

[控制系统]

光伏电站直流侧故障诊断系统研究

文/许昌许继风电科技有限公司 张举良 闫 勇 王亚平 焦丽娜 苏 静

针对光伏电站光伏组串多，对电站的运维带来很大工作量的问题，研究了基于智能光伏汇流箱对光伏直流侧的故障诊断系统，以提高光伏电站运维质量及光伏电站发电量。

太阳能是清洁、安全和可靠的能源，全球正在把太阳能的开发利用作为能源革命主要内容并做出长期规划。近年来，我国对光伏行业也是大力引导和扶持，每年新增光伏电站都在12 GW以上，但暴露的问题也越来越多，运维量大，10 MW电站所用组件约44.8万块组件，靠人为发现和诊断故障，工作量可想而知，且关键设备回路故障对电站发电量影响大：按照等效利用6 h，对于一条容量为75 kW的支路（1 GW约含14 000个75 kW的支路），如果开路，一天造成的电量损失约为500 kW·h，如果一个月未处理，损失电量约为15 500 kW·h，及时发现处理不仅能减少发电量损失、还可提高人身及设备的安全性。因此，关键设备故障、缺陷处理是光伏电站值得立即研究和投入。

光伏电站直流侧故障

1. 防雷器失效故障

太阳能电池板汇集线路出现感应雷电浪涌——由于太阳能供电系统的汇集线路一般较长，容易出现感应雷电浪涌。故汇流箱都会安装防雷器加以保护。若防雷器失效后，没有及时更换，雷电天气时，缺少防雷保护易造成雷击损坏。

2. 汇流箱断路器跳闸故障

汇流箱作为光伏阵列一级汇流设备，是光伏电站电源的源头，而汇流箱里的主要元器件直流

断路器能否正常工作，直接关系到直流侧是否可正常发电。光伏电站通常由于过电流、短路等原因引起断路器跳闸，使光伏组件无法正常发电，因此断路器跳闸故障将对光伏组件的发电量产生直接影响，需要及时解决。

3. 光伏组串电流开路故障

当光伏组件串联线路出现断开、漏接现象时，会导致组串电流开路故障，无法汇集该组串的电流，从而降低对应逆变器的输出功率，减少光伏电站的发电量，需要及时发现并解决该问题。

4. 电流反向故障

当逆变器不运行时，各个支路的开路电压不同，电压高的会往电压低的组件里面灌电流，于是就会产生负向电流，当负向电流大于一定值时，说明某支路光伏板的开路电压过小，即组件出现损坏或严重衰减。此外，如果建电站初期，存在工人少组或错组了某个光伏板，也会产生电流为负值，即电流反向故障，导致光伏板的加速老化。电流反向故障将对光伏组件的正常工作、发电量产生重要影响。

5. 光伏组串支路电流不平衡故障

当光伏组串某一支路组件衰减或漏接时，非断路且正向的电流平均值与该路正向电流的差值大于设定值时，通常会产生支路电流不平衡故障。从而影响光伏电站的正常运行与总体

发电量。

6. 汇流箱弧光故障

光伏阵列通过汇流箱并联时,存在多处电气汇流和连接点,易存在虚接,当系统发电时就会出现弧光故障,会引发起火事故,对设备及人员产生严重损伤。故需要及时发现箱内弧光故障并解决。

目前监测单元很少具备“弧光故障诊断”。汇流箱内产生弧光后,弧光会以300 m/s的速度迸发,摧毁途中的物质。只要汇流箱不断电,弧光就会一直存在,因此需要要加设弧光故障诊断。

故障解决方案

针对以上故障,提出监测该类故障的方法如下。

1. 防雷失效故障诊断

(1) 硬件

采用带有防雷失效接点的防雷器,如型号为VAL-MS-T1/T2 1000DC的菲尼克斯光伏防雷器。

(2) 电路

在汇流箱测量板上设计一个开关量检测电路,利用可编程智能主控芯片采集开关量检测电路输出信号,对防雷器失效与否进行检测。该电路如图1所示。

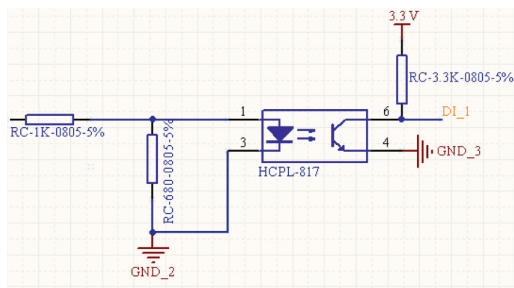


图1 防雷失效检测电路

如图所示,从防雷器失效接点处引线,经过端子排,串联一分压电阻,又经过电阻电容滤波输送到光耦合器的一端,即发光二极管的两端。光耦合器的另一端分别接地和引自DC3.3 V,经一分压电阻接入,TLP19的6号引脚即为防雷失效检测点,当防雷器正常工作时,输入端的防雷器失效接点处于断开状态,即输入电压为0 V,光耦合器不导通,此时检测到TLP19的6号引脚位置的电压接近3.3 V,处于高电平状态。一旦防雷器失效,该失效接点闭合,该防雷检测电路处于通路状态,光耦合器内二极管发光使得晶体管导通,此时TLP19的6号引脚与GND_3同电势,即TLP19

的6号引脚电压为0 V,处于低电平状态,由此可以诊断防雷失效故障。

(3) 软件

可以通过软件诊断该故障,即当检测到防雷失效开入时,经过 T_n 延时后触发相应故障标志位,其原理图如图2所示,其中 T_n 为延时时间。

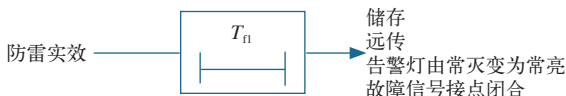


图2 防雷失效故障原理框图

此时告警位置1,可就地查看,并上传到监控后台,使该故障能被及时发现和处理,进而减少发电量损失。

2. 断路器跳闸状态检测

采取以下措施实现断路器跳闸故障诊断。

1) 选用带辅助触点的断路器。

2) 电路。在汇流箱测量板上专门设计一个断路器跳闸状态检测电路,利用可编程智能主控芯片采集断路器信号,对断路器跳闸状态进行检测,其原理如同防雷器失效检测原理,检测电路如图3所示。

3) 软件。通过软件判断断路器跳闸状态,即当检测到断路器状态辅助触点开入信号为高电平时,经过1 s延时后将相应状态标志位置1,如图3所示。可就地查看,并上传到监控后台,使断路器跳闸状态能被及时发现和处理,进而减少发电量损失。

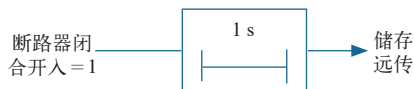


图3 断路器闭合位置监测原理框图

3. 光伏组串电流开路故障诊断

组串断路故障诊断:常见断路故障诊断判据的分析,考虑到汇流箱所有组串同时断路为小概率事件,因此增加电流闭锁条件:输出电流大于组串有流门槛值与组串数量的乘积,实践证明这样可以较好的规避上述误判情况,故障逻辑如图4所示。

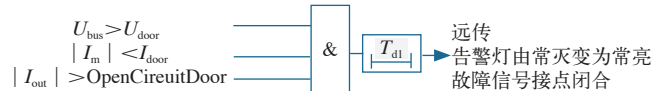


图4 断路故障诊断框图

图中, $|I_{out}|$ 为输出电流绝对值; U_{door} 为电压门槛; $OpenCircuitDoor$ 为断路故障报警启动门槛,数值上为组串有流门槛值与组串数量的乘积; $|I_m|$

为第 m 路电流绝对值； I_{door} 为有流门槛值； T_{dl} 为延时时间。

4. 电流反向故障诊断

当检测到第 m 路电流绝对值大于4倍有流门槛值且电流方向为负时，经过 T_{ix} 延时后触发相应故障标志位。

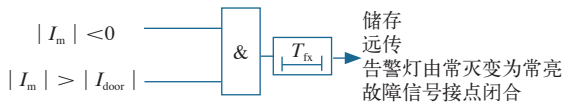


图5 电流反向故障诊断框图

图中， I_m 为第 m 路电流； $|I_m|$ 为第 m 路电流绝对值； I_{door} 为有流门槛值； T_{ix} 为延时时间。

5. 光伏组串支路电流不平衡故障诊断

非断路且正向的电流平均值与第 m 路非断路且正向电流的差值大于设定值延时 T_{pc} 后触发相应故障标志位。

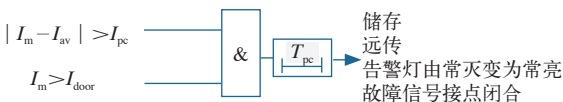


图6 第 m 路电流偏差故障原理框图

图中， I_m 为第 m 路非断路且正向电流； I_{av} 为非断路且正向的电流平均值； I_{pc} 为电流偏差定值； I_{door} 为有流门槛值； T_{pc} 为延时时间。

6. 汇流箱弧光故障诊断

弧光故障诊断：由于弧光故障持续时间短，因此将弧光信号开入量的采样放在中断中实现，中断周期为1 ms。累积5次采样到弧光信号开入量为高电平时（每次定时器中断采样1次，弧光信号开入量为高电平时正向累积1次，为低电平时负向累积1次。），弧光故障诊断遥信位动作同时输出开出保护信号，常开继电器在闭合触点 T_{hg} 时间(保护继电器吸合时间)后断开触点。故障遥信位动作保持时间为60 s，60 s后如果累积5次采样到弧光

信号开入量为低电平时（每次定时器中断采样1次），弧光故障诊断遥信位清零。弧光故障诊断逻辑如图7所示。



图7 弧光故障诊断框图

Matlab软件仿真

内部数据在24点/周波采样时，第24次数据采样后将运行故障诊断程序，通过Matlab软件绘制的波形如图8所示。

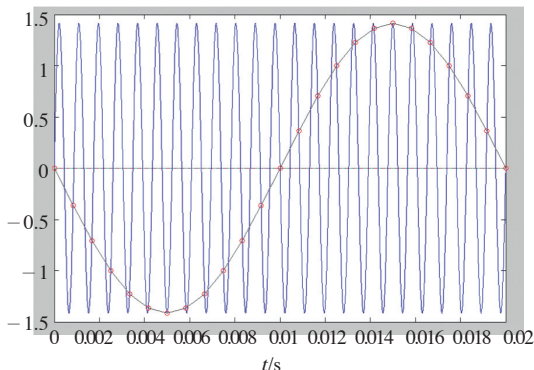


图8 第24次将运行故障诊断程序图

结束语

本文结合现阶段光伏电站现场故障，提出可靠的监测方法，通过在光伏汇流箱监测单元实现故障诊断，诊断方案原理简单、易于实现、操作方便，且不增加成本，目前已在龙羊峡320 MW光伏项目、中广核内黄125 MW等项目得到有效应用和验证，瞬时有效发现故障，得到了及时处理，挽回了发电损失，方便用户的运维及供应商的售后故障诊断的困扰，因此经实践验证有效解决本文描述常见故障，具有推广的现实意义。EA

(收稿日期：2015.09.11)

(编辑：杨得润)

超越客户需求方能引领风电润滑市场

风电设备对于润滑油品要求十分严苛，而润滑油参数指标十分复杂。对于负责风电机组维护保养的人员来说，要从市场上众多的产品中，选择一款配方均衡、能保障各种性能的充分发挥的润滑油产品以实现机组高效运行，是一个极大的挑战。

作为全球最大的润滑油供应商，壳牌为国内大量风电机组提供产品初装服务，为客户量身定制全方位的风电服务，进一步加强对设备的维护和管理，保障风电设备的安全和高效运行。壳牌风电服务以专业的润滑管理经验和解决方案，受到风电场运营管理者的青睐。

针对风电市场维护低预警、高耗能的特点，壳牌积极升级服务，保障技术领先，拓展产业链，为风电运营商在应对全球气候变化，推动能源发展转型过程中提供了科学的润滑解决方案。