

关于光伏电站直流汇流箱故障研究

巩 薇

中核汇能新疆能源开发有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着全球对可再生能源需求的不断增长,“碳达峰、碳中和”双碳目标的深远影响,光伏发电已然逐步发展成为一种极为重要的绿色能源形式。在光伏发电系统当中,直流汇流箱属于连接各个光伏组件的关键设备,其运行是否稳定直接与系统的效率以及安全性紧密相关。不过,直流汇流箱经常会遭遇各类故障方面的问题,这些问题不但会对系统的正常运转产生影响,而且还极有可能引发安全隐患。文中针对光伏电站直流汇流箱所出现的故障展开细致研究,对其常见的故障类型以及故障产生的原因加以分析,并且就故障的诊断方法以及预防措施展开探讨。通过研究发现,故障出现的根本原因通常是由设计方面的缺陷、安装环节存在的问题以及外部环境相关因素所引起的,而借助智能化诊断与预警技术则能够在很大程度上提升故障排查的工作效率。文中提出了一种基于设计优化以及智能运维的故障预防与维修策略,以此为提高光伏发电系统的可靠性给予强有力的保障。

[关键词]光伏电站;直流汇流箱;故障分析

DOI: 10.33142/hst.v8i7.17076

中图分类号: TM615

文献标识码: A

Research on DC Combiner Box Faults in Photovoltaic Power Plants

GONG Wei

CNNP Rich Xinjiang Energy Development Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the continuous growth of global demand for renewable energy and the profound impact of the "carbon peak and carbon neutrality" dual carbon goals, photovoltaic power generation has gradually developed into an extremely important form of green energy. In the photovoltaic power generation system, the DC combiner box is a key equipment that connects various photovoltaic modules, and its stable operation is closely related to the efficiency and safety of the system. However, DC combiner boxes often encounter various problems related to faults, which not only affect the normal operation of the system, but also have a high possibility of causing safety hazards. The article conducts a detailed study on the faults that occur in the DC combiner box of photovoltaic power plants, analyzes the common types of faults and their causes, and explores the diagnostic methods and preventive measures for faults. Through research, it has been found that the root causes of faults are usually caused by design defects, installation problems, and external environmental factors. With the help of intelligent diagnosis and warning technology, the efficiency of fault diagnosis can be greatly improved. The article proposes a fault prevention and maintenance strategy based on design optimization and intelligent operation and maintenance, which provides strong support for improving the reliability of photovoltaic power generation systems.

Keywords: photovoltaic power station; DC combiner box; fault analysis

引言

随着全球能源结构转型进程不断加快,光伏发电已然成为绿色清洁能源里的重要组成部分,并且在全球范围内获得了广泛的应用。光伏发电系统当中,直流汇流箱属于其核心组成部分之一,它的主要作用在于能够把多个光伏组件所产生的直流电流汇聚起来之后再传送到逆变器那里。直流汇流箱能够稳定地运行,这对于光伏系统的安全性、效率以及长期运行而言是极为关键的。不过,在光伏电站里面,直流汇流箱出现故障的情况却是时有发生。这些故障一方面会直接影响到发电的效率,另一方面甚至有可能致使系统遭到损坏或者引发安全事故。怎样才能精准地诊断出直流汇流箱所出现的故障、深入剖析故障产生的原因并且给出行之有效的预防以及修复策略,这已然成为当下光伏发电系统在运行维护方面的一项十分重要

的研究课题。本文会从光伏电站直流汇流箱所具备的功能以及发挥的作用开始着手,去仔细分析它常见的一些故障类型以及这些故障给系统所带来的影响,接着再进一步深入探讨故障发生时的根本原因以及相关的诊断技术,最终还会提出与之相对应的故障预防以及维修策略,希望能够为光伏电站的运维管理工作给予一定的理论依据以及技术支持。

1 直流汇流箱在光伏系统中的作用

直流汇流箱于光伏发电系统而言,其重要性不言而喻,它充当着连接诸多光伏组件以及逆变器的关键纽带。光伏组件把太阳能转变为直流电之后,直流汇流箱便负责把这些源自不同组件的电流加以汇聚,再将其传输给逆变器,进而完成从直流电到交流电的转变,以便供用户使用。在光伏发电系统当中,直流汇流箱主要肩负着如下功能:它

要保证不同光伏组件所产生的电流可以稳定且安全地汇集起来,防止因为电流出现不稳定的情况而导致系统效率有所下降。直流汇流箱内部一般会设置有多处保护装置,如过载保护、过流保护以及短路保护等,这些装置能够在很大程度上有效阻止因电流发生异常状况而引发的各类故障及事故。除此之外,直流汇流箱所配备的监控系统还能够对电流以及电压的变化情况进行实时监控,一旦发现异常情况便能及时反馈至监控平台,从而助力运维人员展开故障排查以及相关处理工作。所以说,直流汇流箱能够正常运行,这对于确保光伏系统能够高效且安全地运作而言,无疑构成了极为坚实的基础。而要是出现故障的话,那很可能会致使整个系统陷入停运的状态,甚至造成系统损坏,如此一来,势必会对光伏电站的经济效益以及安全性产生十分不利的影响。

2 直流汇流箱常见故障及其分析

2.1 直流汇流箱常见故障类型

2.1.1 保险熔断故障

保险熔断这类故障往往是由电流过载又或者是短路情况引发起来的。当电流超出其额定承载值的时候,直流汇流箱里面的保险丝或者保险片就会快速熔断,如此一来便能切断电流的传输通路,进而起到保护电气设备以及下游线路的作用。这种保护机制说到底其实是一种被动防护手段,它的主要意图在于防止设备因为持续存在过电流状况而出现烧毁、发热乃至起火等一系列安全事故。在实际的光伏电站运行过程当中,保险熔断有可能会由多种多样的因素致使产生,像是光伏组件内部出现短路情况、接线松动引发的电弧现象、系统设计之时保险选型和实际电流不相匹配、外部雷击致使电流受到冲击,又或者是电缆老化、绝缘遭到损坏而引发的漏电等等问题。除此之外,劣质的保险器件在处于高温或者高负载的环境之下也特别容易出现性能方面的衰退情况,使得其熔断阈值有所降低,进而致使出现误动作或者提前熔断的现象。要是发生了保险熔断的情况,那么相关的支路或者整个直流汇流箱都有可能停止运行,这会导致发电量出现下降的状况,并且在无人值守又或者是监控没有到位的情形下还极有可能会引发更为严重的系统隐患。所以说,及时地去发现并且准确地对熔断原因加以判断,迅速地更换保险器件并且做好针对根本原因的排查工作,这无疑是保障光伏电站能够稳定运行的一项极为关键的措施。

2.1.2 电源模块故障

监控显示直流汇流箱所有生产数据为零或为死数。生产现场就地查看电源模块及测控装置指示灯不亮,但通过钳表测量该支路电流正常。使用万用表直流档测量电源模块的输入、输出端,与模块标称电压对比,故障情况下模块输出电压不正常。直流汇流箱电源模块专为直流汇流箱测控装置供电,如果出现故障,直流汇流箱测控装置将失电,监控后台会显示整个直流汇流箱数据为零或为死数,

对运行人员后台监视和运行分析带来不便。更换电源模块后,数据恢复正常。此类故障在光伏电站较少见。

2.1.3 测控装置故障

测控装置属于直流汇流箱里的核心组件,它主要负责实时采集各路电流、电压、温度还有开关状态等关键运行参数,而后把采集所得的数据借助通信模块传送到上位机或者电站集中监控系统,方便运维人员展开远程监控以及故障诊断工作。一旦测控装置出现故障,往往会导致系统数据出现异常状况,比如直流汇流箱的所有输出数据变为零,或者持续维持着某个固定的数值,也就是所谓的“死数”,又或者是和实际运行情形存在严重的不符之处。常见的故障表现有测控装置本体没有任何指示、LED 状态灯不发光、通讯出现中断等情况,不过通过现场检测工具像钳形电流表或者万用表进行测量的时候,相关支路电流依旧处于正常状态,这就说明并不是实际发电出现了故障,而是测控装置的功能受到了限制。这种情况在实际操作当中大多是由电源模块损坏或者是接触不良所引发的,这使得测控装置没办法获取到稳定的直流供电,进而导致其失电、失灵,最终对数据上传产生影响。在排查的过程中,一般能够通过检测电源模块的输入输出电压来判定其是否能够正常运作。要是确认模块已经失效,那么及时更换电源模块之后,通常就可以让测控装置恢复到正常的运行状态了。这类故障虽然不会直接对发电输出造成影响,但是会对远程监控以及数据管理产生影响,降低系统的智能化程度以及运维效率,所以务必要给予足够的重视并且建立起规范的巡检以及维护机制。

2.1.4 直流断路器故障

直流断路器起到的作用是当检测到电流出现过大的情况时,能够及时地切断电路,以此来避免电气设备因为电流过大而遭到损坏。在直流汇流箱内部所设置的直流断路器,一旦遭遇像过载或者短路这类异常状况的时候,它就会自动地跳闸。当故障发生之际,整个系统便会停止相应的工作状态,进而没有办法把电流顺利地传输到逆变器那边去。而这类故障往往和断路器自身的设计情况、日常的维护状况以及电气系统所采取的保护举措等方面都有着一定的关联性。

2.2 故障表现与影响分析

直流汇流箱出现故障,这对光伏发电系统的效率以及安全性会产生直接的影响。就好比说,要是出现保险熔断方面的故障,那很可能会致使整个系统停止运行;要是电源模块发生故障,那么就有可能让监控数据丢失掉;要是测控装置出了故障,那么就可能导致系统没办法做到实时监测;而直流断路器要是出现故障,那么就有可能致使电气设备受到损坏。除此之外,频繁地出现故障,还极有可能会加速设备的老化速度,进而增加运维方面的成本,对电站的长期经济效益也会产生影响。所以说,要想保障

光伏电站能够稳定地运行,那么及时对故障进行诊断并且加以修复这一点就显得格外重要了。

3 故障原因与诊断技术

3.1 故障发生的根本原因

3.1.1 设计与制造缺陷

光伏发电系统直流汇流箱出现故障,其原因多是设计阶段就存在缺陷。设计人员在挑选元器件的时候,并没有充分顾及到设备的耐用程度、可靠性能以及对环境的适应能力,如此一来,在长时间的使用进程中便容易出现故障情况。在制造环节当中,要是元器件的质量未能达到标准或者装配工艺不够规范,那么同样有可能致使汇流箱出现故障问题。

3.1.2 安装与维护问题

不规范的安装操作以及不妥当的维护管理工作,同样是引发故障的关键因素。就好比电气连接不够稳固、电气绝缘状况欠佳、组件配置不合理等这类问题,都有可能致使直流汇流箱出现故障。并且,缺少定期的维护与检测,还致使部分早期存在的隐患没办法被及时察觉并加以修复。

3.1.3 外部环境因素

直流汇流箱一般处于户外环境之中,会受到温度、湿度以及灰尘等因素的影响。恶劣的环境条件可能加速设备老化,导致故障的发生。

3.2 故障诊断技术

3.2.1 传统检测方法

传统故障检测主要靠人工检查设备外观,用万用表等测电压电流,用热成像仪观测电气部件及连接点发热情况适合简单故障,复杂故障难定位。

3.2.2 电气监测与诊断

随着智能化技术不断发展,现代电气监测系统可实时对设备运行状态予以监控。借助对电压、电流、功率等各项参数展开监测的方式,能够有效察觉到设备出现的运行异常情况^[1]。该监测系统还能够和报警系统实现联动,当故障发生时,其会在第一时间向运维人员发出警报,以此提升故障响应方面的效率。

3.2.3 智能化诊断与预警技术

智能化诊断与预警技术属于一种先进的故障识别以及预防机制,它是从传统的监测手段发展而来的。其主要依靠大数据分析、人工智能算法、物联网技术还有边缘计算等多种手段,针对光伏电站里面直流汇流箱的运行数据展开实时的采集工作,同时进行综合性的分析以及趋势建模操作。此技术不但能够对电压、电流、温度等这些基础参数予以监控,而且还能凭借对历史数据开展比对以及特征识别的方式,提前将设备可能出现的异常状态捕捉到,像某一路电流出现频繁波动的情况、电压有异常漂移的现象或者温升存在异常等等。进而能够预测故障发生的概率,并且在早期阶段就发出预警信息,以此为运维人员争取到宝贵的反应时间^[2]。和传统的人工巡检或者单一报警机制相比,智能化诊断系统可以

达成对故障模式的自学习、自适应以及持续优化,使得故障识别的准确性以及响应效率都得以提高。在实际的应用过程当中,该系统一般会结合云平台或者是本地服务器,借助图形化的界面来呈现预警信息,并且还能够联动发出短信、邮件等各类通知,大幅度提升电站运维的智能化程度以及自动化水平。随着技术不断地趋向成熟,这类系统已然成为现代光伏电站当中不可或缺的关键构成部分,对于降低运维成本、提升电站的发电效率以及运行可靠性有着十分重要的意义。

4 故障预防与维修策略

4.1 预防措施与设计优化

在设计阶段,直流汇流箱应当充分考量设备的耐久性、抗干扰的能力以及防护方面的效能。优化设计一方面要着力提升设备的功能性表现,另一方面还需顾及设备于恶劣环境状况之下的可靠性情况^[3]。除此之外,在设计环节当中,应当给设备给予适当的冗余配置安排,借此防止因单点故障而致使整个系统陷入瘫痪的状况出现。

4.2 维护与管理策略

定期开展检查与维护工作,这对于延长设备的使用寿命而言是极为关键的^[4]。需制定较为完备的运维管理方面的制度,按期实施设备巡检操作,同时做好设备的清洁以及调试事宜,唯有如此,才能够及时察觉到潜在存在的各类问题,并且采取与之相对应的处理办法,这无疑是一种能够有效防止设备出现故障的方式。借助智能化的运维管理系统,便能够对设备的状态予以实时的监控,一旦发现异常情况,便可马上采取干预举措,以此来保证系统可以稳定地运行下去。

5 结语

直流汇流箱于光伏发电系统而言,有着极为关键的作用,它的故障会直接对光伏电站的效率以及安全性产生影响。本文针对直流汇流箱常见故障展开分析与研究,对其故障原因、诊断技术还有预防以及维修策略进行了探讨。日后,伴随技术的不断发展,智能化的诊断与预警系统在光伏发电系统的运维管理方面将会发挥越发重要的作用,依靠持续对设计加以优化以及采取相应的管理措施,光伏发电系统的可靠性以及经济性能能够获得更大的提升。

【参考文献】

- [1]程乐,孙鹏程,席瑞,等.关于光伏电站直流汇流箱故障研究[J].电工技术,2022(20):59-64.
 - [2]杨晶.光伏直流汇流箱运行中各组件串支路输入电压出现偏差的预警方法分析[J].上海节能,2024(3):483-486.
 - [3]郭志刚,韩超飞.汇流箱熔断器故障分析[J].电工技术,2022(2):70-71.
 - [4]杨晶.光伏直流汇流箱运行中各组件串支路输入电压出现偏差的预警方法分析[J].上海节能,2024(3):483-486.
- 作者简介: 巩薇(1995.9—),女,汉族,新疆哈密人,本科学历,国企运维检修人员,从事工作中核汇能新疆能源开发有限公司哈密光伏发电/风力发电场站运维检修。