

Discussion on the Impact of Environment on Inverter IGBT Module

Wenjie Bai

State Power Investment Corporation Hubei Electric Power Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

Targeted understanding of the impact of environmental factors on the operation of inverter IGBT modules. During the project design phase, fully consider the actual on-site environment, communicate with the design unit, and combine the opinions of the equipment manufacturer to make the optimal design plan, in order to fundamentally reduce the occurrence of abnormal events. In addition, for on-site production and maintenance personnel, relevant professional knowledge training should be strengthened, especially the connection between the spring compression type IGBT module and the drive board. More attention should be paid to the installation process, and each ring connection should be properly pressed. At the same time, the sealing work of the module itself should be done well, and conductive silicone grease should be applied according to the requirements to ensure good contact and heat dissipation. To avoid batch damage to equipment and economic losses caused by environmental factors during the later production process.

Keywords

inverter IGBT module; environment; temperature; humidity; technical improvement

关于环境对逆变器 IGBT 模块影响的浅谈

白文杰

国家电投集团湖北电力有限公司, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

有针对性地了解环境因素对逆变器IGBT模块运行过程中的影响。在项目设计阶段充分考虑现场实际环境, 和设计单位充分沟通同时结合设备厂家意见做出最优设计方案, 从根本上减少异常事件发生。另外对于现场生产维护人员应该加强相关的专业知识培训, 尤其是弹簧压接式IGBT模块与驱动板的连接, 更要注重安装过程中的工艺, 各个环节压接到位, 同时做好模块本身的密封工作, 按照要求涂好导电硅脂, 确保接触和散热良好。避免在后期生产过程中因为环境因素造成设备批量损坏, 造成设备和经济损失。

关键词

逆变器IGBT模块; 环境; 温度; 湿度; 技改

1 技术背景

笔者所属公司的山东日照某山地光伏项目、位于北纬30°左右高湿度。现场基本情况为光伏子阵采用1台箱式变压器与由2台集中逆变器, 变压器型号为: ZGS11-1100-35/0.315-0.315KV; 逆变器型号为: SCA500KTL, 输入电压范围DC450~820V, 额定输入功率500KW, 额定输出电压AC315V, 原子阵汇流箱为16进1出直流汇流箱, 共16台, 通过直流电缆引至直流汇流柜, 每台直流汇流柜输出1回路出线接至原集中逆变器, 光伏组件采用260Wp多晶硅光伏组件, 22块为1串。其中逆变器为正泰500KW的集中式逆变器, IGBT模块为西门康引脚插式模块。2022年期间频繁出现逆变器IGBT模块损坏事件, 经过现场分析, 主要原因如

【作者简介】白文杰(1989-), 中国河南辉县人, 本科, 工程师, 从事新能源发电研究。

表1所示。

表1 预防逆变器IGBT模块损坏

序号	原因分析	处理方法	特点	备注
1	温度较高, 逆变器高温导致	增加温度监测点, 将探头位置改到模块内部, 增加温湿度控制器的灵敏度, 改善降温设备的启动条件同时增加温度跳闸功能	如果方法有效, 可以一次性解决此类问题, 杜绝逆变器再次炸机现象	技改成本相对较高
2	山地项目湿度较大导致	改善逆变器内部湿度, 观察效果	改善较慢, 需要持续观察。无直接有效的措施	技改成本同比较低
3	模块与驱动板之间采取弹簧压接模式	容易出现接触不良, 压接错位等问题	严格按照工序执行, 投运前打光模拟驱动, 测量模块相关数据	

2022年，笔者了解到浙江某光伏电站和山东某光伏对逆变器处理方案进行了验证并完成了结题，为逆变器IGBT模块运行情况调研提供了很好的借鉴。为此，笔者进行实地参观及调研讨论，从以下几个方面了解技术应用的情况：

①判据方案：就是逆变器IGBT模块温度的检测和确认，这也是很多逆变器模块炸机解决方案的技术难点，目前很多方案的误判率很高，直接影响散热设备的启动和设备的停运，造成经济损失。

②除湿配置：是增加密封还是增加强力除湿？增加整体密封还是针对模块开展？

2 调研情况

为保证调研质量，节前在调研准备阶段，笔者先期收集了浙江和山东的技术方案资料和部分验收资料，两个光伏项目对逆变器模块损坏情况、历年影响损失进行了统计和分析，同时对技术方案实际效果的存疑和思考进行了准备。

①浙江某光伏项目装机容量99MW，位于北纬29°左右，地处宁波与台州交接处，雨水较为充足。类型为渔光互补项目，已经并网运行6年。

该光伏电站共安装140台阳光500KW集中式逆变器，采用英飞凌模块由接线引出。该项目为渔光互补项目，逆变器直接立于水面之上，导致湿度较大。2022年11月对逆变器进行温度控制技改，技改完成后，正处于观察阶段，偶尔会发生逆变器模块损坏事件。

②山东某山地光伏电站。其中山东某光伏电站累计装机容量2万kW，由40台正泰500KW集中式逆变器构成，IGBT模块与驱动板的连接为压接式，结构较为复杂，工艺要求较高，该项目为集中式山地光伏项目。

该光伏电站于2022年8月份实施了逆变器IGBT模块改造。实施单位北京拓扑电力有限公司执行。技改完成后，逆变器IGBT模块损失回归正常阶段，由原来每年12起降低为2起，技改效果非常明显。

据光伏电站管理人员介绍，此模块技改方案在场站应用效果较为显著。

现场损坏的IGBT模块见图1。



图1 现场损坏的IGBT模块

3 逆变器IGBT模块技术方案简介

3.1 温度技改

原因分析：这种损坏情况主要分析为在中大功率运行时，IGBT以及驱动持续工作在70℃左右的高温，IGBT上下桥臂开关错乱，正负极直接经过IGBT上下桥产生直通电流，造成正负极短路，从而引起IGBT模块损坏。

另外，需要注意在大功率并网运行过程中，并网断路器是否一直在闭合状态。如果在大电流并网状态下，断路器异常断开，也会引起IGBT能量无法释放，导致IGBT模块损坏。

散热技改原理见图2。

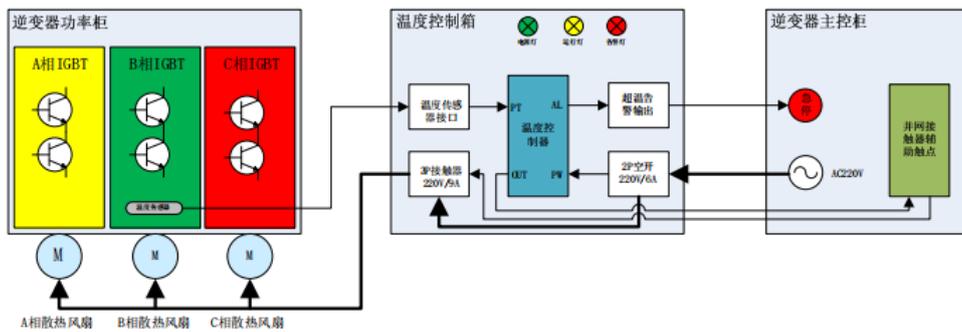


图2 散热技改原理图

3.2 方案实施

①增加一套温控开关，一个接触器，一个空开。

②把温控开关的探头接入功率单元柜内，采集端口接入温控开关对应对子。超温告警端口接入急停回路，当采集端口监测到温度过高时，作用于急停回路，使逆变器停止工作。避免IGBT模块炸机。

③接触器的控制电源串入并网接触器的辅助触电，使得只有在并网状态下，散热风扇才具备启动条件。避免拖网

状态下由于环境温度高引起的风扇寿命消耗和电能消耗，减少损失。

④由于现场风扇电机已经运行5年，电机轴承达到使用寿命。使得风扇的出风量偏小并且转动不顺，本次技改更换电机轴承并且更换新的滤网，保证良好的出风量与通风。

3.3 控制逻辑前后对比

控制逻辑前后对比见图3。

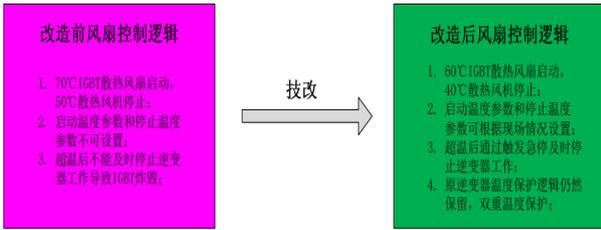


图 3 控制逻辑对比图

3.4 改造前扇热启动逻辑

① 70°C IGBT 散热风扇启动，50°C 散热风扇停止（此为逆变器程序内设置，现场不能根据实际情况进行设置）。

② 超温后不能及时启动风扇或者逆变器不能停止工作，导致逆变器 IGBT 模块损坏。

3.5 改造后散热风扇的控制逻辑

① 60°C IGBT 散热风扇启动，40°C I 散热风扇停止。

② 启动温度参数和停止温度参数均可以根据实际情况进行设置。

③ 超温后通过触发逆变器急停开关停止逆变器工作，防止再次出现逆变器 IGBT 模块损坏。

④ 逆变器原保护逻辑仍存在，双重温度保护。

3.6 湿度改造

3.6.1 原因分析

① 经过现场调查，逆变器模块损坏多发生在设备初次并网的时段，一旦当日并网完成就很少发生损坏。

② 现场站内设备比如高压开关室、SVG 室均有除湿机在工作。

③ 下午夜里 12 点多去逆变器检查，发现湿度达到 90% 多，甚至存在凝露。

④ 通过检查损坏的 IGBT 模块，发现压接弹簧存在锈蚀迹象。

3.6.2 技改方案

对逆变器本身加强密封，不得敞开逆变器舱门。

① 在逆变器舱内增加除湿机。关闭原来设备本身用来除湿的加热器（夏季高温，加热器除湿存在安全隐患）。

② 开展深入检查，对发生锈蚀的压接弹簧进行更换，减少模块损坏隐患。

③ 夏季雨后及时抽取逆变器基础内的积水，减少湿度。

4 结论与建议

4.1 效果判断

由于市面上使用的西门康 IGBT 自身故障率并不算高，现场多次出现批量损坏情况疑似软件控制与 IGBT 不匹配，同时和现场的运行环境有关。通过此次技改基本可以解决逆变器 IGBT 模块损坏的问题，由于以下几点原因：

① 原逆变器因为设计问题，温湿度的控制值不能随现场环境进行更改，设置。

② 原逆变器 IGBT 模块温度保护未接入急停，在过温条件下不能有效停机。

③ 原设备使用加热器除湿，在除湿的同时导致逆变器内部温度升高，引起逆变器模块损坏。

④ 现场早晚温差比较大，导致夜间湿度大，由于长期的湿度过大，造成重要部位出现腐蚀，在经过大电流时出现损坏。

综合以上因素，本次逆变器 IGBT 模块技改方案的可改造性和改造效果与逆变器本身设计相关，同时也和环境条件密切相关，故本技术的改造效果和效益固化性较差，个别性较强。

4.2 建议

鉴于目前本次逆变器 IGBT 改造成熟度仍在完善中，特别是部分风险仍不可控，建议谨慎引进。具体意见如下：

① 针对本技术方案针对高潮湿地区效果较好，建议新能场站在设备采购时做好充足的数据论证后再行实施。

② 在施工过程中对于充分考虑环境对电气元件的影响，尤其是基础施工要做好排水，不要存在积水。

③ 加强与设备厂家的沟通，在日常的维护中做好重点事项的记录。

参考文献

- [1] 郎君. 大功率 IGBT 模块电磁干扰特性研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2020.
- [2] 姚爱芬. 干扰信号下 IGBT 的动态电磁特性研究与分析[D]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- [3] 韩恒贵. 基于深度学习的 IGBT 故障预测研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2019.