

关于新型电力系统继电保护影响研究

高学军¹ 高恺阳²

1. 鄂尔多斯供电公司变电管理二处 内蒙古 鄂尔多斯 017100

2. 石河子大学 新疆 石河子 832061

摘要: 本文旨在探讨新型电力系统下继电保护的重要性、特点、面临的挑战以及未来的研究方向。随着新能源的快速发展和广泛应用,新型电力系统逐渐形成了清洁低碳、灵活高效和安全可控的电力供应体系。然而,这一变革对传统的继电保护技术提出了严峻挑战,需要深入研究并创新继电保护技术以适应新型电力系统的需求。

关键词: 新型电力系统; 继电保护; 新能源; 挑战; 研究方向

引言: 随着全球能源结构的转型和“双碳”目标的提出,构建以新能源为主体的新型电力系统已成为电力行业的重要发展方向。新型电力系统不仅提高了能源利用效率,还促进了能源结构的优化和可持续发展。然而,新能源的随机性和波动性给电力系统的稳定运行带来了新的挑战,特别是继电保护技术作为保障电力系统安全稳定运行的关键环节,其重要性日益凸显。

1 研究新型电力系统继电保护的重要性

1.1 继电保护的基础作用

继电保护是电力系统中不可或缺的一环,它承担着监测系统运行状态、及时发现并隔离故障的重要职责。当电力系统中的任何一部分出现故障时,继电保护装置能够迅速动作,切断故障源,防止故障扩大,从而保护电力设备免受进一步损害,并确保电力系统的其他部分能够继续安全稳定运行。这一作用在新型电力系统中尤为关键,因为新能源的接入使得电力系统的运行更加复杂多变,任何小的故障都可能引发连锁反应,导致整个系统瘫痪。

1.2 应对新能源接入的挑战

新能源的接入是新型电力系统最显著的特点之一。但与传统能源相比,新能源的出力具有不确定性和间歇性,这使得电力系统的运行特性发生了显著变化^[1]。如风电和光伏的发电量受天气条件影响大,波动性强,容易对电网的电压和频率造成冲击。此外,新能源的接入还改变了电网的短路电流特性和故障传播路径,使得传统的继电保护策略可能失效。因此研究新型电力系统继电保护技术,必须充分考虑新能源的特性,开发出能够快速、准确识别并隔离新能源接入引发的故障的保护方案。

1.3 适应电力电子器件的广泛应用

随着电力电子技术的飞速发展,电力电子器件在新型电力系统中的应用越来越广泛。然而,电力电子器件

的脆弱性和非线性特性也给继电保护技术带来了新的挑战。一方面,电力电子器件的抗过载能力有限,对故障冲击的承受能力较弱,需要继电保护技术快速响应并隔离故障,以防止设备损坏。另一方面,电力电子器件的广泛应用使得电力系统的故障特征更加复杂多变,传统的基于电流、电压等电气量的保护原理可能无法准确反映故障信息。因此,研究新型电力系统继电保护技术,必须深入探索电力电子器件的故障特性,开发出能够适应其特点的保护策略。

1.4 提高电力系统的可靠性和稳定性

新型电力系统的建设旨在提高能源利用效率、促进能源结构优化和可持续发展。但这些目标的实现离不开一个稳定可靠的电力系统作为支撑。继电保护技术作为电力系统的重要组成部分,其性能直接关系到电力系统的整体可靠性和稳定性。只有确保继电保护技术能够快速、准确地识别并隔离故障,才能有效防止故障扩大、保护电力设备免受损害、确保电力系统的安全稳定运行。因此,研究新型电力系统继电保护技术对于提高电力系统的可靠性和稳定性具有重要意义。

2 新型电力系统的特点与影响

在全球能源转型的浪潮中,新型电力系统正逐步成为未来电力发展的主流方向。这一系统以清洁低碳、灵活高效和安全可控为核心特征,不仅顺应了环境保护和可持续发展的需求,也为电力行业的技术创新和产业升级提供了广阔的空间。然而,新型电力系统的构建也伴随着一系列深刻的变化,对继电保护技术产生了深远的影响。

2.1 清洁低碳的能源结构

新型电力系统最显著的特点之一是能源结构的清洁低碳化。随着风电、光伏等新能源的大规模接入,传统化石能源在电力系统中的占比逐渐降低^[2]。这种转变不仅减少了温室气体的排放,缓解了环境压力,还促进了能

源结构的多元化和可持续发展。然而新能源的出力具有天然的不确定性和波动性,如风电受风速影响、光伏受光照强度和云层遮挡影响等,这使得电力系统的电源侧呈现出更加复杂多变的特性。这种变化要求继电保护技术必须具备更高的适应性和灵活性,以应对新能源出力波动带来的挑战。

2.2 灵活高效的运行方式

新型电力系统在运行方式上更加灵活高效。一方面,电力电子器件的广泛应用使得电力系统的控制更加精确和快速,能够实现有功无功的灵活调节和快速响应负荷变化。另一方面,直流输电技术的发展打破了传统交流输电的限制,实现了电能的远距离、大容量、低损耗传输。这些变化使得电力系统的运行更加灵活多变,但同时也对继电保护技术提出了更高的要求。例如,电力电子器件的故障特性与传统电力设备存在显著差异,需要开发针对性的保护策略;直流输电系统的故障传播速度快、影响范围广,需要更加快速、准确的保护动作来隔离故障。

2.3 安全可控的保障体系

新型电力系统在构建过程中始终将安全可控放在首位。随着电力系统的规模不断扩大和复杂程度不断提高,保障系统的安全稳定运行成为了一项艰巨的任务。新型电力系统通过引入先进的监测、控制和保护技术,实现了对电力系统运行状态的实时监测和快速响应。并且通过构建多层次的防御体系和应急预案,提高了电力系统的抗风险能力和应急处理能力。然而,这也对继电保护技术提出了更高的要求。继电保护技术不仅需要快速、准确地识别并隔离故障,还需要与电力系统的其他部分紧密配合,共同维护电力系统的安全稳定运行。

2.4 对继电保护技术的新要求

新型电力系统的特点与影响对继电保护技术提出了新的要求。首先,继电保护技术需要具备更高的适应性和灵活性,以应对新能源出力波动和电力电子器件故障带来的挑战。其次,继电保护技术需要更加快速、准确地识别并隔离故障,以保障电力系统的安全稳定运行。此外,随着智能电网和物联网技术的发展,继电保护技术还需要与这些先进技术相结合,实现智能化、网络化的发展。如通过引入大数据、人工智能等先进技术,提高继电保护的智能化水平和故障预测能力;通过构建统一的信息平台和网络架构,实现继电保护的远程监控和集中管理。

3 新型电力系统继电保护面临的挑战

在新型电力系统的构建与运行过程中,继电保护技

术面临着前所未有的挑战。这些挑战主要源自新能源的大规模接入、电力电子器件的广泛应用以及新场景的不断涌现,它们共同塑造了电力系统的新面貌,也对继电保护技术提出了更高的要求。

3.1 故障电流特性变化带来的挑战

新能源的接入,特别是风电、光伏等分布式能源的广泛应用,显著改变了电力系统的故障电流特性。由于新能源发电设备通常通过电力电子变换器接入电网,这些设备在故障时可能无法提供足够的短路电流,导致故障电流受限^[3]。此外新能源接入还可能引起电流方向和幅值的变化,这些变化往往难以预测且快速变化,给传统基于固定电流特征的继电保护技术带来了巨大挑战。传统继电保护技术往往依赖于故障电流的幅值和方向等特征进行故障识别和判断,但在新型电力系统中,这些特征可能不再适用,从而导致继电保护装置误动或拒动,影响电力系统的安全稳定运行。

3.2 电力电子器件脆弱性带来的挑战

电力电子器件在新型电力系统中扮演着至关重要的角色,它们广泛应用于新能源发电、储能、输电和配电等各个环节。然而电力电子器件的脆弱性也是不容忽视的问题。这些器件的抗过载能力有限,对故障冲击的承受能力较弱,一旦受到故障电流的冲击,很容易发生损坏甚至引发连锁故障。因此,继电保护技术需要能够快速识别并隔离故障,以减轻对电力电子器件的冲击,保护其免受损坏。然而,由于电力电子器件的故障特性与传统电力设备存在显著差异,传统的继电保护技术往往难以直接应用于电力电子器件的保护。这要求我们必须开发新的保护策略和技术,以适应电力电子器件的特点和需求。

3.3 新场景下的保护需求带来的挑战

新型电力系统的构建还催生了许多新场景,如新能源场站、换流站、大容量远距离直流输电线路等。这些新场景具有独特的运行特性和故障特征,对继电保护技术提出了新的要求。例如,新能源场站通常包含大量的分布式发电设备和储能设备,其运行状态和故障特性复杂多变;换流站作为交流电网与直流电网之间的接口,其故障可能引发交流电网和直流电网之间的相互影响;大容量远距离直流输电线路则具有传输容量大、距离远、故障传播速度快等特点。这些新场景需要专门的保护技术和策略来保障其安全稳定运行。然而目前针对这些新场景的保护技术还不够成熟和完善,需要进一步的研究和探索。

4 新型电力系统继电保护技术的研究方向

随着新型电力系统的快速发展,继电保护技术作为

确保电力系统安全稳定运行的关键环节，正面临着前所未有的挑战与机遇。为了适应新型电力系统的特性，提升保护系统的性能与可靠性，继电保护技术的研究需向以下几个方向深入探索：

4.1 不依赖电源特性的保护原理

在传统电力系统中，继电保护往往依赖于电源的电气特性（如电流、电压等）进行故障识别与隔离。然而，在新型电力系统中，新能源的大规模接入使得电源特性变得复杂多变，尤其是分布式发电单元通过电力电子变换器接入电网，其故障特性与传统电源存在显著差异。因此，研究不依赖电源特性的保护原理成为了一个重要的方向。这一方向的研究重点在于寻找能够表征被保护对象内部故障、且不受电源特性影响的特征量。例如可以探索基于设备物理特性（如温度、振动等）或电磁场分布的变化来识别故障的方法。还可以利用现代信号处理技术和人工智能算法，从复杂的电气量中提取出与故障直接相关的特征信息，以实现更加精准和快速的故障识别。

4.2 快速故障识别与隔离技术

在新型电力系统中，由于电力电子器件的广泛应用和直流输电技术的发展，故障的传播速度往往更快，影响范围也更广。因此，提高故障识别和隔离的速度是保护技术发展的重要方向之一。为了实现这一目标，需要研究利用快速故障信息的技术手段^[4]。这包括开发高速数据采集与处理技术，以实现电力系统运行状态的实时监测和快速响应；探索基于暂态信号分析的故障识别方法，利用故障初期的暂态特征快速定位故障点；以及研究快速隔离故障的策略和算法，以减少故障对系统的影响范围和时间。

4.3 多物理场多维特征的保护原理

在新型电力系统中，一些关键设备（如大型变压器）的安全运行对于整个系统的稳定性至关重要。但这些设备的故障往往涉及多个物理场（如电场、磁场、热场等）和多个维度（如时间、空间等）的特征变化。因此构建基于多物理场多维特征的保护原理成为了一个重要的研究方向。这一方向的研究内容主要包括：建立设备多物理场耦合模型，模拟设备在不同工况下的运行状态和故障特征；提取反映设备内部故障的多维特征量，如温度分布、电磁场强度、振动特性等；以及设计基于

多维特征量的保护算法和判据，实现设备故障的精准识别和预警。此外还可以将保护防线前移，通过实时监测设备的运行状态和预测潜在故障，提前采取措施防止故障的发生。

4.4 协同保护策略

新型电力系统中电力电子设备的广泛应用为协同保护策略的实施提供了可能。这些设备具有可控性强的特点，可以通过附加控制策略来优化保护性能。因此，研究基于电力电子设备可控性的协同保护策略成为了一个重要的研究方向。协同保护策略的核心思想是利用电力电子设备的控制能力，为保护系统提供更多的信息和控制手段。例如可以通过调节电力电子设备的输出电压、电流或功率因数等参数，改变故障电流的分布和特性，从而为保护的准确判别和快速动作创造条件。另外还可以利用电力电子设备的快速响应能力，实现故障的快速隔离和恢复供电。为了实现协同保护策略，需要研究电力电子设备与保护系统之间的信息交互和控制策略。这包括建立统一的信息平台和控制协议，实现电力电子设备与保护系统之间的无缝连接和协同工作；设计基于多源信息的保护判据和算法，综合利用来自不同设备和系统的信息来提高保护的准确性和可靠性；以及研究协同保护策略下的故障恢复策略和优化方法，以最大限度地减少故障对系统的影响。

结语

新型电力系统的建设对继电保护技术提出了新的挑战 and 机遇。面对新能源接入和电力电子器件广泛应用带来的复杂运行环境，继电保护技术需要不断创新和发展。通过深入研究新型电力系统的特点和影响，探索适应新型电力系统的继电保护技术，将有助于提高电力系统的可靠性和稳定性，推动电力行业的高质量发展。

参考文献

- [1]孙建华.继电保护系统对一次设备可靠性的影响[J].科技风.2020(23):355-356.
- [2]刘云英.电力系统继电保护隐性故障的研究[J].中国设备工程.2021(14):288-289.
- [3]王旭.供电企业继电保护存在的问题及对策[J].城市建设理论研究.2020(19):169-171.
- [4]张鑫元.电力系统继电保护不稳定所产生的原因及事故处理方法分析[J].工程技术研究.2019(27):324-325.