本体密封端面处;
- d) 安装力矩要求: 本体力矩: $4\text{N} \cdot \text{m}$; 水接头盖帽力矩 $3.54\text{N} \cdot \text{m}$ 。

7.1.5 IGBT 阀功能测试

使用模块测试仪对阀功能进行测试, 各功能应测试通过, 记录试验结果, 记录样表见附件3。功能测试结束后, 保持模块测试仪继续工作, 从GSSVG监控后台的功率柜监视画面查看各IGBT阀状态, 记录IGBT阀电压和温度值, 记录样表见附件4。子模块直流电压 $450\text{V} \pm 5\text{V}$, 温度 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 。

7.2 阀冷却系统

7.2.1 安全注意事项

- 7.2.1.1 所有的维护、检查和安装工作应由检修人员按照设备说明书或在厂家人员指导下执行。
- 7.2.1.2 维护时必须将泵冷却至室温, 释放泵内压力, 并排干泵内介质。
- 7.2.1.3 只有当泵处于停机状态时, 才可以对其进行操作。

7.2.2 阀冷却系统检修项目、基准周期及要求

阀冷却保护系统检修项目、基准周期及要求应符合表3。

表 3 阀冷却系统检修项目、基准周期及要求

序号	项目	基准周期	要求
1	主泵添加锂基脂	1 年	主泵运行无金属摩擦异响

2	主泵年检(轴承检查与对中)	1 年	轴承无偏移
3	主泵年检更换机封	2 年	主泵长期运行无漏水
4	主过滤器清洗	1 年	运行期间“主过滤器压差”低于 0.02MPa
5	树脂更换	2 年	电导率低于 0.5us/cm
6	补水泵检查机封、轴承	1 年	机封完好, 补水泵长期运行无漏水, 轴承无偏移
7	稳压系统检查	1 年	氮气瓶压力高于 1mpa
8	精密过滤器清洗	1 年	更换精密过滤器滤芯, 运行期间无异响, 无渗水
9	外冷进风口污秽检查	1 周	进风口无可见异物
10	空冷器清洗	2 月	翅片无堵塞, 空气流通正常

7.2.3 主泵维护

7.2.3.1 维护操作顺序

具体维护应按以下顺序分步进行:

- 确认被维护的主循环泵已处于备用状态。将被维护的主循环泵动力断路器、控制断路器、安全开关断开。
- 将被维护的主循环泵进出口阀门关闭。
- 对被维护的主循环泵进行维护。
- 维护完毕后将主循环泵进出口阀门打开。
- 将主循环泵安全开关、动力断路器、控制断路器合闸。测试被维护的主循环泵, 确认工作正常。

7.2.3.2 主循环泵电机的维护

7.2.3.2.1 在启动泵维护之前, 确保所有与泵相连的电源都完全关闭, 且已执行防意外合闸安全措施。

7.2.3.2.2 若泵将排尽水且长期不再使用, 应拆掉泵的联轴器保护盖, 在泵端部和连接之间的轴上涂抹硅树脂油, 防止轴封的粘结。

7.2.3.2.3 对于泵的电机轴承, 应满足: 若电机无加油孔, 则无需维护; 若电机无加油孔, 应使用符合设备要求的润滑脂进行润滑, 电机锂基脂添加周期为三个月; 若泵为季节性的使用或电机空闲时间超过 6 个月, 当泵停止工作时宜为电机添加润滑脂。

7.2.4 离子交换器维护

7.2.4.1 树脂维护

去离子回路的树脂采用的是免维护型混床树脂, 在使用寿命内无需对树脂进行维护。具体使用寿命取决于补给的原水水质, 若水质电导率过高会大大缩短树脂的寿命。当系统有电导率偏高报警, 需要进行更换树脂或系统投运 2 年建议更换树脂。

7.2.4.2 树脂更换

树脂更换步骤应按如下操作有序进行:

- 关闭离子交换器进口球阀及出口球阀, 打开离子交换器下部侧面排水阀门, 排空内部积水及树脂。
- 松开离子交换器上端进口球阀内侧重型卡箍或由任接头, 取下该段管路。

- c) 拆下交换器前, 法兰上应标记力矩线, 拧松法兰螺栓进行拆除, 法兰螺栓应按对角线均匀松开, 拆除离子交换器上封头法兰组件。
- d) 用纯水清除残余树脂, 添加新树脂, 添加过程中不可使树脂强烈振动, 添加树脂面高度不低于 700mm。
- e) 用纯水清洗密封圈和法兰上树脂, 注意法兰安装方向, 注意按对角线均匀拧紧螺栓。
- f) 所拆卸部件重新装入管路中, 连接各处重型卡箍, 依次恢复上述各球阀至工作位置, 并确保去离子之路流量恢复至初始流量。

注: 更换工作应注意, 树脂须采用非再生混床树脂, 且施工环境、人员必须严格洁净, 物料的临时存放处也须严格洁净, 工作过程中, 应穿戴橡胶手套及安全眼镜, 更换后的树脂应采用焚烧的处理方式进行处理, 避免对环境造成污染。

7.2.5 过滤器检修及维护

7.2.5.1 主过滤器维护

在日常巡检过程中, 如发现正在运行的主过滤器压差大于正常运行值, 则要对其进行清洗和维护。过滤器压差值的大小可以根据对应过滤器的压差表、压力表等得出。具体操作步骤如下:

- a) 关闭主水泵进出水口蝶阀; 关闭水风换热器进、出水口阀门; 关闭阀组进、出水口蝶阀; 关闭去离子管路球阀;
- b) 打开该封闭管段内的排水阀, 排完管路及过滤器内的冷却介质, 排空后应无介质流出;
- c) 松开主过滤器端部的连接法兰螺钉或重型卡箍, 取出主过滤器内的滤芯, 清理并检查滤芯上的异物, 用自来水由内至外冲洗, 使用高压水枪进行冲洗, 边冲洗边用刷子刷至干净为止; 如果滤芯污垢严重或破损, 无法清理干净, 则需更换备用滤芯;
- d) 清洗完毕后, 用纯净水漂洗 1~2 遍, 并将安装滤芯的主过滤器本体的管道内部冲洗干净, 将滤芯装回主过滤器本体中, 安装并拧紧连接法兰螺钉或重型卡箍;
- e) 注意法兰和滤芯密封面间的密封面, 紧固后, 保证各连接处严密无渗漏;
- f) 依次恢复上述排水阀、球阀及蝶阀至工作位置。

7.2.5.2 补水支路过滤器维护

补水支路过滤器维护具体操作如下:

- a) 关闭补水罐下端进水球阀。
- b) 拧开精密过滤器滤筒, 取出滤芯。
- c) 用自来水冲刷滤芯。
- d) 清洗完毕后, 再将新滤芯装回过滤器, 用套筒扳手进行紧固, 过程中注意安装滤芯螺纹部分的密封圈, 如有损坏也应更换。
- e) 恢复补水罐下端球阀至工作位置, 并在系统运行后检查去离子支路流量是否在规定范围内。
- f) 使检修后的过滤器在运行状态, 观察接口处是否有渗漏, 如有渗漏需继续紧固至无渗漏状态。

7.2.5.3 去离子支路精密过滤器维护

去离子支路精密过滤器维护具体操作如下:

- a) 关闭离子交换器底部出口球阀; 关闭去离子支路球阀。
- b) 松开去离子支路精密过滤器两端的重型卡箍, 松开前应做好防护措施。
- c) 取出滤芯, 冲洗滤筒, 更换滤芯。
- d) 装入精密过滤器, 拧紧其两端的重型卡箍。
- e) 恢复离子交换器底部出口球阀、去离子支路球阀至工作位置, 并在系统运行后检查去离子支路流量是否在规定范围内。
- f) 使检修后的过滤器在运行状态, 观察接口处是否有渗漏, 如有渗漏需继续紧固至无渗漏状态。

7.3 二次回路

7.3.1 安全注意事项

在二次回路上工作应注意以下安全措施:

- a) 运行回路和检修回路应设置明显的标志以示区分。
- b) 若一次设备运行，应将工作回路与运行回路完全断开。
- c) 执行安全措施时，宜遵循解开的二次线不带电，带电的二次线保留在端子上的原则。
- d) 工作前应将可能接触到的屏柜内元件用绝缘胶布或绝缘挡板等进行严密的物理隔离。
- e) 安全措施设置时，应保证至少两个明显断开点。
- f) 电压二次回路上工作时，不能将电压二次回路的永久接地点断开，应有防止反送电至一次的隔离措施，严防短路或接地。
- g) 电流二次回路上工作时，不能将电流二次回路的永久接地点断开，短接二次回路应用短接片或导线压接，严禁使用导线缠绕的方式，在运行电流回路上作业时应铺设绝缘垫。

7.3.2 二次回路检修项目、基准周期及要求

二次回路例行项目、基准周期及要应符合表4。

表 4 二次回路例行检修项目、基准周期及要求

序号	项目	基准周期	要求
1	根据图纸检查二次接线正确	1 年	1) 图纸应为竣工最终版。 2) 端子两侧接线、短接片等与图纸应完全相符。 3) 线芯号头清晰完整无误，包括回路号、电缆号以及端子号。 4) 正负间、不同相别间应有隔片。
2	二次接线紧固	1 年	1) 螺丝应紧固无松动锈蚀。 2) 进线开关 CT 接线盒密封良好。
3	回路绝缘测试	1 年	1) 进行绝缘测试前，须确保该回路无电。 2) 使用 500V/1000V 绝缘摇表测量时，对地电阻应不小于 $20\text{M}\Omega/10\text{M}\Omega$ 。 3) 电压、电流回路绝缘检查结束后，应再次进行对地绝缘测试，其结果应为 0Ω ，以确保二次接地恢复正确。
3	开关跳合闸线圈电阻测量	1 年	1) 测量前须断开控制电源。 2) 跳合闸线圈电阻应处于出厂值的 95%到 105%。 3) 跳合闸回路电流满足跳合闸要求。
4	开关机构防跳	1 年	1) 开关合位试验时，开关只有跳闸一次动作。 2) 开关分位试验时，开关有合闸再分闸动作。
5	开关机构三相不一致	1 年	1) 三相不一致回路满足要求，无误动的风险。 2) 三相不一致动作时间与整定值一致。
6	进线开关 CT 直阻测试	1 年	三相电流直阻阻值无明显差异。
7	接地点检查	1 年	电压、电流回路接地点应可靠唯一。
8	电压二次回路加压	1 年	1) 在 PT 智能控制柜处施加电压。 2) 各装置电压显示与施加量一致。 3) 继电保护测试仪无短路告警。
9	电流二次回路通流	1 年	1) 在进线开关端子箱处施加电流。 2) 二次回路各装置电流显示与施加量一致。 3) 继电保护测试仪无开路报警。
10	光纤测试	1 年	1) 光纤接口紧固可靠，标签清晰完整无误。 2) 光纤弯曲留有一定弧度。 3) 备用光纤有防尘帽。 4) 1310nm 和 850nm 光纤回路的衰耗不应大于 3dB。 5) 1310nm 光纤光功率正常范围：光纤发送功率检查：-20dBm~-14dBm；光接受灵敏度：-31dBm~-14dBm。 6) 850nm 光纤光功率正常范围：光纤发送功率检查：-19dBm~-10dBm；光接受灵敏度：-24dBm~-10dBm。

7.4 GSSVG 控制保护系统

7.4.1 安全注意事项

7.4.1.1 开展工作前确保是本次工作的范围，严禁误入运行间隔。

7.4.1.2 若屏内存在运行设备，应将屏内运行设备相关或带电的端子用红色绝缘胶布封闭，工作中严禁误碰运行回路。

7.4.1.3 插拔光纤时严禁暴力施工损坏光口或光纤。

7.4.1.4 严禁造成直流接地或短路。

7.4.1.5 使用的工器具应做好绝缘措施。

7.4.1.6 控保程序升级过程中严禁给装置断电。

7.4.1.7 若对 GSSVG 开展不停电工作时，严禁私自打开停机、紧急停机遮盖，严禁误碰跳闸回路。

7.4.2 控制保护系统检修项目、基准周期及要求

控制保护系统检修项目、基准周期及要求应符合表5，若核心设备突发故障，相关辅助设备配合开展检修工作，并重新进入检修周期。

表 5 GSSVG 控制保护系统检修项目、周期及要求

序号	项目	基准周期	标准和要求	说明
1	外观、接线检查			
1.1	装置及板卡外观检查	1年	装置及板卡各部件安装牢固，外观良好无异常，无报警；风扇运行正常，无异响；各状态指示灯指示正常。	
1.2	端子排检查	1年	1) 端子排应无损坏，固定牢固。 2) 端子应有序号，便于更换且接线方便。 3) 检查屏柜内电压、电流、开入、开出等关键回路端子是否压接牢固，接线是否松动。	
1.3	接地检查	1年	1) 屏柜接地铜排应用截面不小于50mm ² 的铜缆与保护室内的等电位接地网可靠相连。 2) 电缆屏蔽层应使用截面不小于4mm ² 多股铜质软导线可靠连接到等电位接地铜排上。 3) 屏柜的门等活动部分应使用不小于4mm ² 多股铜质软导线与屏柜体良好连接。	
1.4	切换开关、按钮、键盘操作灵活性检查	1年	1) 切换开关等应操作灵活。 2) 对于涉及启动、跳闸功能的按钮，应有防误操作措施。	
1.5	电源插件额定工作电压检查	1年	电源插件工作电压应符合技术规范要求。	
1.6	装置电源独立检查	1年	1) 装置电源独立，具备两段直流电源输入能力。 2) 两段直流电源分别来自直流 I 段与 II 段。	
1.8	装置及板卡型号检查	1年	装置及板卡型号应与设计相符。	
1.9	装置及板卡固化软件版本号检查	1年	装置及板卡固化软件版本号与厂方提供盖章资料相符。	
2	设备清扫			
2.1	屏柜	1年	防静电吸尘器应可靠接地。	
2.2	装置及板卡	1年	1) 清扫装置时，必须关掉装置电源，并佩戴防静电护腕，防止静电损坏板卡。 2) 防静电吸尘器应可靠接地。	
3	封堵检查	1年	屏柜内底部应安装防火挡板，密封良好，美观大方。	
4	主机通电检查	1年	1) 主机应能正常工作，程序运行正常，无异常告警。 2) 各类通信正常，GSSVG监控后台与变电站监控后台均无异常信号发出。 3) 按键、按钮功能正常，能够灵活使用。 主机时钟与同步时钟核对一致。	
5	同步时钟对时检查	1年	统一对时应为北京时间，符合相关标准要求。	
6	GSSVG控制保护系统单体验试			
6.1	模拟量采样测试	1年	1) 控保装置对各侧电压、电流模拟量采样幅	由设备运行维

			值和相位与所加电压电流大致一直。 2) 电压模拟量在0.5~1.2pu时的测量和转换量值误差应不超过0.3%，角度误差不超过0.1°。 3) 电流模拟量在0.05~1.2pu时的测量和转换量值误差应不超过0.5%，角度误差不超过0.5°。	护单位开展
6.2	阀主保护装置（PCP）开入、开出以及保护逻辑测试	1年	1) 各开入、开出功能正常切与后台现实一致无误。 2) 根据说明书逻辑框体进行对应保护逻辑的验证。 3) 对定值边界进行验证。 4) 对带有方向的保护须验证其方向。 5) 所有保护均需开展验证试验。 6) 须对装置闭锁跳闸、阀冷却故障跳闸、人工急停手动跳闸等非电量保护逻辑进行验证。	
6.3	值班备用状态切换逻辑测试	1年	1) 手动切换试验正常。 2) 故障切换试验，紧急故障、严重故障、轻微故障切换逻辑应与说明书一致。	
6.4	整组传动	1年	1) 整组传动须放在所有检修工作完成后开展。 2) 整组传动完成后一般不能再进行检修工作，若必须开展，则再次开展整组传动试验。 3) 传动过程须有工作人员守在现场，传动前告知周围人员。	保护逻辑修改或跳闸回路拆接线必须开展，确保跳闸功能正常
6.5	定值核对	1年	所有工作完成后须将SVG控保装置内的定值全部打印，逐项与调度下发的定值单核对，完成后做好签名、时间记录。	

7.5 阀冷却控制保护系统

7.5.1 安全注意事项

- 7.5.1.1 开展工作前确认工作范围，严禁误入运行间隔。
- 7.5.1.2 若屏内存在运行设备，应将屏内运行设备相关或带电的端子用红色绝缘胶布封闭，工作中严禁误碰运行回路。
- 7.5.1.3 插拔光纤时严禁暴力施工损坏光口或光纤。
- 7.5.1.4 严禁造成直流接地或短路。
- 7.5.1.5 使用的工器具应做好绝缘措施。
- 7.5.1.6 阀冷却控保程序升级过程中严禁给装置断电。
- 7.5.1.7 GSSVG 运行时，严禁开展影响阀冷却系统正常工作的工作。

7.5.2 阀冷却控制保护系统检修项目、基准周期及要求

阀冷却控制保护系统检修项目、基准周期及要求应符合表6。

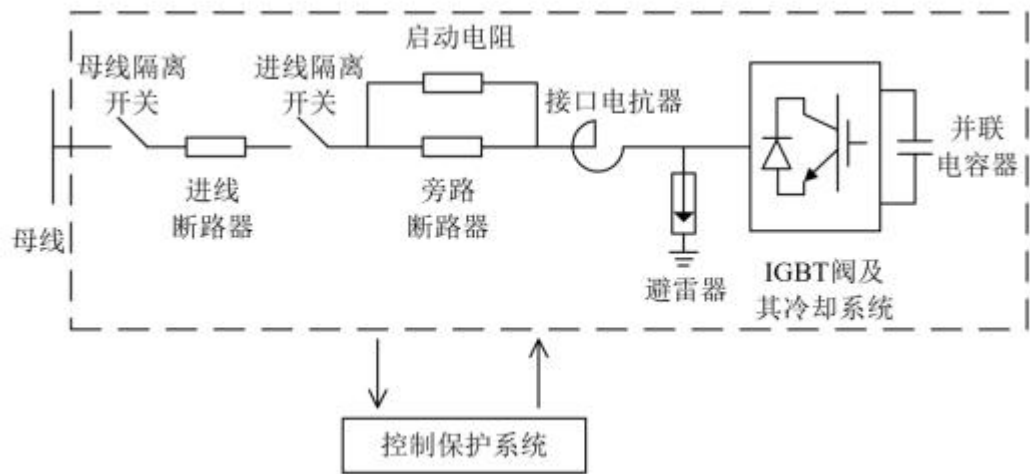
表 6 阀冷却控制保护系统检修项目、周期及要求

序号	项目	基准周期	要求	说明
1	装置检查	1年	1) 装置指示灯、液晶显示、插座电压、散热风扇、防爆灯等正常。 2) 装置可靠接地。 3) 所有的压板，端子排，指示灯，切换开关和按钮的标签清晰完整无误。 4) 程序版本与厂家提供盖章文件上一致。 5) 对时无异常，为北京时间。	

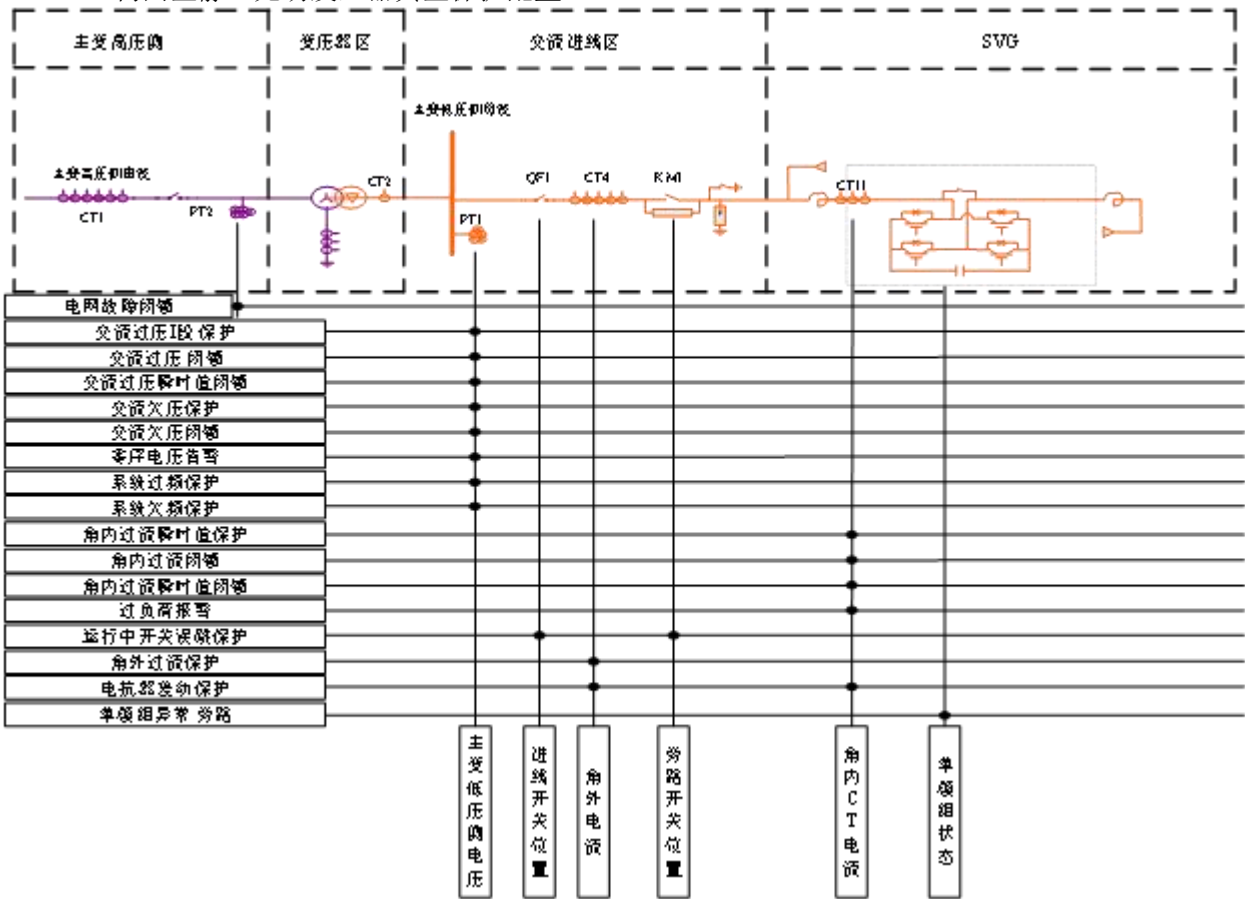
2	双电源切换	1年	1) 双电源切换装置面板显示正常。 2) 双电源切换装置切换逻辑正确。	
3	模拟量检查	1年	1) 装置面板显示数值与仪表显示一致。 2) 两套阀冷却控保单元的显示结果相差不大。	
4	开关量检查	1年	开入量应实际试验模拟, 若不能则从源头短接, 验证回路的正确性。	
5	开出量检查	1年	装置开出只有值班主机出口。试验时, 分别用出口传动的方式测试每套主机的出口回路是否正确, 应直接检查对应主泵、风机等是否正确动作, 严禁只量端子排。	
6	冗余系统主备切换	1年	主水泵与备用水泵切换逻辑正确。	
7	模拟试验	1年	1) 须在阀冷却自动运行状态开展。 2) 开展试验前确保系统稳定运行, 装置无报警。 3) 试验过程遵循厂家提供的阀冷却却系统现场试验规范逐步开展。 4) 试验结果应与阀冷却却系统现场试验规范一致。	
8	通讯与系统联调试验	1年	1) 与后台通讯试验正常, 后台无阀风相关告警等异常信号。 2) 与阀控装置上行、下性、请求停阀冷却功能、请求跳闸功能、阀冷不可用信号均正常。	
9	连续运行试验	1年	1) 在无任何异常告警的情况下进行连续运行6小时试验。 2) 确保主泵进口蝶阀、进出空冷器蝶阀、进出阀蝶阀全开。 3) 主泵切换定值修改为1h。 4) 整机运行时, 各部件无明显震动、无松动现象。 5) 整机运行时, 调整管路各阀门, 使冷却水流量、压力值达到并稳定在设定值。 6) 各仪器仪表、屏柜内元器件及控制保护装置运行正常。 7) 系统密封性能良好, 各管路连接处无渗漏或泄漏。 8) 整机运行期间, 主泵正常切换, 泵组运行平稳, 无异常噪声。	连续控制期间应无异常告警, 检查各个管路, 无漏水, 对运行水泵泵体通过排气嘴查看有无存气并及时排气。

附录 A
(资料性)
构网型静止无功发生器典型拓扑及保护配置

A.1 构网型静止无功发生器典型拓扑



A.2 构网型静止无功发生器典型保护配置。



附 录 B
(资料性)
构网型静止无功发生器 IGBT 阀测试记录样例

表 B.1 IGBT 阀功能测试记录样例

模组编号	试验结果	模组编号	试验结果	模组编号	试验结果
A1	通过	B1	通过	C1	通过
A2	通过	B2	通过	C2	通过

表 B.2 IGBT 阀电压和温度值检测记录样例

模组 编号	直流电压(V)	温度 (℃)	模组 编号	直流电压(V)	温度 (℃)	模组 编号	直流电压(V)	温度 (℃)
A1	454	27	B1	454	26.2	C1	455	27.1
A2	449	27.5	B2	452	26.1	C2	449	26.4