

分布式电源并网的继电保护及安全自动装置配置探讨

陈艳清¹ 蔡智纳²

1. 国网福建省电力有限公司漳平市供电公司; 2. 国网福建省电力有限公司安溪县供电公司

摘要: 电力系统的可靠性和安全性是确保电力供应稳定的关键因素。传统的电力系统继电保护方案已经经过多年的演进和优化,但随着分布式电源的引入,现有的继电保护策略和配置可能需要重新审视和调整。文章深入研究了分布式电源基本概念和分布式电源并网优势,阐述了分布式电源并网对继电保护的影响,并对分布式电源并网的继电保护及安全自动装置配置进行分析,以确保电力系统在面对不断变化的条件下依然能够稳定可靠地运行。

关键词: 分布式电源; 并网; 继电保护; 安全自动装置配置; 电力系统; 可靠性

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.03.107

引言

随着社会对清洁能源的需求不断增加,分布式电源逐渐成为电力系统中不可或缺的一部分。然而,分布式电源的快速增长也给电力系统的继电保护和安全自动装置配置带来了新的挑战。传统的继电保护系统可能无法有效应对分布式电源的动态变化,而现有的安全自动装置配置方案可能需要进一步优化以确保系统的安全性和可靠性。

一、分布式电源基本概念

分布式电源是电力系统中的一种新型发电方式,其基本概念是将小型发电单元分布在电网各个节点,以实现更灵活、可持续的能源供应。这些小型发电单元可以采用多种形式,其中包括太阳能电池、风力发电机和微型燃气轮机等。分布式电源的核心是采用小型的发电单元,相对于传统的中央发电厂而言,规模更小。这包括了分布在城市、乡村或工业园区的各种发电设备,它们可以是太阳能电池板、风力涡轮机、微型燃气轮机等。这样的小型单元更便于安装、维护和管理。分布式电源系统对环境的影响相对较小。太阳能和风力发电等可再生能源的使用减少了对化石燃料的依赖,降低了温室气体的排放,有助于应对气候变化。分布式电源的可持续性表现在对能源的更高效利用,减少了电能输送过程中的损耗,提高了整个电力系统的能源利用效率。

二、分布式电源并网优势

(一) 能源利用的最大化

分布式电源的引入为能源的最大化利用提供了新的途径。这一模式的关键优势在于能源生成的分散性,通过在电力系统的各个节点部署小型发电单元,能够更好地利用可再生能源,如太阳能和风能。相比于传统的中央发电厂,分布式电源系统的可再生能源具有更为天然的分散性,降低了对传统大型发电站的依赖。太阳能和风能等分布式能源的引入不仅提高了系统的可持续性,而且通过有效地捕捉自然资源,减少了能源的浪费。这

有助于最大限度地利用可再生资源,提高整个电力系统的能源利用效率,促进清洁能源的大规模应用,为实现低碳、环保的能源未来奠定了基础。

(二) 电网负荷分布的均衡

分布式电源的并网不仅改变了电力系统的发电结构,还在很大程度上实现了电网负荷的均衡分布。传统的电力系统通常依赖于中央发电站,这种集中式的发电模式容易导致电网负荷在不同区域的分布不均衡。通过引入分布式电源,电力系统变得更加灵活,能够更好地匹配负荷需求。由于分布式电源通常位于负荷集中区域,能够直接为本地区域提供电力,从而减轻了传输线路的负荷,提高了电网的稳定性和负荷均衡性。这种均衡分布的效果有助于避免电力系统中部分区域出现明显的过载或低负荷情况,提高了整个系统的运行效率。通过实现电网负荷的均衡,分布式电源的并网为电力系统的可靠性和稳定性注入了新的动力。

(三) 降低输电损耗

分布式电源的就近发电特性显著降低了输电距离,从而有效降低了输电损耗。传统的电力系统通常需要长距离输电,而在输电过程中会发生电阻和能量损耗。分布式电源的分散布局意味着能源生成更接近终端用户,减少了输电距离,从而减小了输电损耗的发生。这对于提高电力系统的能源效益、经济性以及环境友好性都具有积极的影响。通过减少输电损耗,分布式电源系统有助于提高能源的有效利用率,减轻对电力系统的负担。

(四) 灵活性与鲁棒性

分布式电源的灵活性是指其适应不同规模和类型的能源系统,包括太阳能、风能等。这种灵活性赋予电力系统更强的鲁棒性,使其能够更好地适应不同的气象条件和环境变化。在面对突发性问题时,如天气变化、设备故障等情况,分布式电源的灵活性使得系统更容易调整和应对,提高了整个电力系统的稳定性。分布式电源的灵活性还体现在其对不同类型能源的适应性上,可以

根据需求调整能源类型的比例，更好地满足用户和系统的需求。这样的灵活性不仅提高了电力系统的适应性，还使得系统更容易进行扩展和升级，更好地适应未来电力系统的发展趋势。因此，分布式电源的灵活性和鲁棒性为电力系统的可持续发展提供了有力支持。

三、分布式电源并网对继电保护的影响

（一）对馈电线路保护的影响

馈电线路保护在电力系统中具有至关重要的作用，而随着分布式电源的并网，对其产生了一系列深远的影响。首先，分布式电源的引入使得馈电线路面临着双向流的可能性，而传统的线路保护通常是设计用于单一方向的电流流动。这种新的双向流情况可能导致传统线路保护在反向电流发生时产生误操作或延迟，因此需要对线路保护方案进行调整和优化。其次，分布式电源的接入可能引起线路电压的不平衡和谐波的增加。这种不平衡和谐波会对传统的过电流保护和距离保护产生负面影响。例如，不平衡电流可能使得传统的电流保护无法准确判定系统中的故障，而谐波则可能导致距离保护的误动作。因此，新的线路保护方案需要考虑对不平衡电流和谐波的敏感性，以确保在分布式电源并网情境下能够准确、迅速地检测和隔离线路异常情况。针对这些挑战，可考虑采用先进的数字保护装置和智能保护算法。数字保护装置能够实时监测线路的电流、电压，采用先进的信号处理技术，对双向流、不平衡电流和谐波进行更精确的识别。智能保护算法可以根据系统状态动态调整保护参数，提高保护系统对复杂电流波形的适应性。这些技术的引入有助于解决分布式电源并网对馈电线路保护带来的新挑战，确保电力系统的安全稳定运行。

（二）对自动重合闸的影响

自动重合闸系统在电力系统中扮演着重要的角色，通常用于自动恢复发电机或馈电线路在故障后的运行。然而，分布式电源的引入可能对自动重合闸系统带来一系列影响。首先，分布式电源引入了新的电源接入点，可能导致传统的自动重合闸方案无法准确判断故障的位置。因此，需要引入智能化算法来确定何时进行自动重合闸操作，以确保在系统中的任何位置发生故障时都能迅速而准确地采取行动。其次，分布式电源的快速响应和电流波动性可能需要对自动重合闸的控制策略进行调整。传统的自动重合闸系统可能未能适应分布式电源引入后系统的动态变化。因此，需要调整控制策略，以更好地适应分布式电源的快速响应特性，确保在电力系统重新投入运行时不会引起不稳定或再次发生故障。这可能包括对自动重合闸的触发条件、响应时间和频率等方面的调整。例如，可以引入智能化算法，监测电流和电压的波形，基于实时数据做出决策，确保在系统稳定性

的前提下实现自动重合闸。这样的调整有助于提高自动重合闸系统对分布式电源并网情况下的应对能力，确保电力系统在故障后能够迅速、可靠地恢复运行。

（三）对备自投装置的影响

备自投装置在电力系统中扮演着至关重要的角色，特别是在主设备故障时，它的自动切换功能对于确保电力系统的连续供电至关重要。然而，随着分布式电源的引入，备自投装置面临了一些新的考虑因素。首先，分布式电源可能在备用设备接入时产生瞬时的电流和电压波动。这些波动可能对电力系统的稳定性产生影响，因此备自投装置需要具备对这些波动进行适应性响应的能力。这可能包括采用先进的电流和电压监测技术，以确保备自投装置在切换过程中能够平稳地调整电流和电压。其次，分布式电源的快速切换和动态运行特性可能使传统的备自投装置无法准确捕捉系统状态的变化。这要求引入更先进的监测和控制技术，以确保备自投装置能够在各种情况下都能够可靠地执行切换操作。例如，可以采用智能化算法和实时数据监测，以更好地感知系统状态的变化，并作出及时的、精确的切换决策。在设计备自投装置时，需要考虑到分布式电源的多样性，包括太阳能、风能等。这可能需要定制化的备自投装置，以适应不同类型分布式电源的接入和切换要求。综合考虑这些因素，确保备自投装置在分布式电源并网情境下依然能够稳定、可靠地执行其自动切换功能，是确保电力系统连续供电的关键一环。

四、分布式电源并网的继电保护及安全自动装置配置分析

（一）数据通信和信息共享

在分布式电源并网背景下，数据通信和信息共享是继电保护和安全自动装置配置中至关重要的一环。分布式电源的引入使得电力系统的信息变得更加复杂多样，需要实时监测和共享。因此，高效的数据通信系统和信息共享平台是确保继电保护和安全自动装置配置准确响应各种电力系统状态变化的前提。（1）实时监测：数据通信系统应能够实时监测各个节点的电流、电压、频率等关键参数。这实时监测的重要性在于能够提供即时的电力系统运行状态信息，为继电保护提供更为精准的输入数据。通过实时监测，可以及时捕捉系统内部的波动和异常，使继电保护系统更加敏锐地感知潜在的问题。这为系统的稳定运行提供了实时的、可靠的基础。

（2）信息共享：不同节点的信息需要能够共享，以确保各个保护装置都能获得全局的状态信息。信息共享包括对故障位置、电流负荷分布、分布式电源输出等信息的共享。实现信息共享需要考虑数据格式的统一、通信协议的设计以及数据安全性的保障。通过信息共享，各

个节点能够获取系统整体的运行情况，有助于更好地协同工作，共同应对系统内的各种挑战。（3）智能化决策：基于共享的信息，智能化算法可以更好地判断系统状态，预测可能的故障，并提前采取相应的保护和自动装置配置措施。这样的智能化决策有助于提高系统的响应速度和准确性。通过运用先进的算法，系统能够更快速地做出决策，从而有效地应对各种复杂情况，提高整个继电保护系统的效能。（4）通信可靠性：数据通信的可靠性对于继电保护系统至关重要。采用冗余通信链路、故障恢复机制等技术，确保即使在通信链路出现问题的情况下，系统依然能够正常运行。通信可靠性的确保使得系统能够在面临通信故障等异常情况时仍能够有效运行，从而保障电力系统的稳定性和安全性。通过冗余和故障恢复机制，数据通信的中断对系统的影响最小化，确保保护系统始终处于可靠的工作状态。

（二）分布式电源侧主变配置零压保护解决电网接地故障

分布式电源的并网可能导致电网接地故障对系统稳定性的威胁增加。在这种情况下，通过配置零压保护来解决电网接地故障是一种有效的继电保护措施。零压保护原理是一种用于检测电网中接地故障的保护方案。当发生接地故障时，系统会产生零序电流，通过对零序电流的检测，可以迅速准确地判断接地故障的发生。在这一背景下，分布式电源侧主变设备的配置显得尤为关键。分布式电源通常通过主变与电力系统相连。在配置零压保护时，需要确保分布式电源侧的主变设备能够有效响应零序电流，并通过及时的动作实现对电网接地故障的隔离。零压保护系统必须具备足够的灵敏性，以迅速而准确地检测到零序电流的存在。这种灵敏性是确保系统在接地故障发生时能够快速响应的关键。同时，为了防止误动作，系统还需要保证零压保护在正常运行条件下的稳定性，确保不会对系统的正常运行造成不必要的干扰。因此，在分布式电源并网情境下，零压保护的配置需要综合考虑分布式电源的类型、容量、接入点以及系统的接地情况。合理配置零压保护系统可以更好地保障电力系统在面接地故障时的稳定运行，提高系统的可靠性和安全性。

（三）优化备自投装置动作逻辑，提高动作成功率

备自投装置在电力系统中的作用是在主设备故障时自动切换到备用设备，以确保电力系统的连续供电。在分布式电源并网情况下，需要对备自投装置的动作逻辑进行优化，以提高其动作成功率。通过引入智能化算法，备自投装置的动作逻辑可以更加灵活和智能。这意味着动作逻辑能够根据实时监测到的系统状态进行动态调整，使其更好地适应分布式电源的快速变化和波动

性。智能化动作逻辑的引入有助于提高备自投装置的响应速度和准确性。另一方面，通过对系统状态的预测，备自投装置可以提前进行动作，避免在故障发生后才进行切换，从而提高系统的连续供电能力。这需要借助先进的故障诊断算法和智能化决策技术，以在可能的故障出现前就做出相应的切换决策。引入动作成功率监测机制是确保备自投装置性能的重要步骤。通过实时监测备自投装置的动作成功率，系统可以及时了解其性能表现。反馈信息可以用于实时调整和优化动作逻辑，以提高备自投装置的性能和可靠性。最后，分布式电源和备自投装置之间需要实现协同操作。备自投装置需要了解分布式电源的状态，而分布式电源也需要配合备自投装置的切换过程，确保在切换时不会引起电力系统的不稳定。协同操作的实现需要系统整合和通信协议的设计，以确保各个部件之间的信息共享和联动操作，从而提高整个电力系统的可靠性和稳定性。

结束语

在分布式电源并网的背景下，电力系统正经历着深刻的变革，从能源的生成到电力系统的继电保护和安全自动装置配置都面临新的挑战 and 机遇。分布式电源的引入为能源利用提供了更灵活的途径，最大化地利用可再生资源，推动电力系统向低碳、环保的未来迈进。电网负荷的均衡、输电损耗的降低以及灵活性与鲁棒性的提高，都使得电力系统更加稳定、高效。然而，与此同时，分布式电源并网对继电保护提出了新的要求，需要在数据通信、信息共享、零压保护配置以及备自投装置动作逻辑等方面进行创新和优化。在这个变革的过程中，需要不断推动技术的进步，采用先进的数字保护装置、智能化算法和高可靠性的通信系统，以适应分布式电源的特性。只有通过不断创新，才能更好地保障电力系统的稳定性、可靠性和安全性。

参考文献

- [1] 陈键炜. 分布式电源并网的继电保护及安全自动装置配置研究[J]. 电子测试, 2019, (17): 66-67+119.
- [2] 马晓菲, 白湘玮. 分布式电源并网的继电保护及安全自动装置配置研究[J]. 南方农机, 2018, 49(22): 107.
- [3] 席原. 分布式电源并网的继电保护及安全自动装置配置探讨[J]. 中国设备工程, 2017, (11): 148-149.
- [4] 潘继军, 桂顺生. 并网运行的分布式小电源系统继电保护改造要求及安全自动装置配置应用[J]. 电气应用, 2016, 35(09): 50-52.