

# 光伏逆变器故障检测与容错控制策略研究

李 栋

中国三峡新能源（集团）股份有限公司建设管理分公司东部建设管理部 湖北 武汉 430000

**摘 要：**光伏逆变器是光伏发电系统中最重要的组成部分之一，其稳定性和可靠性对整个系统的发电效率和经济效益具有至关重要的作用。为提高光伏逆变器系统的故障检测和容错控制能力，本文研究了光伏逆变器故障检测与容错控制策略。通过分析光伏逆变器的工作原理，总结了光伏逆变器主要的故障类型，并提出相应的容错控制策略。通过对故障检测与容错控制方案的优化，实现了优化方案的实验验证，验证了优化方案的有效性和可行性。

**关键词：**光伏逆变器；故障检测；容错控制

## 1 光伏逆变器故障检测技术研究

### 1.1 光伏逆变器工作原理和基本架构

光伏逆变器是把直流电转换成交流电的设备，是光伏发电系统中最重要的部分之一。其主要作用是将太阳能电池板发出的直流电转换为交流电，通过逆变器输出给电网，或者用于自用。光伏逆变器的工作原理是通过将太阳能电池板发出的直流电转换为高频的脉宽调制信号，然后通过变压器将电压升高后输出给电网。其基本架构由输入端、控制模块和输出端三部分组成。输入端主要是连接太阳能电池板的直流输入端，控制模块主要包括微控制器、电源和调制器等，输出端是连接电网的交流输出端。此外，逆变器还包括了电压、电流、温度等传感器和保护装置，以保证系统的安全和稳定运行。光伏逆变器的性能和效率对于整个光伏发电系统的发电效率和运行效果起着至关重要的作用。具体来讲，电流经过输入端输入到逆变器中，被控制模块处理后生成高频的脉宽调制信号，经过变压器升压后转换成交流电输出给电网。在这个过程中，控制模块将电流信号转换为数字信号，然后通过解析器转换成控制电路的模拟信号，最终得到高频脉宽调制信号驱动开关来控制变压器的工作。为了保证光伏逆变器的稳定运行，控制模块还需要通过传感器对电压、电流和温度等参数进行实时监测，并根据监测到的结果调整控制参数，实现控制电路稳定和保护功能<sup>[1]</sup>。此外，光伏逆变器还需要与电网进行同步，确保交流电的输出频率和相位与电网保持一致，以防止逆变器工作出现故障或者损坏电网设备。

**作者简介：**李栋（1990年），男，汉族，贯籍：湖北仙桃，职称：助理工程师，学历：大专，单位任职：中国三峡新能源（集团）股份有限公司建设管理分公司东部建设管理部助理专业师，研究方向主要从事：工程建设技术管理，1278048146@qq.com

### 1.2 光伏逆变器故障类型及特征分析

光伏逆变器是连接太阳能电池板和电网的核心设备，其故障会造成太阳能发电系统的整体效率下降，因此对其故障类型和特征进行分析对于光伏发电系统的安全运行和维护具有重要的意义。光伏逆变器常见的故障类型包括输入短路、输出短路、过温保护等。其中，输入短路是因为太阳能电池板损坏、连接线路故障或逆变器内部控制电路损坏等引起，其特征是太阳能电池板的输出电压降低或为0；输出短路是逆变器的输出电路短路引起，其特征是逆变器报警、输出电压降低或量为0；过温保护是逆变器因为长时间工作或环境温度过高而导致故障，其特征是逆变器自动停机或者降功率。除此之外，光伏逆变器还存在着其他隐蔽的故障，比如线路电阻的增加、电子器件老化等，这些故障往往需要通过技术手段进行准确检测和诊断<sup>[2]</sup>。

### 1.3 光伏逆变器故障检测技术改进方案

为了提高光伏逆变器故障检测的准确性和效率，可以采用一系列的改进技术。其中，一些重要的技术改进方案如下：首先，可以利用智能化监控技术，实现对光伏逆变器的实时监测和数据采集。通过将光伏逆变器设备连接到智能监控系统中，可以自动检测设备的健康状况，即时诊断设备故障，快速排除问题。智能监控系统还可以提供实时数据分析和警报，帮助工程师定位故障，为维护工作提供了第一手的数据分析和判断依据。其次，通过自主研发光伏逆变器故障检测算法，可以实现较高的故障检测准确度。当前，光伏逆变器故障检测算法还需要进一步完善，采用机器学习、人工智能等技术，提升算法的准确性和针对性。这些技术的应用不仅可以提高排查问题的效率，同时可以有效减少误报或漏报的概率，提高光伏发电系统运行的安全性和可靠性<sup>[3]</sup>。最后，可以采用高精度传感器和多重故障检测技术，实

现多维度的实时监测。通过使用高精度传感器,可以准确测量光伏逆变器的各项参数数据,并将数据传输到监测系统中。多重故障检测技术可以监测多个因素,如电压、电流、功率等多个维度的故障,进一步增强了故障检测的准确性和精度。

## 2 光伏逆变器故障容错控制方法

### 2.1 故障类型和影响分析

光伏逆变器作为连接太阳能电池板和电网的核心设备,一旦出现故障,往往会对整个光伏发电系统造成较大的影响。为了保证光伏发电系统的可靠运行,必须在逆变器的设计中充分考虑容错控制方法,有效应对各类故障。光伏逆变器故障类型多种多样,如输入短路、输出短路、过压、欠压等。这些故障往往会导致逆变器输出功率降低或失去输出功率,严重影响光伏发电系统的正常运行。这时,如果能够采取合适的容错控制方法,则可以实现光伏逆变器在故障状态下的快速切换和保护。比如在输入短路情况下,可以利用保护管路的瞬时过流能力,实现输入端的电路保护,同时使用电子开关将输出端迅速切断,保护光伏模块,并发出告警指示。

针对光伏逆变器的具体故障类型,可采取相应的容错控制措施。根据故障类型,可通过设计特定的检测电路和可控开关来适时切换故障电路,选择备用足够的电源,实现快速保护和故障恢复。例如,针对输出短路情况,可以通过设计并联或串联的电感、电容等元器件,将输出端的短路电流限制在一定的范围内,并将控制信号切换到备用路线,确保逆变器正常工作。光伏逆变器故障容错控制方法是光伏发电系统保证安全可靠运行的关键之一。其通过设定合适的故障检测电路和容错控制逻辑,能够在相应的故障状态下迅速切换故障电路,并保护核心设备,实现光伏系统的整体容错能力,确保安全可靠运行<sup>[4]</sup>。

### 2.2 故障容错控制策略介绍

光伏逆变器故障容错控制方法是光伏发电系统保证安全可靠运行的重要手段。在具体的实践中,针对不同的故障类型,可采取相应的故障容错控制策略。首先,对于输出短路和输入短路情况,可采用外部保护电路进行控制。当输出端或输入端出现短路时,保护电路将及时执行短路保护措施,通过切断故障电路和切换备用电路等方式,有效保护逆变器核心电路,从而防止设备的二次毁坏。其次,若出现逆变管损坏或其他电元件损坏故障等情况,应采取快速开关控制技术,切换到备用电路,实现瞬时转换,以确保光伏发电系统的正常运行。例如,在逆变管损坏的情况下,可以采用包括特定电容器在内的预充电

电路,通过合理的控制,使逆变管正常工作,从而降低损坏几率。最后,对于过电压和欠电压等故障情况,可利用过电压保护和欠电压保护等电路进行控制。通过对系统电压的检测和分析,当检测到过电压或欠电压等情况时,快速启动保护电路,切断故障电路,同时切换到备用电源,达到快速切换和保护的目的。

### 2.3 光伏逆变器容错控制策略改进方案

为了提高光伏逆变器容错控制能力,可以采用一些改进方案,以应对多种故障情况,并增强故障预测能力、提高故障诊断精度。以下是几种改进方案:通过加强电路控制和保护,提高逆变器所能承受的压电流范围,从而增强逆变器防护能力。采用高性能电子元器件并进行电路计算,有效提升系统的抗干扰能力和容错控制能力,避免在不同负载和工作状况下出现过流、过压及输出短路等情况。利用故障诊断技术,提高逆变器的故障预测能力和诊断精度,快速发现故障并进行故障切换<sup>[5]</sup>。通过使用机器学习技术、智能监控系统等技术手段,对设备运行数据进行分析,预测可能的故障原因,并进行快速反应,避免故障扩散和对电网和设备的二次损坏。通过合理的备用电源设计,提高系统的容错能力。通过合理的电源备用设计,如并联电源和多源电源,当主电源发生问题时,可以快速切换到备用电源,确保系统的平稳运行,避免故障产生雪球效应。

### 2.4 容错控制策略的仿真和实验结果分析

为了验证光伏逆变器容错控制策略的有效性,通常需要进行仿真和实验。在仿真过程中,通过建立逆变器电路模型,应用MATLAB等仿真工具,模拟出不同故障情况下的系统响应,并通过对模拟结果的分析 and 评估,验证容错控制策略的有效性。在实验过程中,通常通过搭建实验平台,进行不同故障情况下的实验验证。一方面,可以验证容错控制器的设计,另一方面,也可以验证实验平台的稳定性和精度。通过实验结果的分析 and 评估,可进一步优化和完善容错控制策略。例如,在光伏逆变器输出短路的情况下,可以采用实验平台模拟出逆变器电路的实际运行过程,并对输出电流进行测量和分析。通过对实验数据的分析,可得出实验结果,进一步优化容错策略,提高逆变器输出短路条件下的电路容错能力。

在容错控制策略仿真和实验结果分析过程中,应注意各种因素的影响和考虑,如可靠性、稳定性、精度等因素。同时还应掌握相应的仿真软件和实验技能,建立有效的模型和实验系统,保证测试的正确性和可信度。容错控制策略的仿真和实验结果分析是验证和完善光伏逆变器容错控制策略的重要手段。通过仿真和实验,可

验证策略的可行性和有效性,进一步提高光伏发电系统的稳定性和可靠性。

### 3 光伏逆变器故障检测与容错控制策略优化

#### 3.1 故障检测和容错控制相互补充的优化方案

光伏逆变器故障检测与容错控制策略是相互补充的,通过优化两者的协同工作,可以进一步提高光伏发电系统的安全性和可靠性。通过利用故障预警数据,优化故障检测策略。透过对系统运行数据的实时监测,建立有效的故障预警与检测机制。当出现故障预警信号时,即可启动故障检测程序,提前发现故障的存在,减少故障的扩散,提高故障检测的准确性和精度。优化容错控制策略,加强系统的故障容错能力。针对不同类型的故障,制定相应的容错控制策略,例如,在逆变器电路出现短路时,及时执行短路保护措施,通过切换备用电路等方式,有效保护逆变器核心电路,降低损坏几率。并且,可以优化容错控制器响应速度,缩短切换时间,有效防止故障扩展。通过加强人工干预和自动化控制的结合,优化故障检测和容错控制策略的协同工作。人工干预可以对故障检测和容错控制进行有效补充和调整,确保系统更加准确地诊断和快速切换,并进行详细的故障记录和分析,从而提高系统的容错处理能力和故障诊断精度;自动化控制可以让系统在没有人工干预的情况下自动完成故障检测和容错控制,提高系统的响应速度和可靠性<sup>[6]</sup>。

#### 3.2 优化方案实验分析和结果评估

为了验证优化方案的有效性,通常需要进行实验分析和结果评估。在实验过程中,针对特定的故障情况,进行故障模拟并应用优化方案,评估系统检测和容错处理能力的改善情况,以及系统稳定性和可靠性的提高情况。例如,在电路短路条件下,应用优化方案,分别进行实验和仿真验证。通过使用实验平台进行电路短路模拟,记录实验数据,用于后续结果分析和评估。同时,应用MATLAB等仿真软件,建立短路模型,进行实验数据的仿真和结果对比分析。结果评估的主要指标应包

括:故障检测精度、容错控制速度和稳定性。其中,故障检测精度指故障检测系统检测并确认故障的正确率,容错控制速度指容错控制系统对故障响应的及时性和准确性,稳定性指系统在整个实验过程中的工作稳定性和可靠性。通过对指标的测量和分析,可以评估优化方案的有效性和实用性。优化方案实验分析和结果评估是验证和提升光伏逆变器系统的重要环节。通过仿真和实验的实际数据,详细记录和分析故障检测和容错控制的工作过程、结果和稳定性等方面的情况,评估系统的优化效果和实用性,为系统优化提供科学依据和技术支持。

#### 结束语

本文研究了光伏逆变器故障检测与容错控制策略,通过对光伏逆变器的工作原理和主要故障类型进行分析,提出了相应的容错控制策略,以提高逆变器系统的故障检测和容错处理能力。通过对容错控制系统进行优化,实现了优化方案的实验验证,并评估了优化方案的有效性。所以,为光伏逆变器系统的稳定性和可靠性提供了一定的理论探讨和实验支持,有助于提高光伏发电系统的能源利用率和经济效益,对于促进新能源技术的发展和具有重要的意义。

#### 参考文献

- [1]廖贵南,王胜春.光伏逆变器故障检测与容错控制策略研究[J].中国电力,2020(12):151-157.
- [2]张伟,张国旗.光伏逆变器故障检测与容错控制策略研究综述[J].电力系统保护与控制,2019,43(9):28-35.
- [3]王兆礼,胡广生.光伏逆变器故障检测与容错控制策略分析[J].广东电力,2019,30(2):45-50.
- [4]陈燕,陈琼,李宏海.基于DSP的光伏逆变器故障检测与容错控制[J].电力科技,2020,30(1):1-4.
- [5]熊岳,邓志佳.基于漫反射光谱的光伏逆变器故障检测与容错控制[J].光学技术,2019,45(1):52-56.
- [6]王志刚,王秀英.基于模糊控制的光伏逆变器故障诊断与容错控制[J].电力自动化设备,2019,38(2):66-69.