

# 微电网运行故障检测与保护现状研究

艾世强, 周 鹏, 潘 旭

国网辽宁省电力有限公司, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2024年11月20日; 录用日期: 2024年12月13日; 发布日期: 2024年12月24日

## 摘 要

在新能源技术广泛应用的年代, 微电网系统的稳定运行越来越重要, 现阶段常规的电网故障检测和保护技术已经不能满足需求。因此, 有必要根据微电网的运行特点, 研究微电网故障分析和保护方案。研究发现微电网故障检测分为单一特征检测与多特征检测两种, 单一特征故障检测虽然易于试验但容易出现误报, 多特征故障检测虽然技术要求更高但更加准确。在微电网运行保护方面主要有基于本地信息和信息交流两种方案, 基于本地信息的微电网保护方案虽然易于实现但不适用于微电网的智能化发展, 希望本研究结果能够为提高微电网运行故障检测与保护水平提供理论参考。

## 关键词

微电网, 故障检测, 保护

# Research on Synchronization Control of Communication Network in Power Electronic System

Shiqiang Ai, Peng Zhou, Xu Pan

State Grid Liaoning Electric Power Co., Ltd., Shenyang Liaoning

Received: Nov. 20<sup>th</sup>, 2024; accepted: Dec. 13<sup>th</sup>, 2024; published: Dec. 24<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In the era of wide application of new energy technology, the stable operation of microgrid system is becoming more and more important. At present, the conventional power grid fault detection and protection technology can no longer meet the demand. Therefore, it is necessary to study the fault analysis and protection scheme of microgrid according to the operation characteristics of microgrid. The study found that microgrid fault detection is divided into two types: Single feature detection and multi-feature detection. Although single feature fault detection is easy to test but prone to false

positives, multi-feature fault detection is more accurate although the technical requirements are higher. There are two main protection schemes based on local information and information exchange in microgrid operation protection. Although the protection scheme based on local information is easy to implement, it is not suitable for the intelligent development of microgrid. It is hoped that the results of this study can provide a theoretical reference for improving the fault detection and protection level of microgrid operation.

## Keywords

Microgrid, Fault Detection, Protection

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着新能源技术的不断发展，以绿色可再生能源为主要组成部分的微电网在电力系统中起着重要作用。微电网是包含储能装置、分布式电源、用电负荷和保护装置在内的一套微型供电系统，通过将不同类型的分布式电源有序组合、统一调度、精准调控，可以实现对可再生能源更为有效的利用。这种方便快捷的运行特性，突显微电网经济性的优点，若是将其应用在架设输电线路成本过高的偏远地区则会节约成本和提高输电效率。

微电网与传统的大电网不同的是通过内部分布式电源为负荷供电，微电网与大电网相比较，微电网中的电源容量和惯性会更小一些。随着大量分布式电源的陆续加入，如果微电网线路发生短路故障，在输电线上的电流会双向流动。除此以外，与微电网相连接的传统电网容量远大于与之相连的微电网的容量，所以微电网并网运行时内部故障故障电流较大，而在孤岛运行时故障电流较小。在这些不同的情况下，传统的继电保护受到了限制，产生的故障电流与电网结构、分布式电源类型、不同的运行方式等影响并且故障电流的变化范围很广，使得常规的电网故障检测和恢复技术已经不能准确识别和保护，需要寻找新的故障检测与保护方案去应对。

## 2. 我国微电网发展现状

在过去的很长时间内，我国的能源整体结构仍是以煤炭为主，对周围环境的污染较大。随着国家能源结构的稳定调整，以煤炭为主要能量来源的能源结构需要改变，风能、太阳能、核能等清洁能源的构成比例持续提高。我国的微电网系统是由分布式我国的微电网系统主要是通过现代电力电子控制装置将传统电源或分布式绿色电源与用电负荷相连接构成的微型电力系统。能够自由切换运行在并网和孤岛两种状态下，并满足微电网外部不同用电负荷的需求以及安全可靠的运行。目前我国微电网建设主要有三种：第一种是城区可再生分布式能源，如北京市海淀区北部新区新能源微电网示范项目；第二种为海上岛屿输电网，如珠海万山岛智能微电网示范项目等；第三种是西北偏远地区微电网，如甘肃酒泉肃州区新能源微电网示范项目等。随着双碳目标的不断达成，且在国家大力推动下，我国微电网的建设与发展已经形成较为完善的体系，能够为我国改善生态环境和推动产业优化持续注入动能。

## 3. 微电网主要功能

### 3.1. 提高供电可靠性

微电网可以在并网和孤岛两种状态下运行，在传统电网线路发生故障的时候，微电网可以处于孤岛

运行情况，成为独立的供电系统。安全稳定地为负荷提供电力。此外，微电网可以通过现代电力电子技术，在大电网发生波动的时候，为其提供有效地调节，保证电网稳定运行。这也侧面反映微电网可以提高用户和传统电网的供电可靠性。

### 3.2. 实现偏远地区稳定供电

针对偏远地区，一般地形都比较复杂。架设大电网的输电线网架难度较大，且投资成本较高，偏远地区使用电能较少导致收益偏低，这与电网的经济性相违背。因此，投入建设微电网，可以弥补传统电网供电的缺陷，实现供电的普及性。

### 3.3. 电力供应满足需求特殊电力用户

医院、警察局等特殊场合对电能质量和供电可靠性要求很高，这就对大电网提出了挑战，要求保证电能质量的同时还要保证负荷不间断供电[1]。微电网不仅可以通过电力电子器件并入大电网改善电网的电能波动，也能在大电网外部线路出现故障的情况下，微电网转变为独立于大电网系统的供电系统，持续为特殊用户提供稳定可靠的电能，保证重要负荷不会受到停电的影响。

## 4. 微电网运行故障的检测

### 4.1. 单一特征故障检测

微电网运行过程中常见的单一特征故障主要有阈值故障、信号分析故障、分类器故障三种。从阈值故障检测来看，根据经验值事先设定好阈值，在电力系统发生故障的时候，就会出现超出或低于正常值，这样就会触发报警信号。本方法原理简单，易于实现。缺点是一旦阈值选取不当，就会出现故障信息的虚警或误报，且一刀切的处理方式使得故障检测的准确性一般不高，这种判定是传统保护最常见的方式之一。从信号分析故障检测来看，在信号与系统中，时域范围内信号的特征，有些情况下无法用数学方法去直观的表达，信号的产生较为抽象。因此，提出了一种可以通过傅里叶变换对信号进行分解的频域方法[2]。随着信号分析学科的进一步发展，又提出了小波分析、经验模态分解变换等。从分类器故障检测来看，分类器实际上是通过算法模型进行分类。虽然微电网单一特征故障检测也是基于信号传递来进行故障检测，但多依靠主观经验进行判断缺乏科学性，这也使得单一特征故障检测只能满足以往结构简单且规模较小的微电网，随着微电网规模的扩大和结构愈加复杂，单一特征故障检测的准确度和稳定性也势必会下降，无法保障微电网的运行与管理效率，需要对传统单一特征故障检测进行升级。

### 4.2. 多特征故障检测

微电网运行过程中常见的多特征故障是指有两种及以上的故障现象，多特征故障检测是指将阈值故障检测与信号分析故障检测其中的一种同分类器故障检测结合使用，目前，这种方法比较流行。有研究指出，将故障信号通过小波变换或者是变换域进行分解，得到带有原始数据真实量的主要特征，最后通过分类器进行分类识别。利用重叠离散小波变换优化 BP 神经网络参数的算法，该方法能够快速识别故障位置，不会被故障初始角度和线路上的电阻所影响，抗干扰能力强，对故障类型的识别可靠性高[3]。也有研究认为利用故障区域的保护信息，与深度学习算法相结合，并采用三端行波故障测距法确定孤岛微网的故障区域。优点是检测精度非常高，缺点是成本较高[4]。Som 研究指出，在微电网故障检测过程中可以通过设置多特征量提高准确率，但如何构建多输入特征值故障检测方法仍是亟待解决的问题[5]。由此可以看出，微电网多特征故障检测判定标准更加客观且科学，能够规避传统单一特征故障检测结果精度低和速度慢的缺点。

## 5. 微电网运行故障的保护

### 5.1. 基于本地信息的微电网保护方案

基于本地信息的微电网保护方案的基本思想是在不改变原有保护配置的基础上,通过对传统保护方案的改进来适应微电网的故障特性。由于保护之间不需要相互通信,可靠性高,投资少,不需要额外的通信设备。传统的微网保护一般采用断路器或继电器来控制线路的通断。这种保护相对简单,但影响线路供电。Zhang 等研究指出,可以通过测算故障距离来优化微电网的保护方案,此种方法主要是在各保护区的导纳继电器上采用反时限特性,通过对继电器上的电气量进行判断,主要是利用电压和电流的幅值控制保护设备动作的时间长短直接与故障点的位置信息反相关[6]。有研究指出,当系统发生故障时,通过分析保护设备安装点的电气量并结合测量阻抗,提出了一种基于天牛须搜索的过电流保护算法,对改进型反时限电流保护的参数进行了优化,以保证相邻保护的配合[7]。也有研究发现,以逆变器输出电压为启动判据,结合母线两端电流突变,保证两种运行状态都能准确区分区内、区外故障,切除故障线路,实现保护功能[8]。虽然此种保护方法能够根据地区特点开展有针对性的微电网保护,但随着线路规模的不断扩大,线路保护的继电保护设备会出现拒动或误动,导致出现误判,使得微电网运行不稳,管理成本和难度上升。由此可以看出,在传统保护方案的基础上进行改进能够提高对微电网的保护效果。

### 5.2. 基于信息交流的微电网保护方案

在信息交流下,微电网的保护方案的思想就是要实现对微电网网络信息交换的保护,该方案具有较高的精度,这也是目前电力系统保护的一个研究热点方向。随着微电网的进一步发展,信息交换越来越频繁复杂,需要提高信息处理能力。有研究指出,利用广域信息为所选的不受网络结构影响的组件建立相关域索引,该方法利用建立的索引去判断故障范围,在信息完整或信息缺失的情况下依旧可以准确的识别故障区域[9]。也有研究提出一种基于系统保护设备采集的故障信息的微电网检测算法,该算法原理简单,运算速度快,微电网不仅可以实现多故障定位,而且不受网络切换和结构变化的影响,提高对微电网运行的保护效果[10]。基于网络信息的微电网保护技术不仅可以实时地观测到电力系统的运行情况,而且在故障时仍能正常工作,具有良好的适应性。微电网的规模在未来发展过程中势必会进一步扩大,结构也会更加复杂,原有基于本地信息的微电网保护方案已经无法满足微电网发展需求,特别是在对微电网运行效率、稳定性有更高要求的条件下,普及基于信息交流的微电网保护方案也是发展趋势。

## 6. 总结

综上所述,微电网的建设与发展对于优化我国能源结构、保护生态环境和推动电力行业高质量发展有重要作用,传统单一特征故障检测和基于本地信息开展的微电网保护方案已经无法满足未来微电网的发展需求,所以在大力发展微电网的同时也要注重对故障检测与保护方案进行升级,以满足微电网的智能化发展需求,特别要注重多特征故障检测和基于信息交流的微电网保护方面的研究与应用。

## 参考文献

- [1] 王彬,孙勇,吴文传,慕宗达. 协同电网安全性与经济性的新能源优先实时调度方法及应用[J]. 电力系统自动化, 2020, 44(16): 105-113.
- [2] 钟毅. 基于深度学习的微电网故障检测研究[D]: [硕士学位论文]. 芜湖: 安徽工程大学, 2020.
- [3] 陈佳慧,高彦杰,靳一玮. 基于 MODWT 和 BP 神经网络的微电网故障诊断方法[J]. 上海电力大学学报, 2021, 37(1): 57-60, 77.
- [4] 朱愉田,李华强. 基于深度强化学习的孤岛微电网故障区域判定[J]. 计算机仿真, 2021, 38(7): 78-82.

- [5] Som, S. and Samantaray, S.R. (2018) Efficient Protection Scheme for Low-Voltage DC Micro-Grid. *IET Generation, Transmission & Distribution*, **12**, 3322-3329. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2017.1533>
- [6] Zhang, L., Tai, N., Huang, W. and Wang, Y. (2018) Fault Distance Estimation-Based Protection Scheme for DC Microgrids. *The Journal of Engineering*, **2019**, 1199-1203. <https://doi.org/10.1049/joe.2018.8614>
- [7] 曹喆, 季亮, 常潇, 等. 基于复合故障补偿因子的微电网反时限电流保护方法[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(20): 133-140.
- [8] 张苏敏, 古斌, 曹良丰, 等. 输电线路相差保护新原理[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(2): 76-83.
- [9] 王江萍, 尹柏清, 陶军. 基于广域方向信息的故障区域判定方法分析[J]. 内蒙古电力技术, 2020, 38(5): 5-8, 29.
- [10] 马腾飞, 高亮. 含多微网的主动配电网故障区段定位算法[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(7): 64-68.