

智能供配电系统的自适应保护与故障隔离的研究

陈 婷

中钢集团马鞍山矿山研究总院股份有限公司, 安徽 马鞍山 243000

[摘要] 智能电网技术的进步推动了自适应保护与故障隔离在智能供配电系统中的深入研究, 该研究领域在电力系统中的地位日益显著。在发生故障时, 常规的电力供应和分配网络往往不能自行调整或隔离问题, 这就造成了电力稳定性下降和潜在的安全风险。文中首先对智能供配电系统的结构及发展情况进行了详细剖析, 并讨论了自适应保护的重要性和基本原理。随后, 研究利用了智能算法进行故障检测与隔离的技术。最终, 提出了一种融合模型预测控制 (MPC) 与机器学习的自适应保护新策略。文中通过具体实例探讨, 证实了所提策略在增强供配电系统的稳定运行以及减少故障处理响应时长上的显著功效。研究显示, 自适应保护和故障隔离技术的应用, 不仅增强了智能供配电系统的安全和稳定性, 也为智能电网的进一步发展奠定了技术基础。

[关键词] 智能供配电系统; 自适应保护; 故障隔离

DOI: 10.33142/hst.v7i11.14307

中图分类号: TM732

文献标识码: A

Research on Adaptive Protection and Fault Isolation of Intelligent Power Supply and Distribution System

CHEN Ting

Sinosteel Maanshan General Institute of Mining Research Co., Ltd., Maanshan, Anhui, 243000, China

Abstract: The advancement of smart grid technology has promoted in-depth research on adaptive protection and fault isolation in intelligent power supply and distribution systems, and this research field is increasingly prominent in the power system. When faults occur, conventional power supply and distribution networks often cannot adjust or isolate issues on their own, resulting in decreased power stability and potential safety risks. The article first provides a detailed analysis of the structure and development of intelligent power supply and distribution systems, and discusses the importance and basic principles of adaptive protection. Subsequently, the study utilized intelligent algorithms for fault detection and isolation technology. Finally, a new adaptive protection strategy combining model predictive control (MPC) and machine learning was proposed. Through specific examples, the article confirms the significant effectiveness of the proposed strategy in enhancing the stable operation of the power supply and distribution system and reducing the response time for fault handling. Research shows that the application of adaptive protection and fault isolation technology not only enhances the safety and stability of intelligent power supply and distribution systems, but also lays the technical foundation for the further development of smart grids.

Keywords: intelligent power supply and distribution system; adaptive protection; fault isolation

引言

在面临全球能源构成变革和智能电网技术进步的当下环境, 确保供配电系统的安全与信赖度成为了越来越关键的议题。在多种故障情况下, 传统的供配电系统通常难以迅速作出反应和智能调整, 从而可能引起电力中断、损坏设备以及造成经济损失等一系列后果。自适应保护与故障隔离在智能供配电系统研究及实施中, 具有特别显著的重要性, 采用自适应保护技术, 能对电力系统实时监控所得数据进行即时分析与判断, 达到对故障的快速检测、定位和隔离的目的, 确保了电力系统运行的稳定与安全。本文针对智能电力供配电体系, 探究其自适应防护与故障分离机制, 以期为电力行业的智能化升级提供科学理论和实际应用的借鉴。

1 智能供配电系统的概述

对于现代电力系统, 智能供配电系统扮演着关键角色。

它主要通过智能化管理电力以及高效分配电力, 伴随着全球能源构成的转变和技术持续发展, 传统的电力配送架构逐渐无法应对不断增加且日益复杂的电力需求^[1]。信息通信技术、自动化控制技术与电力系统技术融合的智能供配电系统, 其设计目标为实现供电的高可靠性、高标准安全以及优化经济性, 构成智能配电系统的要素涵盖了自动监控装置、信息传递网路、数据处理中心及电力设施等关键部分, 它们协同工作, 完成数据的即时搜集、深入分析和迅速回馈, 从而使系统具备对负载变动和突发故障的自主调控能力。

智能供配电系统的发展现状揭示了全球对先进技术的广泛采纳, 如传感器、智能电表以及自动化控制设备, 这些技术的融合为系统效率和灵活性的提升贡献显著。资源的整合与新能源的接入, 尤其是电动汽车的充电需求, 推动了智能供配电系统在电力行业中的应用扩展, 进而促

进了该行业的绿色转型。引入自适应保护技术后,系统得以在故障发生时迅速进行识别并隔离,进而减轻对用户的影响。未来,智能供配电系统的发展将着眼于提升智能化程度、实现互联以及增强自主决策能力,以此来应对电力供应领域愈发复杂的挑战。该智能供配电系统确保了电力供应的安全与可靠性,同时,它也为能源的有效使用及环境的持续发展提供了坚实的支撑。

2 自适应保护技术的原理与方法

在智能供配电系统中,一种关键的保护机制是自适应保护技术,它通过实时调整保护参数,适应系统运行状态和环境变化,从而增强系统的安全与可靠性。在常规的保护技术中,通常会运用一组固定的参数来进行保护,若这些参数发生变异,则有可能引起保护功能的不当失效或误触发。自适应保护技术能够实时监控电力系统的运行状况,自动分析数据并调整保护参数,以有效适应不断变化的电力系统环境^[2]。

自适应保护技术依托智能算法和数据分析,实时搜集系统运行资讯,以实现故障的即时辨认与评估。当系统出现故障时,它能快速诊断问题所在、当前运行状态,并利用自学习能力调整保护设定值,以保证保护措施的准确性与及时性。

实施自适应保护技术依赖着一个强大的信息通信网络基础设施,此基础设施保证了数据能够进行实时传输与处理,采用数据融合技术,综合不同设备和传感器收集的信息,建立系统的全面运行状态模型,为自适应决策制定提供了数据支持。自适应保护技术的应用,不仅提高了供配电系统的智能化程度,而且在突发事件的应对上,也显示出了显著的效果,从而确保了电力系统的安全稳定运行。在电力领域,智能技术的持续进化推动了自适应保护技术的普及,这为更高效、安全的电力供应提供了坚实的技术基础。

3 故障检测与隔离技术

在智能供配电系统中,故障检测与隔离技术扮演了不可或缺的角色。它的主要任务是在系统出现故障时,迅速且精确地进行识别,并在最短时间内将其隔离开来,确保供电系统的安全稳定运行。通过技术的切实执行,可以大幅减少电力系统故障对设备及供电品质的负面作用,从而保障电力供应的稳定性,不影响正常用户的使用。进行故障诊断时,需对电网的各项关键性能指标进行即时评估,其中包括电流、电压水平以及频率稳定性等。若检测到特定参数值逾越了既定的安全限制,该系统便会激活故障检测程序,进而对发生的故障类别作出判定。仰赖于信号处理、数据挖掘以及人工智能等前沿科技,正逐渐成为众人瞩目的焦点。算法可以通过分析过去的的数据,来训练模型以侦测可能出现的故障模式,这样提升了故障检测的精确性与时效性^[3]。

一旦检测到故障,迅速启动隔离机制,从而切断受影

响区域的电气设备,避免故障扩散。在故障发生后,智能化的开关与继电保护设备能自动实施隔离操作,保障系统安全。实现该系统中的这一流程,不仅依靠硬件的迅速响应,还依赖信息传输系统的实时数据交流与命令传递。实施精确的故障隔离措施,确保了电源系统的其他部分维持稳定运作,最大限度减少了故障区域对整个系统的影响。

在智能供配电系统中,有效运用故障检测与隔离技术,是确保其运行安全与可靠的根本途径。技术的持续进步预示着将来将出现大量尖端检测与隔离技术,这些技术的融入将增强电力供应系统应对故障的能力,从而确保供应的稳定性与可靠性。

4 基于模型预测控制与机器学习的自适应保护策略

4.1 模型预测控制的基本原理

模型预测控制策略,是基于系统模型的一种先进控制方法。在工业过程控制、机器人技术、航天技术以及诸多复杂动态系统控制领域得到了广泛应用,本方法基于动态模型构建,目的是预测系统行为并在未来一段时间内利用此预测来优化输入控制,以达成既定的控制目标。多变量控制问题(MPC)的处理,主要特征在于它对系统内的不确定因素以及各种约束条件的有效应对。模型预测控制的关键在于对优化问题进行有效的解答,该控制器能够不断获取系统当前的状况数据,并利用这些数据以及系统模型,对将来的多个采样瞬间内系统可能产生的输出进行预测。在这一过程中,多变量预测控制器(MPC)应用了一个包含误差项及控制输入变化率在内的成本函数,以此来评估所采用控制策略的有效性。旨在将成本函数降至最低的同时,确保遵循系统预设的各类约束条件,诸如输入输出范围限制以及动态约束等。在具体实践中,多目标规划(MPC)往往通过不断更新优化时域策略来实现操纵控制,在每个控制瞬间,控制器重新求解一个优化问题,以获得一系列的控制输入。尽管优化过程输出了多种控制步骤,但该控制器仅实施首个控制动作对系统进行调整,随后便进入闲置状态,直到下一个控制时点到来,届时将启动新一轮的优化过程。借助该策略,系统能依循实时反馈与外界影响,灵活调变控制方案,进而强化了其鲁棒性和调整能力^[4]。

4.2 机器学习在自适应保护中的应用

在电力系统保护领域,自适应保护系统中的应用正逐渐成为机器学习的一个重要发展方向。自适应保护的关键之处在于,它能即时修改保护措施,适应各种运行状况和故障特点的变化。在电力系统中,传统的保护措施往往依赖于特定的算法和临界值,面对复杂、多变的系统状态,尤其是在故障表现形式各异且环境条件经常变动的情况下,这些传统的保护手段往往难以实施有效的应对。引入机器学习技术,为自适应保护机制带来了新颖的思路和策略。这种方法能够依托历史信息进行学习及优化,从而显著提高保护机制的可靠性与适应性。

利用机器学习技术,可以自动从电力系统中提取并学习特征信息,其方法依赖于数据的驱动,自适应保护系统中,故障与正常运行状态下的信号特征存在明显不同。分析大量历史数据,机器学习算法能辨识出故障模式及其特征,据此构建故障识别模型,借助监督学习策略。历史故障数据经标注后,能令模型掌握故障类别、电流及电压波形的动态变化特性。在实际运作过程中,该模型能够对设备的状态进行实时跟踪,并在发现异常情况时立即触发警报,这样就极大地提升了故障识别的精确度^[5]。

将机器学习应用于自适应保护系统中也面临一些挑战。机器学习模型的有效性依赖于大量高质量的训练数据,而电力系统故障的发生频率相对较低,获取足够的标记数据可能困难。此外,模型的可解释性问题也是一个重要考量,尤其是在安全性至关重要的电力系统中,保护系统的决策过程需要能够被理解和验证,以便进行必要的调整和优化。机器学习算法的实时性和计算复杂性也是在实际应用中需要解决的问题,尤其是在大规模电力系统中,如何保证模型的高效运行是一个值得深入研究的方向。

机器学习在自适应保护中的应用为电力系统的安全性和可靠性提升提供了新的思路和方法。通过自动化的数据分析、智能决策和故障定位,机器学习技术能够大幅提高自适应保护系统的性能,适应快速变化的电力环境。未来,随着数据获取和处理能力的提高,机器学习在电力系统自适应保护中的应用将更加广泛,为电力系统的智能化和自动化发展奠定坚实基础^[6]。

4.3 自适应保护策略的设计与实现

自适应保护策略的设计与实现是智能供配电系统中一项重要的技术任务,旨在提高电力系统在各种运行条件下的安全性和可靠性。自适应保护系统的核心目标是根据实时数据和环境变化动态调整保护策略,以应对不同的故障情形和运行状态。为此,设计和实现自适应保护策略需要考虑多个因素,包括系统的复杂性、故障特征的多样性以及环境的动态变化。自适应保护策略的设计需基于系统的实际运行环境和历史数据,电力系统中各种设备的工作条件、负载变化和外部环境的影响都可能导致不同类型的故障^[7]。因此,在设计自适应保护策略时,必须充分考虑这些因素,进行详细的需求分析。通过对历史故障数据的分析,可以识别出故障发生的主要模式和特征。这些模式的识别有助于构建故障诊断模型,并为自适应保护策略的制定提供理论依据。如:利用机器学习技术对历史故障数据进行分类和聚类分析,系统能够学习到故障的特征模式,从而为实时监测和故障诊断提供数据支持。

策略的设计需要实现动态调整和实时反应能力。自适

应保护策略的核心在于能够根据实时数据变化自动优化保护参数和策略。这就要求系统具备快速反应和自我学习的能力。如:当系统检测到负载发生显著变化时,保护策略应能够自动调整相关参数,以确保保护系统的有效性。为实现这一点,可以采用在线学习算法,使得保护系统在运行过程中持续学习并更新其模型,从而提高适应能力。同时,在设计策略时,需要制定明确的决策规则,以确保在不同情况下系统能够做出迅速且准确的响应。自适应保护策略的实现需要依赖于先进的技术手段,尤其是信息通信技术和数据处理能力的提升。智能传感器和监测设备的应用,使得系统能够实时获取运行数据并传输到中心控制系统。在数据处理方面,利用大数据分析技术,可以对海量的监测数据进行快速处理和分析,从而为自适应保护策略的实施提供实时支持^[8]。

5 结束语

综上,智能供配电系统的自适应保护与故障隔离研究具有重要的现实意义。通过先进的技术手段与算法的应用,智能供配电系统能够在复杂多变的环境中实现动态的保护与隔离,提高电力系统的安全性和可靠性。未来,随着技术的不断进步与应用的深入,这一领域的研究将进一步促进智能电力系统的健康发展,为实现可持续供电和高质量服务提供强有力的保障。

[参考文献]

- [1]张伟,杨帅,石振东,等.基于智能防窃电终端的新型配电网系统可靠性提升研究[J].环境技术,2024,42(8):132-138.
 - [2]宋熙.低压智能配电系统在居民用电中的应用[J].内江科技,2024,45(7):88-90.
 - [3]崔梓莹.人工智能技术在输配电系统监控中的应用[J].集成电路应用,2024,41(7):362-363.
 - [4]吴颖颖.输配电系统中智能电网技术的应用研究[J].光源与照明,2024(6):189-191.
 - [5]顾洋洋.智能供配电系统关键技术探究[J].大众标准化,2024(10):56-58.
 - [6]黄奕翔.变配电系统智能监控与故障诊断技术研究[J].电气技术与经济,2024(5):307-309.
 - [7]侯富永.控制技术在智能供配电系统中解决方案分析[J].集成电路应用,2024,41(5):384-385.
 - [8]孙立飞,支昊.人工智能与大数据技术在变配电系统中的应用[J].集成电路应用,2024,41(1):260-261.
- 作者简介:陈婷(1984.7—),女,现居于安徽省马鞍山市,汉族,本科,高级工程师,就职于中钢集团马鞍山矿山研究院股份有限公司,主要从事高低压供配电设计工作。