

# 中卫恒基光伏电站 SVG 高低穿及耐频改造

## Transformation of SVG High and Low Penetration and Frequency Tolerance of Zhongwei Hengji Photovoltaic Power Station

李岩

Yan Li

国家电投集团北京电力有限公司宁夏京银智慧新能源有限公司 中国·宁夏 银川 750000

SPIC Beijing Electric Power Co., Ltd. Ningxia Jingyin Smart New Energy Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

**摘要:** 通过对中卫恒基光伏电站无功补偿装置的具体情况分析,对 SVG 高低穿改造及耐频改造采取增加功率单元模块及提高控制器计算速度的策略,更好地控制暂态过程中 SVG 的响应特性,使得设备能够更稳定地度过高低电压穿越状态,稳定控制参数及指标,达到国家电网公司对新能源发电站无功补偿装置的要求。

**Abstract:** Through the analysis of the specific situation of the reactive power compensation device of Zhongwei Hengji Weiye photovoltaic power station, the strategy of increasing the power unit module and increasing the calculation speed of the controller is adopted for the SVG high and low penetration transformation and frequency withstand transformation to better control the SVG in the transient process. The response characteristics of the device enable the equipment to pass the high and low voltage ride-through state more stably, stabilize the control parameters and indicators, and meet the requirements of the State Grid Corporation of the reactive power compensation device of the new energy power station.

**关键词:** SVG; 高穿; 低穿; 耐频

**Keywords:** SVG; high penetration; low penetration; frequency tolerance

**DOI:** 10.12346/etr.v3i6.3703

## 1 引言

随着新能源装机容量逐渐增大,新能源发电又具体特殊性,为保证国家电网安全稳定运行对无功补偿装置(SVG)提出了更高的要求,论文通过对中卫恒基光伏电站的具体情况,及国家电网公司的要求对无功补偿装置(SVG)进行了针对性的改造。

## 2 为什么要进行 SVG 高低穿改造及耐频改造

中卫恒基光伏电站 SVG 设备为 10kV 电压等级的降压设备,链式功率模块数量为 10 级。在设计选型时,已考虑耐频性能,能够在要求的频率范围内连续运行。但不满足耐压要求,不能够在高电压穿越下的过压工况 1 连 1 续运行。通常来说,高电压穿越工况、低电压穿越工况以及频率改变

工况,都是电网因为某些原因发生了异常,导致电网电压及频率迅速变化,SVG 设备控制器的锁相环及电流环控制速度如果较慢,不能快速跟踪电网电压及频率的变化,就会导致控制异常,设备发生过流或者功率单元过压的故障,进而设备保护动作跳闸。

## 3 SVG 高低穿改造及耐频改造指标条件

当电网发生故障或扰动引起接入点电压升高时,SVG 接入点电压在图 1 中电压轮廓线及以下的区域内时,SVG 能够保证不脱网连续运行且感性满载运行;其他区域 SVG 装置允许退出运行。SVG 高电压穿越时功率曲线如图 2 所示。具体技术参数如下:

① SVG 在电压升高至 130% 额定电压时能够保证不脱

【作者简介】李岩(1985-),男,中国辽宁凌海人,本科,仪器仪表中级工程师,从事电力系统自动化、热工控制、电力系统通信等研究。

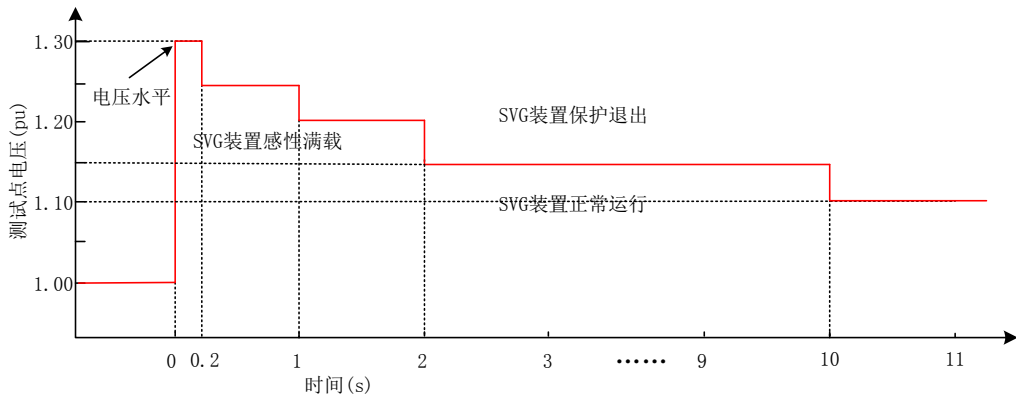


图1 SVG 高电压穿越要求

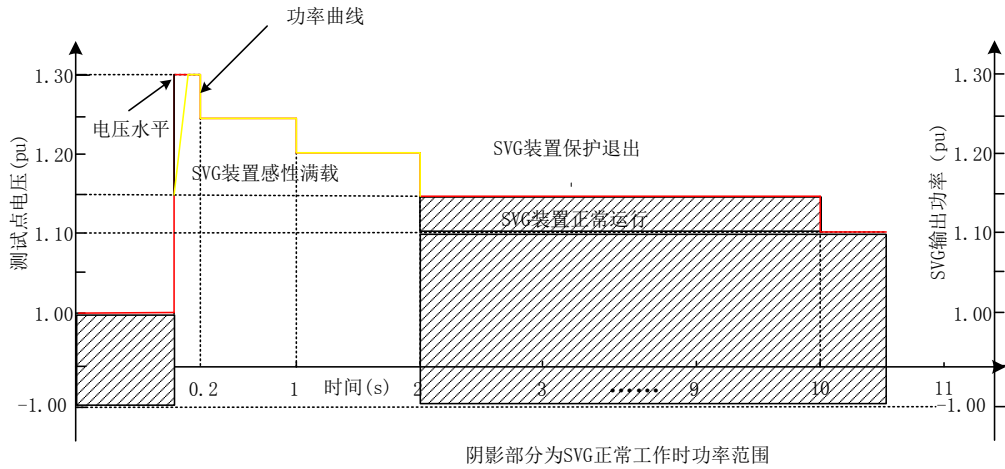


图2 SVG 高电压穿越时功率曲线

网连续运行 200ms。

② SVG 在电压升高至 125% 额定电压时能够保证不脱网连续运行 1000ms。

③ SVG 在电压升高至 120% 额定电压时能够保证不脱网连续运行 2000ms。

④ SVG 在电压升高至 115% 额定电压时能够保证不脱网连续运行 10s。

⑤ SVG 在电压升高至 110% 额定电压时能够保证长时间不脱网连续运行。

⑥电压升高类型包括三相对称和三相不对称。

⑦电网电压高至 115% 额定电压以上期间，SVG 输出感性满载无功用以降低系统电压。

当电网发生故障或扰动引起接入电压降低时，SVG 接入点电压在图 3 中电压轮廓线及以上的区域时，SVG 能够保证不脱网连续运行且容性满载运行；在其他区域时 SVG 装置允许退出运行<sup>[1]</sup>。SVG 低电压穿越时功率曲线如图 4 所示。具体技术参数如下：

① SVG 在电压降低高至 20% 额定电压时能够保证不脱网连续运行 625ms。

②在电压跌落后，2 秒内电压回升到 80% 额定电压时，

SVG 能不脱网连续运行。

③电网电压低至至 80% 额定电压以下期间，SVG 能够输出容性满载无功用以支撑系统电压。

表 1 为高频穿越技术指标。

表 1 高频穿越技术指标

电网频率范围	运行指标要求
低于 48Hz	根据逆变器允许运行的最低频率而定（满足）
48~49.5Hz	具有每次至少运行 30min 能力（满足）
49.5~50.2Hz	连续运行（满足）
50.2~51Hz	具有每次至少运行 5min 能力（满足）
51~51.5Hz	具有每次至少运行 10s 能力（满足）
高于 51.5Hz	具有每次至少运行 10s 能力（满足）

#### 4 SVG 高低穿改造及耐频改造原理说明

本次高低穿升级改造首先升级控制系统硬件板卡及软件并配套更新上位机 HMI 界面。升级硬件板卡的目的是提高控制器计算速度，用于支撑新型高低穿算法。其次增加功率单元模块，每相增加至 12 级。

升级前，CPU 板卡使用的 DSP 芯片为 TI 公司的 28335，主频为 150MHz。升级后的 CPU 板卡使用 ADI 公

司的 DPS 芯片 SHARC—21489，主频高达 400MHz。不仅 DPS 芯片工作频率大幅提高，而且支持 32 位数据运行，能够提供足够多的计算能力，使得整个控制器的控制频率由原有的 5kHz 变为 10kHz，速度增加了一倍，能够减少计算能力不足导致的控制延迟。

升级后的 PWM 板使用了 FPGA 芯片作为处理芯片，比原有的 DSP 芯片不仅可靠性提高，而且计算能力大幅度增加。使用 Verilog 语言的 FPGA 芯片为多任务并行处理芯片，能够同时执行多条指令，而原有的 DSP 芯片只能一条一条指令逐条执行。

更换这两种控制板卡，能够大幅度提升控制器的计算能力，进而更好的控制暂态过程中 SVG 的响应特性，使得设备能够更稳定地度过高低电压穿越状态<sup>[2]</sup>。升级使用新型号的控制板卡及高低压穿越专用程序，在电网电压发生突变进入高电压穿越或低电压穿越工况时，能够更快地检测到电压变化并进入高低穿运行模式，对电压信号进行实时跟踪并计算，同时快速控制链式功率单元电容电压平衡，防止功率单元电容过压。按照规定要求发出容性或者感性无功电流。在电网电压恢复后，设备切换回正常工作模式，继续按照正常模式运行。

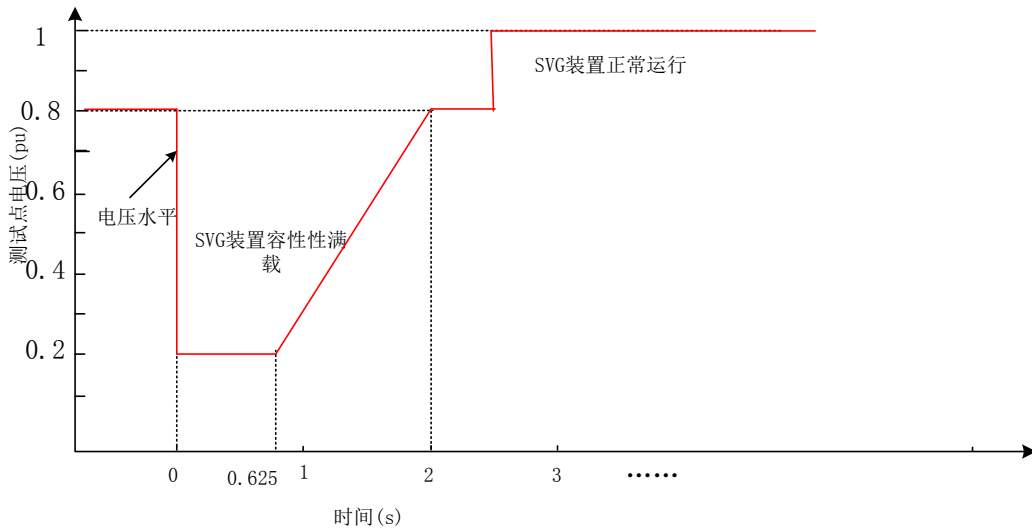


图 3 SVG 低电压穿越要求

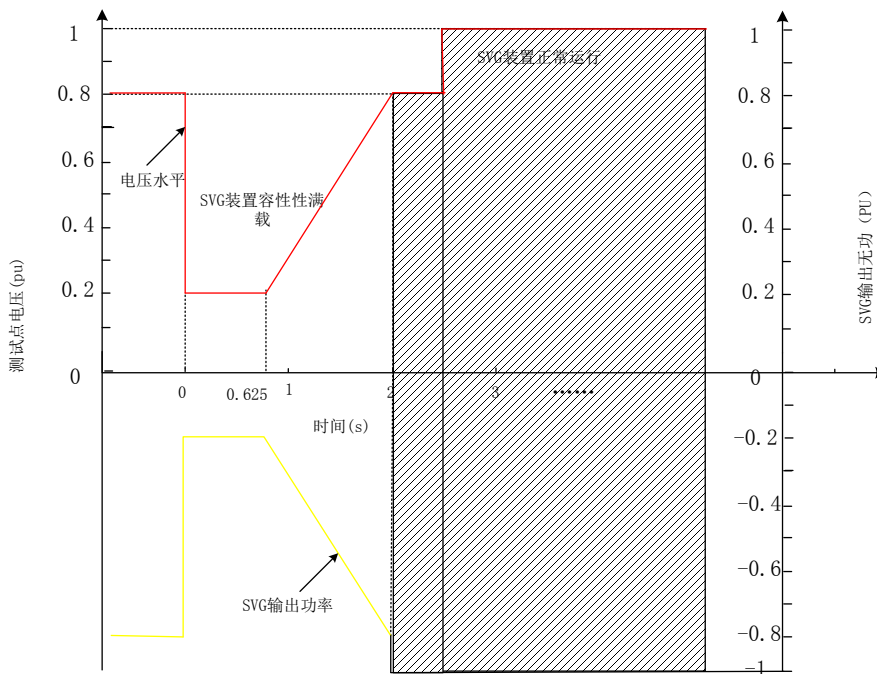


图 4 SVG 低电压穿越时功率曲线

## 5 SVG 升级改造所需要的物资及定值更改

SVG 升级改造所需要的物资及定值更改如表 2 所示。

表 2 SVG 升级改造所需要的物资及定值更改表

名称	型号	数量
CPU 板	7820Z142	1
PWM 板	7820Z150	3
功率单元	RXC-PU-690/400-2	6

同时更新现场控制器程序及上位机 HMI 软件界面，并按照高低穿参数重新设置保护定值。

### ①过电压保护。

- 第一，电网线电压有效值 I 段过压报警；
- 第二，电网线电压有效值 II 段过压保护；
- 第三，电网线电压有效值 III 段过压保护。

### ②欠电压保护。

- 第一，电网线电压有效值 I 段欠压报警；
- 第二，电网线电压幅值 III 段欠压保护。

### ③过流保护。

- 第一，SVG 输出电流有效值 I 段过流报警；
- 第二，SVG 输出电流有效值 II 段过流保护；
- 第三，SVG 输出电流瞬时值过流 I 段保护；
- 第四，SVG 输出电流瞬时值过流 II 段保护。

## 6 SVG 升级改造具体操作及调试流程

①申请 SVG 设备停机。SVG 设备高压接触器分闸并挂地刀，断路器转为检修模式。设备高压柜体验电后挂接地线<sup>[1]</sup>。

②保存 SVG 工控机软件及参数截图。保存 SVG 后台监控及 AVC 通讯接口设置参数截图。对工控机后部串口通讯线接线位置拍照。

③ SVG 控制柜掉电，更换升级的控制器板卡，对原有部分板卡进行程序升级。

④对工控机 HMI 人机界面进行升级，按照之前保存的截图配置各个后台通讯接口。

⑤控制柜上电，与 HMI 通讯，查询程序版本并确认正常。

按照新 HMI 界面下载控制及保护参数定值。

⑥安装新增功率单元。

⑦对 SVG 设备进行低压试验，观察功率单元波形。验证开关连锁逻辑正常。

⑧试验均正常即恢复设备，从低压试验模式转为正常工作模式。

⑨检查无误后拆除接地线并锁好围栏。

⑩ SVG 设备送电运行。

## 7 SVG 升级改造过程中存在的风险

SVG 设备升级改造主要是控制器板卡升级改造，同时在高压区进行低压试验，因此风险主要有以下几种：

①高压触电风险。确保设备支路断路器分开，接触器分闸并挂地刀，同时验电后挂接地线。在设备恢复后，避免工具材料遗忘在高压区造成放电隐患。

②低压触电风险。控制柜体为交流 380V 及直流 220V 双路供电，在更换板卡时有触电风险，需要按照操作规程操作，防止触电。

③高处跌落风险。设备低压测试及清理灰尘时，可能需要从高处接线或者打扫灰尘，需要注意安全，防止高处跌落。

## 8 结语

通过研究国家电网公司对无功补偿装置的具体要求，结合中卫恒基伟业光伏电站的实际情况，提出了有针对性的无功补偿装置改造方案及具体的操作调试流程和改造过程中存在的风险，较为系统地介绍了无功补偿装置技术改造过程中涉及的各个方面。

## 参考文献

[1] 陈丰,陈迎宾,魏钰柠.SVG的工程实践与风电场无功补偿装置的选型[J].云南水力发电,2020(8):52-56.

[2] 褚晨.静止无功补偿装置SVG对电力系统电压稳定性的影响机理[J].数码设计(上),2020(2):113.

[3] 王宏,徐洪涛,魏晓强,等.SVG的模糊PI控制器研究[J].黑龙江电力,2020(3):278-282.