

新型电力系统继电保护影响研究

罗宏平 王树柏

国网甘肃刘家峡水电厂 甘肃 永靖 731600

摘要:在“双碳”目标引领下,新型电力系统加速构建,逐渐成为能源领域的核心议题。本文聚焦新型电力系统对继电保护的影响展开研究。阐述了新型电力系统的基本情况,分析其使故障分析难度增加,对传统交流继电保护原理和直流系统继电保护均产生影响,同时对继电保护装置的快速性、可靠性、选择性提出更高要求。基于此,提出新型电力系统下继电保护的发展方向,包括研究不受电力电子器件控制特性影响的技术等,以推动继电保护适应新型电力系统发展。

关键词:新型电力系统;继电保护;影响研究

引言:随着电力行业的发展,新型电力系统逐渐兴起。它在结构、运行方式等方面与传统电力系统存在显著差异。继电保护作为保障电力系统安全稳定运行的关键环节,其性能和功能直接关系到电力系统的可靠性。新型电力系统的出现,给继电保护带来了诸多新的挑战 and 机遇。深入研究新型电力系统对继电保护的影响,探索继电保护的发展方向,对于保障电力系统的安全稳定运行具有重要意义,这也是本文研究的重点所在。

1 新型电力系统概述

新型电力系统是以确保能源电力安全为基本前提,是新型能源体系的重要组成部分和实现“双碳”目标的基本载体。它以坚强智能电网为枢纽平台,以源网荷储互动与多能互补为支撑,涵盖从发电到用电的多个环节,且各环节间联系紧密、协同互动。在电源侧,新型电力系统高度接纳以风电、光伏为代表的新能源。这些新能源具有随机性、波动性和间歇性特点,给电力系统的稳定运行带来挑战。电网侧,新型电力系统以坚强智能电网为核心,通过先进的通信、信息和控制技术,实现对电网的实时监测、分析与控制,提升电网的智能化水平与适应性。负荷侧,用户通过智能电表、智能家居等设备,参与电力系统的需求响应,实现与电网的双向互动,优化电力资源配置。储能环节同样是新型电力系统的关键部分,其可在电力生产过剩时储存电能,在电力短缺时释放电能,平衡电力供需,提高系统的灵活性与稳定性。与传统电力系统相比,新型电力系统在提升能源利用效率、促进节能减排、推动能源转型等方面优势明显,为经济社会的可持续发展提供了有力支撑^[1]。

2 新型电力系统对继电保护的影响

2.1 故障分析难度增加

新型电力系统的发展,极大地增加了继电保护故障

分析的复杂性。在电源侧,大规模新能源接入带来的间歇性与波动性,使系统潮流处于频繁多变的状态。当故障发生时,故障电流的大小和方向不再具有明显的规律性,给传统的故障分析方法带来巨大挑战。在电网侧,电力电子设备的广泛应用改变了系统的电气特性,其产生的谐波不仅会影响故障信号的采集与处理,还可能导致继电保护装置误动作。与此同时,柔性直流输电技术的推广,进一步模糊了故障特征,传统的故障定位和分析方法难以适应。从负荷侧来看,用户侧的双向互动与分布式能源接入,使得电网拓扑结构更加复杂,故障路径也变得更加多样化。当发生故障时,难以通过常规方法快速、准确地判断故障点和故障类型,进而影响继电保护装置的正确动作,降低电力系统运行的可靠性。

2.2 对传统交流继电保护原理的影响

2.2.1 电流保护

新型电力系统中,大量新能源接入使系统运行方式更加多变,短路电流的幅值和特性发生显著变化。传统电流保护基于固定的运行方式和短路电流水平进行整定,在新型电力系统下,由于新能源电源的控制策略和故障特性不同,故障时的短路电流可能远低于或高于预期值,导致电流保护的灵敏度和可靠性降低。例如,当新能源场站采用限流控制策略时,故障电流可能被限制在较低水平,使得电流速断保护无法快速切除近端故障。而在某些情况下,多个新能源电源同时向故障点提供短路电流,又可能使电流保护的动作值难以准确整定,造成保护误动或拒动,给电力系统安全运行带来隐患。

2.2.2 距离保护

新型电力系统中,电力电子设备的广泛应用产生大量谐波,这些谐波会对距离保护的测量元件产生干扰,导致测量阻抗出现误差。此外,系统潮流的双向流动以

及复杂的故障过渡电阻,使得距离保护的动作特性难以准确匹配。以高压输电线路为例,在新型电力系统中,线路两端可能同时存在电源,当发生故障时,故障电流的分布发生改变,传统基于单侧电源假设的距离保护可能会出现超越动作或拒动的情况。同时,长距离输电线路中的电容电流也会对距离保护的测量产生影响,进一步增加了距离保护正确动作的难度,降低了其在新型电力系统中的适应性。

2.2.3 纵联方向保护

在新型电力系统中,由于新能源电源的接入和系统运行方式的变化,纵联方向保护所依赖的故障功率方向特征发生改变。新能源场站的控制策略使得其在故障时输出的功率特性与传统电源不同,可能导致故障功率方向判断错误。而且,通信系统在新型电力系统中的应用更加复杂,通信延迟、干扰等问题可能影响纵联方向保护的动作速度和可靠性。例如,当通信通道出现故障或受到干扰时,纵联方向保护可能无法及时获取准确的故障信息,导致保护拒动或误动,影响电力系统的稳定性,难以满足新型电力系统对继电保护快速性和可靠性的要求。

2.2.4 电流差动保护

新型电力系统中,分布式电源的大量接入改变了系统的拓扑结构,使得电流差动保护的电流互感器(TA)配置和变比选择变得更加复杂。同时,由于电力电子设备的应用,电流信号中可能含有大量的谐波和高频分量,这些非工频分量会影响电流差动保护的采样和计算精度,导致差流计算出现误差,进而引发保护误动。此外,在长距离输电线路中,电容电流的影响更为突出,传统的电容电流补偿方法难以适应新型电力系统的要求,可能导致电流差动保护在区外故障时误动作,降低了保护的可靠性和选择性,给电力系统的安全运行带来风险。

2.3 对直流系统继电保护的影响

2.3.1 大容量远距离超长线路保护

在新型电力系统中,大容量远距离超长线路的应用愈发普遍,这给直流系统继电保护带来诸多挑战。线路分布电容增大,故障暂态过程更为复杂,行波在传播过程中会发生严重的衰减和畸变,致使基于行波的保护算法难以精准捕捉和识别故障行波,影响故障定位的准确性。与此同时,线路电阻、电感等参数的分布特性,使得故障时电流和电压的变化规律与常规线路差异显著,传统的保护原理难以适应,容易导致保护误动或拒动。而且,由于线路距离长,通信延时问题突出,纵联保护

的动作速度和可靠性大幅降低,当故障发生时,难以迅速切除故障,扩大停电范围,对电力系统的稳定运行造成威胁。

2.3.2 柔性直流电网线路超高速保护

柔性直流电网采用了大量的电力电子设备,其故障特性与传统直流电网截然不同。故障发生后,电流上升速度极快,要求保护装置在极短的时间内做出响应。然而,电力电子器件的开关特性和控制策略,使得故障电流中包含丰富的高频分量,这对保护装置的采样和处理速度提出了极高要求。现有的保护算法在应对如此快速变化的故障电流时,存在计算延时,无法满足超高速保护的需求。

2.4 对继电保护装置性能的影响

2.4.1 对保护装置快速性的要求提高

新型电力系统中,大量电力电子设备和分布式电源接入,改变了系统故障特性。故障发生后,短路电流上升速率极快,尤其是在柔性直流电网中,故障电流可能在数毫秒内就达到极高水平。若继电保护装置动作迟缓,故障范围会迅速扩大,导致更多设备受损,甚至引发系统崩溃。例如新能源场站群接入系统后,当发生直流侧故障时,各场站间的功率交互复杂,故障传播速度远超传统系统。

2.4.2 对保护装置可靠性的要求提升

新型电力系统运行方式灵活多变,故障类型和场景更为复杂,这对继电保护装置的可靠性提出严峻考验。一方面,新能源发电的间歇性和波动性,导致系统潮流频繁变化,可能使保护装置的整定值难以适应,增加误动作风险。另一方面,通信系统的广泛应用带来了通信故障隐患,一旦通信中断或出现干扰,依赖通信的纵联保护等功能将无法正常工作。此外,电力系统中的电磁环境愈发复杂,强电磁干扰可能导致保护装置的电子元件误触发,影响其可靠性。

2.4.3 对保护装置选择性的要求更严格

随着新型电力系统中分布式电源和多元负荷的广泛接入,电网拓扑结构日益复杂,故障电流的分布规律与传统电网大不相同。当发生故障时,可能存在多条故障电流路径,若保护装置选择性欠佳,就会造成非故障区域的不必要停电,降低供电可靠性。以配电网为例,分布式电源的接入使配电网从单电源辐射状结构转变为多电源网状结构,传统的电流保护难以准确区分故障线路和非故障线路。因此,继电保护装置需要具备更精准的故障识别能力,利用先进的算法和技术,准确判断故障位置和范围,只切除故障元件,最大限度缩小停电范

围,实现系统的高效运行和可靠供电^[2]。

3 新型电力系统下继电保护发展方向

3.1 研究不受电力电子器件控制特性影响的保护技术

在新型电力系统中,电力电子器件应用广泛,但其控制特性的多变性,严重影响继电保护动作的准确性。为解决这一问题,需研发不受电力电子器件控制特性影响的保护技术。一方面,可以从故障特征分析入手,挖掘故障时的本质电气量变化,而非依赖受控制特性影响的电气量。例如,研究故障暂态过程中不受控制策略干扰的电流、电压行波特征,据此设计行波保护技术。另一方面,可构建新的保护判据体系,通过多参量联合判断,降低对单一受影响电气量的依赖。此外,运用数字信号处理和滤波技术,对采集到的电气量进行预处理,去除因电力电子器件控制产生的噪声和畸变信号,确保保护装置获取可靠的故障信息,进而提升保护技术的适应性和稳定性,保障新型电力系统在复杂工况下的可靠运行。

3.2 研发反映故障引起被保护对象拓扑变化的保护技术

新型电力系统中,分布式电源和多元负荷的接入,使得电网拓扑结构频繁变化,传统保护技术难以准确应对。因此,研发反映故障引起被保护对象拓扑变化的保护技术迫在眉睫。通过建立电网拓扑模型,实时监测电网中各元件的连接关系和运行状态。当故障发生时,利用故障信息和拓扑模型的变化,快速准确地判断故障位置和范围。例如,采用图论和网络分析方法,对故障前后的电网拓扑结构进行对比分析,找出拓扑变化的关键节点和支路,以此作为故障判断的依据。同时,结合广域测量系统,获取全网的电气量信息,实现对电网拓扑变化的全局感知。这不仅能提升继电保护装置的故障识别能力,还能有效解决传统保护在复杂拓扑结构下的误动和拒动问题,提高电力系统的运行可靠性和稳定性。

3.3 加强基于人工智能和大数据的继电保护技术研究

人工智能和大数据技术为继电保护的发展提供了新的思路和方法。借助大数据技术,可以收集和存储海量

的电力系统运行数据,包括正常运行数据、故障数据以及设备状态数据等。利用机器学习算法对这些数据进行深度挖掘和分析,建立故障诊断和预测模型。例如,采用深度学习算法训练故障分类模型,使其能够自动识别不同类型的故障,并给出相应的保护动作策略。此外,基于人工智能的自适应保护技术,可以根据电力系统运行状态的变化,实时调整保护装置的整定值,提高保护的适应性。

3.4 推动继电保护与电力系统运行控制协同发展

继电保护与电力系统运行控制是保障电力系统安全稳定运行的两个重要方面,推动二者协同发展具有重要意义。在系统规划阶段,将继电保护和运行控制的需求统一考虑,优化电网结构和设备配置。在运行过程中,实现继电保护与运行控制的信息共享和协同决策。例如,当系统发生故障时,继电保护装置迅速切除故障元件,同时将故障信息及时反馈给运行控制系统。运行控制系统根据故障情况,调整系统的运行方式,优化潮流分布,减轻故障对系统的影响。此外,通过联合优化继电保护和自动装置的动作策略,实现系统在故障后的快速恢复^[3]。

结束语

综上所述,新型电力系统的兴起,给继电保护领域带来前所未有的挑战,从故障分析、保护原理到装置性能,都产生了深刻影响。但危机并存,这些挑战也为继电保护技术革新指明方向。通过研发不受电力电子器件影响的保护技术、基于拓扑变化与人工智能的技术,推动继电保护与运行控制协同发展,有望构建适应新型电力系统的继电保护体系。

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.