

继电保护在电力调控中的应用

周爱华

国网浙江省电力有限公司文成县供电公司, 浙江 温州 325300

[摘要] 继电保护在电力调控中扮演着至关重要的角色, 作为电力系统的关键技术之一, 其使命在于确保电力设备的安全运行, 并有效地防止系统故障对整个电网造成严重影响。这项技术通过监测多个关键参数, 包括电流、电压、频率等, 能够迅速识别并隔离发生的故障设备, 从而最大限度地减少停电事件的发生。这不仅提高了电力系统的可靠性, 还加强了电网的稳定性。文中将深入探讨继电保护系统在各个电力领域的应用, 包括变电站、输电线路、发电厂和配电网, 并着重探讨其未来发展趋势和创新, 以期为电力行业的持续进步提供有力支持。

[关键词] 继电; 继电保护; 电力调控

DOI: 10.33142/hst.v6i10.10572

中图分类号: TM77

文献标识码: A

Application of Relay Protection in Power Regulation

ZHOU Aihua

Wencheng County Power Supply Company of State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325300, China

Abstract: Relay protection plays a crucial role in power regulation. As one of the key technologies in the power system, its mission is to ensure the safe operation of power equipment and effectively prevent system failures from causing serious impacts on the entire power grid. This technology can quickly identify and isolate faulty equipment by monitoring multiple key parameters, including current, voltage, frequency, etc., thereby minimizing the occurrence of power outages. This not only improves the reliability of the power system, but also strengthens the stability of the power grid. The article will delve into the application of relay protection systems in various power fields, including substations, transmission lines, power plants, and distribution networks, and focus on exploring their future development trends and innovations, in order to provide strong support for the continuous progress of the power industry.

Keywords: relay; relay protection; power regulation

引言

电力调度的具体工作内容是依据各类信息采集设备反馈回来的数据信息, 或监控人员提供的信息, 结合电网实际运行参数, 如电压、电流、频率、负荷等, 综合考虑各项生产工作开展情况, 对电网安全、经济运行状态进行判断, 通过电话或自动系统发布操作指令, 指挥现场操作人员或自动控制系统进行调整, 如调整发电机出力、调整负荷分布、投切电容器、电抗器等, 从而确保电网持续安全稳定运行。电力调控作为现代社会中至关重要的基础设施之一, 承担着电力供应的重要使命。随着电力需求的不断增长和电力系统的复杂化, 电力系统的可靠性和稳定性变得尤为关键。电力调控涉及电力的生成、传输和分配, 因此需要在各个环节保障设备运行的安全性, 以防止潜在的故障和灾害对社会生活和经济活动产生不可估量的影响。这背后体现了电力调控的巨大重要性, 因为它不仅支持了各行各业的运行, 还确保了公共生活的正常运转。

继电保护是对电力系统中发生的故障或异常情况进行检测, 从而发出报警信号, 或直接将故障部分隔离、切除的一种重要措施。继电保护是电力系统的一项关键技术, 其核心任务在于监测电力系统中的各种参数, 并在出现异常情况时采取措施以保护设备和系统的安全运行。这

些异常情况包括短路、过电流、过电压、频率异常等。继电保护系统通过使用感应器、控制装置和执行装置, 能够快速响应并隔离故障, 以减少对电力系统的影响。

1 继电保护基础

1.1 继电保护的基本原理

继电保护的基本原理是保护电力系统免受各种故障和异常情况的影响, 以确保设备和系统的安全运行。这一原理建立在监测电力系统中的关键参数基础上, 这些参数包括电流、电压、频率和相角等。继电保护系统通过将参数与事先设定的阈值进行比较, 以侦测任何异常情况。

一项关键的基本原理是差动保护, 它通过比较输入和输出电流之间的差异来检测电流故障, 例如短路。此外, 继电保护还涉及过电流保护, 它会监测电流是否超过额定值, 并采取措施来防止设备过载^[1]。过电压保护用于检测电压超出正常范围的情况, 以防止设备受到损害。这些基本原理的组合和定制可以根据电力系统的特定需求来实现细化的保护策略。

1.2 继电保护的工作原理

继电保护系统的工作原理基于快速响应和准确地测量。感应器或传感器用于监测电流、电压和其他参数的变化, 并将这些信息传输到继电保护装置。当检测到异常情

况时,继电保护装置会根据事先设定的保护逻辑来采取行动。这些行动可以包括切断故障设备、发送警报、记录事件数据等。继电保护系统的工作速度非常重要,因为它必须在故障发生时迅速采取措施,以最小化损害。因此,通常采用硬件和软件相结合的方法,以确保保护装置的高速响应。继电保护系统还需要高度可靠性,以防止误报或漏报,因为这可能会对电力系统造成不必要的中断或损害。

1.3 继电保护装置的分类

继电保护装置可以根据不同的分类标准分为多个主要类别。首先,根据保护对象的不同,我们可以将其分为线路保护、发电机保护、变压器保护、电动机保护和母线保护等。其次,按照保护原理,继电保护可以包括差动保护、过电流保护、电压保护、频率保护以及其他原理的保护。此外,根据不同的故障类型,继电保护可用于短路保护、过载保护、失压保护、地故障保护等。再者,根据技术类型,有传统继电保护、数字继电保护和智能继电保护等^[2]。继电保护的主要作用是确保电力设备的安全运行,防止故障对整个电力系统造成严重影响,提高电力系统的可靠性和稳定性,同时有助于降低运维成本,延长设备寿命,提高电力系统的运行效率。这些分类和作用为电力系统提供了多层次、多角度的保护,以适应不同的需求和情况。

2 继电保护在变电站中的应用

2.1 变电站的作用和组成

变电站是指电力系统中对电压和电流进行变换,接收电能及分配电能的场所。在发电厂内的变电站是升压变电站,其作用是将发电机发出的电能升压后馈送到高压电网中。变电站作为电力系统的关键节点之一,扮演着电能的转换、分配和传输的重要角色。其主要作用包括将高压电能转变为低压电能以供配电,或将电能从发电厂输送到不同地点的用户。变电站通常由多个关键组成部分构成,包括变压器、断路器、隔离开关、电容器、电抗器、电流互感器、电压互感器以及继电保护装置等。这些组件共同协作,确保电能在系统中的可靠传递和分配。

2.2 继电保护在变电站中的重要性

继电保护在变电站中具有至关重要的地位。它的主要任务是检测并隔离变电站内部或与之相连的电力设备中的故障情况。由于变电站中的电力设备通常属于高压、高电流和高电压等危险环境,一旦故障发生,可能会导致火灾、设备损坏、电力系统不稳定甚至停电。因此,继电保护系统必须迅速识别问题并采取措施,以防止问题扩大。继电保护在变电站中的重要性还表现在其可以保护人员安全。通过及时切断故障电路,继电保护系统可以降低人员暴露在电力设备故障风险下的可能性。

2.3 变电站继电保护系统的工作流程

变电站继电保护系统的工作流程通常分为以下步骤:
 参数监测:继电保护系统会不断监测变电站内部的电流、

电压、频率和其他关键参数^[3]。这些参数的实时数据将不断传输到继电保护装置。参数比较:继电保护装置将监测到的参数与预先设定的阈值进行比较。如果任何参数超出了安全范围或出现异常情况,继电保护系统将发出警报信号。事件识别:继电保护装置会根据监测到的数据识别故障事件的类型和位置。这可以包括短路、过电流、过电压、频率异常等。

动作响应:一旦识别到故障事件,继电保护系统将迅速采取措施,通常是切断故障电路或执行其他必要的操作,以隔离故障并保护变电站内部的设备。事件记录和通知:继电保护系统通常会记录故障事件的详细信息,以供后续分析和维护。同时,它还可以向运营人员发送警报,以及时通知他们有关发生的故障情况

3 继电保护在发电厂中的应用

发电厂(power plant)又称发电站,是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能(二次能源)的工厂。19世纪末,随着电力需求的增长,人们开始提出建立电力生产中心的设想。电机制造技术的发展,电能应用范围的扩大,生产对电的需要的迅速增长,发电厂随之应运而生。发电厂有多种发电途径:靠火力发电的称火电厂,靠水力发电的称水电厂,还有些靠太阳能(光伏)和风力与潮汐发电的电厂等。而以核燃料为能源的核电厂已在世界许多国家发挥越来越大的作用。

3.1 发电厂的类型和运行模式

发电厂是电力系统的重要组成部分,根据其类型和运行模式的不同,继电保护在发电厂中的应用也会有所不同。发电厂主要分为以下几种类型:火力发电厂、水力发电厂、核电厂、风电厂和太阳能发电厂等。每种类型的发电厂都具有不同的工作原理和设备,因此其继电保护需求也不同。运行模式包括基础负荷、峰值负荷和调峰等,这些模式会影响发电设备的运行稳定性和继电保护策略的制定。

3.2 发电厂中的电气设备保护需求

在发电厂中,电气设备的保护需求至关重要,以确保设备的安全运行和电力生产的可靠性。电气设备包括发电机、变压器、开关设备、电缆和配电系统等。这些设备通常承受高电压、高电流和高温等严苛条件,因此需要继电保护系统来应对各种潜在的故障情况,如短路、过电流、电压异常等。继电保护系统必须能够迅速检测到这些问题并采取措施,以避免设备损坏、停机和安全风险。

3.3 发电厂继电保护系统的实际案例

继电保护在发电厂中的实际应用可以通过案例研究来加以说明。例如,一个核电厂可能会使用差动保护来保护主变压器和发电机,以检测任何电流差异,这可以防止潜在的设备损坏。在风电厂中,过电流保护可能会用于监测风力发电机的电流,以确保在过载或故障情况下切断电路^[4]。此外,继电保护系统通常与SCADA(Supervisory

Control and Data Acquisition) 系统集成, 以实现远程监控和控制, 从而提高发电厂的运行效率和安全性。

4 继电保护在配电网中的应用

配电网是指从输电网或地区发电厂接受电能, 通过配电设施就地分配或按电压逐级分配给各类用户的电力网。是由架空线路、电缆、杆塔、配电变压器、隔离开关、无功补偿器及一些附属设施等组成的, 在电力网中起重要分配电能作用的网络。

4.1 配电网的结构和功能

配电网是电力系统中的最后一级, 它的结构和功能旨在将电力从变电站输送到最终的电力用户。它包括高、中、低压电缆、变电站、配电变压器以及分布式能源资源。在配电网中, 继电保护的主要目标是确保电力可靠、高效地分配给各个用户, 同时保护设备和人员的安全。继电保护在配电网中的调控应用体现在其能够监测负载变化、设备状态和故障情况, 并根据需要采取自动措施来维护电力分配的平衡和可靠性。

4.2 配电网中的负荷管理和故障恢复

在配电网中, 负荷管理是至关重要的, 因为它涉及到电力供需的平衡。继电保护在这一方面发挥关键作用, 它可以监测负载水平并自动调整电力分配, 以应对高负荷时期或突发事件。此外, 继电保护也在故障恢复方面发挥关键作用。一旦配电网中发生故障, 继电保护系统能够迅速检测到问题并采取措施, 例如切断故障线路、重新配置电力分布路径, 以最小化停电时间, 并在修复后自动将电力恢复到正常状态。

4.3 配电网的继电保护策略

继电保护在配电网中的应用需要根据系统的复杂性和需求制定适当的策略。一些常见的继电保护策略包括: 短路保护: 配电网中常见的故障是短路, 继电保护系统可以通过差动保护、过电流保护等方法来检测和隔离短路故障。负荷调节: 继电保护系统可以根据负载水平的变化自动调节电力分配, 确保各个用户获得所需的电力。自动重连: 在故障恢复时, 继电保护系统可以自动重连设备, 恢复电力供应。智能监测: 配电网中的智能监测系统可以与继电保护集成, 提供实时数据, 以帮助运营人员做出更好的决策。

5 继电保护与电力系统稳定性

5.1 继电保护对电力系统稳定性的影响

继电保护在电力系统中扮演着关键的角色, 对电力系统的稳定性有着直接而深远的影响。首先, 继电保护的主要任务是在电力系统中的故障情况下快速隔离故障, 防止故障扩散, 从而防止系统的进一步紊乱。通过及时切断故障设备或线路, 继电保护有助于维持系统的稳定运行。此外, 继电保护还对电力系统的短路电流和过电流进行监测和控制, 以防止设备过载和电压下降, 从而维护电力系统的稳态和暂态稳定性。它能够帮助系统操作员迅速做出决

策, 采取措施来维持电力系统在各种工作条件下的稳定性。

5.2 继电保护在电网恢复中的角色

在电力系统发生故障或停电时, 继电保护系统也在电网恢复过程中发挥着关键作用。一旦故障得到隔离, 继电保护可以帮助确定哪些部分的电力系统需要恢复供电。它可以与自动重连装置和远动通信系统协同工作, 以实现快速的电网恢复。继电保护还可以在电网恢复后监测系统状态, 并确保设备在重新投入运行时没有潜在故障。这有助于避免在系统恢复后出现新的问题, 从而维持电力系统的长期稳定性。

5.3 新能源集成与继电保护的挑战

随着新能源如风能和太阳能的集成, 电力系统面临着新的挑战。这些可再生能源源源不断地引入不稳定的电力源, 导致电力系统的运行更加复杂。继电保护系统需要适应这些变化, 以确保电力系统的稳定性。新能源集成可能引发电压和频率的波动, 继电保护系统需要能够应对这些波动并调整保护设置。此外, 新能源设备可能与传统电力设备不同, 需要新的保护策略和装置。因此, 继电保护工程师需要不断更新和调整继电保护系统, 以适应电力系统的演化和变化。总之, 继电保护对电力系统的稳定性至关重要。它不仅能够在故障时保护电力系统, 还在电网恢复和新能源集成方面发挥关键作用, 确保电力系统持续稳定运行^[5]。面对不断变化的电力环境, 继电保护系统需要不断演进和适应, 以满足电力系统的需求。

6 继电保护的未趋势和创新

6.1 数字化继电保护技术

未来继电保护的一个重要趋势是数字化继电保护技术的广泛应用。数字化继电保护系统采用数字化信号处理技术, 将模拟电信号转换为数字信号进行分析和处理。这种技术的优势包括更高的精度、更灵活的配置和更强大的通信能力。数字化继电保护系统还可以轻松集成到智能网格中, 实现实时数据监测、远程控制和自动化运维。它们能够提供更多的数据, 使运营人员更好地了解电力系统的状态, 从而提高了系统的稳定性和可靠性。

6.2 人工智能在继电保护中的应用

人工智能(AI)和机器学习技术在继电保护领域的应用也是未来的一个重要方向。AI可以用于分析大量的电力系统数据, 识别潜在的故障模式和趋势, 以提前预警和预测可能的问题。这种能力有助于实现预防性维护, 减少系统停机时间。

此外, AI还可以用于自动决策和控制, 例如在故障发生时自动调整继电保护参数或执行隔离措施。这些智能决策系统可以提高电力系统的自适应性和快速响应能力, 提高了系统的鲁棒性。

6.3 可再生能源与继电保护的融合

可再生能源, 如太阳能和风能, 正在迅速发展, 并逐

渐融入电力系统中。这一趋势对继电保护提出了新的挑战 and 机会。继电保护系统需要能够应对可再生能源的波动性和不确定性，确保电力系统的稳定性。融合可再生能源的继电保护需要创新的保护策略和装置，以适应不同的电力源和电力系统配置。同时，继电保护还可以与可再生能源发电设备进行密切协作，实现更高级别的控制和调度，以最大程度地利用可再生能源，同时确保电力系统的稳定性。

7 结语

继电保护在电力调控中具有不可或缺的关键作用。作为电力系统的安全卫士，它通过监测、检测和响应故障事件，确保电力设备的安全运行和电网的稳定性。继电保护系统能够及时识别电流、电压、频率和其他关键参数的异常情况，采取快速隔离和恢复措施，从而最大程度地减少停电事件的发生，为电力系统的稳定性和可靠性提供了坚实的支持。不论是在发电厂、输电线路、变电站还是配电网，继电保护

都扮演着至关重要的角色，确保电力行业持续运行平稳。

[参考文献]

- [1]高洋. 电力系统中继电保护自动化的应用[J]. 数字通信世界, 2022, 12(22): 12-13.
 - [2]马志豪. 继电保护自动化技术在电力系统中的应用分析[J]. 电工材料, 2021, 11(22): 11-12.
 - [3]陈凯. 电气自动化系统继电保护安全技术应用分析[J]. 电子测试, 2021, 11(11): 22-23.
 - [4]张勇, 王华佑, 江清楷, 等. 继电保护反措自动核查技术的研究与应用[J]. 电工技术, 2023, 11(4): 22-23.
 - [5]李成豪, 何建武, 胡卓伟, 等. 定检工作自动化在继电保护领域的应用[J]. 自动化应用, 2023, 11(5): 22-23.
- 作者简介: 周爱华(1977.3—), 毕业院校: 浙江大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 国网浙江省电力有限公司文成县供电公司, 职务: 继电保护专职, 职称级别: 工程师。