

# 风力发电场35kV动态无功补偿装置（SVG）跳闸故障处理与分析

聂林 陈沛 牟天祐

（通标标准技术服务（上海）有限公司 上海 201612）

**【摘要】**随着一带一路的开发与建设，东西部创新合作的逐渐加强，西电东送的战略逐步实施与推进，新能源产业的发展与壮大功不可没。随着新能源产业的发展壮大，越来越多的风力发电机组的投产运行。风电产业集群增大，产品种类的多样，而且都处在风能资源丰富的偏远地区，环境相对恶劣，运营与维护相对困难，风电场人员配置较少，员工工作经验少。当风电场出现故障动态无功补偿装置（SVG）跳闸动作后，工作人员经验相对缺乏，查找故障原因与处理故障的不及时，产生发电损失。以某风电场 35kV 动态无功补偿装置（SVG）跳闸为例，通过分析事故经过的动作报文与故障录波波形，可以快速找到故障点，尽快排除故障，并对此次事故进行分析。

**【关键词】**风力发电机组；无功补偿装置（SVG）；跳闸；故障

## 一、风场及设备概况

### （一）风场概况

风电场分为一期与二期，并分别建设完成，总装机容量为 200MW，共安装 100 台单机容量为 2.0MW 风电机组，并建设有 220kV 升压站一座，35kV 输电线路 110 公里，220kV 送出线路 4 公里，综合办公楼一栋。

### （二）设备概况

一期工程与二期工程共安装 100 台单机容量 2.0MW 的风力发电机组，均采用一机一变的接线方式，风机发出的电能经升压站升压到 35kV，经集电线路汇集后进入升压站 35kV 母线，并且经过主变压器升压 220kV 后并入系统电网，共安装有 4 套动态无功补偿 SVG 装置及 2 套固定无功补偿电容器组。

## 二、故障经过

### （一）故障前运行方式

220kV 设备运行状况：220kV 母线运行正常、集电 I 线运行正常、集电 II 线运行正常，卧大线运行正常，蒋卧线运行正常，1# 主变运行正常，2# 主变运行正常，母线电压互感器（PT）随母线同步运行正常。

35kV 设备运行状况：35kV I 段母线 PT 随母线运行正常，35kV1# 配电站用电源变压器运行正常，35kV1#SVG 动态无功补偿装置运行正常，35kV2#SVG 动态无功补偿装置运行正常，35kV1#FC 交换机正常

热备，35kV 集电 I 线运行正常，35kV 集电 II 线运行正常，35kV 集电 III 线运行正常，35kV 集电 IV 线运行正常，35kV 母联分段热备用正常；35kVII 段母线 PT 随母线运行正常，35kV3#SVG 动态无功补偿装置正常热备，35kV4#SVG 动态无功补偿装置运行正常，35kV2#FC 交换机正常热备，35kV 集电 V 线运行正常，35kV 集电 VI 线运行正常，35kV 集电 VII 线运行正常，35kV 集电 VIII 线运行正常。

10kV 设备：0# 备用变冷备用。

### （二）故障经过及保护动作

13 时 58 分，35kV4#SVG 差动保护动作开关跳闸，动作电流：0.17A，保护定值：0.12A，跳闸时风速 8.60m/s，负荷 207.2MW。如图 1 数字式变压器保护测控装置所示。



图 1 数字式变压器保护测控装置

**作者简介：**聂林（1979-），女，硕士研究生，工程师，研究方向：电力电器设备、仪器仪表检测等相关研究。

后台监控报文如表 1 所示：

表 1 监控报文 (13 时 58 分开始)

序号	动作情况	保护动作信息
1	遥信变位	状态1
2	遥信变位	状态0
3	SOE	状态1
4	SOE	状态0
5	遥信变位	状态0
6	SOE	状态0
7	保护动作	II母零压动作
8	遥信变位	状态0
9	保护动作	II母零压动作 动作零序电压: 75.06V
10	遥信变位	状态1
11	保护动作	差动动作
12	遥信变位	状态0
13	保护动作	差动动作 动作相位: 差动电流: 0.17A 制动电流: 0.17A
14	遥信变位	状态1
15	保护动作	保护启动 动作最大相电流: 0.28A 最小母线线电压: 105.20V
16	遥信变位	状态1

故障录波检查系统记录：

该记录截取时间 13:58:53.456 到 13:58:53.556 之间的 35kVII 段母线电压  $U_a$ 、35kVII 段母线电压  $U_b$ 、35kVII 段母线电压  $U_c$  与 35kVII 段母线电压  $3U_o$  作为分析对象。

① 35kV II 母电压  $U_a$ , A 相 35kV II 母电压  $V$  的变化率在 0.007775148950484 到 -0.015550297900 968 之间并通过 0 位置。

② 35kV II 母电压  $U_b$ , B 相 35kV II 母电压  $V$  的变化率在 0.007774472913383 到 -0.007774472913 383 之间并通过 0 位置。

③ 35kV II 母电压  $U_c$ , C 相 35kV II 母电压  $V$  的变化率在 0.007771544654073 到 0.015543089308 146 之间并通过 0 位置。

④ 35kV II 母电压  $3U_o$ , N 相 35kV II 母电压  $V$  的变化率在 0.007769579516098 到 -0.007769579516 098 之间并通过 0 位置。

该记录截取时间 13:58:53.456 到 13:58:53.556 之间的 35kV4#SVG 出线电流  $I_a$ 、35kV4#SVG 出线电流  $I_b$ 、35kV4#SVG 出线电流  $I_c$  与 4#SVG 出线电流  $3I_o$  作为分析对象。

⑤ 35kV4#SVG 出线电流  $I_a$ , A 相 35kV4#SVG 出线电流  $A$  的变化率在 0.001727812730041 到

-0.008639063650204 之间并通过 0 位置。

⑥ 35kV4#SVG 出线电流  $I_b$ , B 相 35kV4#SVG 出线电流  $A$  的变化率在 0.001726260725851 到 -0.00517 8782177554 之间并通过 0 位置。

⑦ 35kV4#SVG 出线电流  $I_c$ , C 相 35kV4#SVG 出线电流  $A$  的变化率在 0.001727657354697 到 -0.00518 2972064091 之间并通过 0 位置。

⑧ 35kV4#SVG 出线电流  $3I_o$ , N 相 35kV4#SVG 出线电流  $A$  的变化率在 0.001727590059679 到 -0.006910360238718 之间并通过 0 位置。

右游标显示 13:58:53.629779 时刻 35kV4#SVG 出线保护装置保护动作启动。

如图 2 录波数据分析软件中故障录波图所示。



图 2 故障录波图

### (三) 故障点的确认

经现场人员巡视检查发现 4#SVG 开关柜内 B 相电缆头被击穿，详见下图。

如图 3 故障点照片：



图 3 故障点照片

### 三、故障处理经过

①将 35kV4#SVG326 开关由热备转检修，进行故障检查处理。

②分析、评估，确认应急抢修，采用快捷正确的修复方案。

③现场检修人员及厂家人员将 4#SVG 开关柜内 B 相电缆头进行重新制作，并联系试验厂家到场对三相电缆头进行相关耐压试验，试验结果均合格。

④现场厂家及检修人员对设备进行全面检查，检查结果无异常，现消缺工作已结束，安全措施已恢复，现场工作人员已撤离，35kV4#SVG 具备送电条件。

⑤现申请风电场 35kV4#SVG326 开关由检修转运行。

⑥ 35kV4#SVG 及所属设备恢复正常运行，设备运行正常。

如图故障点恢复照片如图 4：



图 4 故障点恢复

### 四、击穿的原因分析

#### (一) 故障原因排查

故障产生的明显现象是电缆头热缩护套有明显烧损，主绝缘损坏，电缆芯露出。电缆的绝缘击穿的原因主要为如下的 6 个方面：

①负荷过重，电缆发热引起绝缘材料老化、熔化、变质、变形等；

②过电压（浪涌、感应、雷电等）；

③外力作用受损；

④环境高温；

⑤材料质量原因；

⑥施工质量原因。

对损坏的电缆进行分析，发现绝缘烧损的地方，在电场强度最大的铜屏蔽层断口和半导体层的断口

处，并发现有部分电缆在剥除半导电层的时候，主绝缘层上有显眼的刀痕。这些损伤有可能造成主绝缘受损。

#### (二) 故障原因分析

对电缆击穿可能的原因分析如下：

①铜屏蔽层断口处有因未处理平整而遗漏的尖角毛刺，导致放电。

②施工作业时主绝缘在半导体剥切时被划伤，从而绝缘薄弱，导致击穿。

③冷缩管的应力锥未套到在半导电层上，电缆制作方法未按照流程操作或因为长时间未保养而导致脱落，使电应力场最集中处被击穿。

### 五、措施及建议

#### (一) 措施

提高现场检修人员的巡视检查质量及检查次数。

#### (二) 建议

在全场停电及计划停电期间，对设备进行全面检查、消缺、技改，将设备故障消除于萌芽状态，降低设备故障及紧停频次，维护电网运行稳定性。

### 六、结语

本文主要对风电场的 35kV 动态无功补偿装置（SVG）跳闸故障进行了实例分析。在现场通过分析保护装置的动作报文与 35kVII 段母线电压和 35kV4#SVG 出线电流的故障录波分析图，成功并快速地处理了该起故障并指导现场检修人员快速并准确地找到故障点，快速便捷地对故障点进行维修处理。实现了在偏僻的山区，地形复杂、交通不便，风电场人员配置较少，员工工作经验少，无功补偿装置专业检修人员更少，当风电场出现故障动态无功补偿装置（SVG）跳闸保护动作后快速准确的找出故障问题，并加以解决。

### 参考文献：

[1] 刘育青,樊海璞,赵文强.某330kV变电站SVG故障跳闸分析及处理[J].青海电力,2022,41(01):53-56.

[2] 伍阳阳,刘友宽,张彩强,白鹏,郭映维,鲁聪,文天舒.云南省风电场SVG频繁跳闸原因研究综述[J].电子测试,2020(24):91-92+81.

[3] 吴小平.静止无功发生器SVG保护配置及工程应用探讨[J].通讯世界,2014(18):121-122.

[4] 刘涛,谈敦超.筠山风电场SVG的改造与优化[J].水电与新能源,2021,35(05):20-23.

[5] 彭晋中.SVG在三相电压不平衡10KV电力系统中的应用[J].科技展望,2016,26(01):89-90.