

电力系统中继电保护自动化技术的应用

翁良科

广西冠宇电力有限公司

摘要: 本文探究了电力系统中继电保护自动化技术的应用, 该技术通过传感器和信号处理器实现对电力设备的监测和控制, 以快速检测和隔离故障, 并最小化对系统的影响。在变压器、发电机、母线和电网运行维护中, 继电保护自动化技术应用广泛。其功能包括过电流、差动、油温、差压保护等, 提高了电力系统的安全性和可靠性。

关键词: 电力系统; 继电保护; 自动化; 技术应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.064

自20世纪50年代开始, 我国电力系统中继电保护自动化技术逐步发展。通过引进、消化和吸收国外先进技术, 我国积极推动了保护自动化技术的本土化进程。《电力系统中继电保护自动化技术发展指导意见》提出了加强基础研究、推动关键技术创新和标准化工作, 并鼓励加强国际合作与交流。这一政策的实施将进一步促进我国电力系统中继电保护自动化技术的发展, 提高电网的可靠性和安全性, 为我国能源事业的可持续发展做出积极贡献。

一、继电保护自动化技术的概述

继电保护自动化技术是电力系统中关键的组成部分, 用于监测电力设备的状态并在故障发生时采取适当的措施来保护系统的安全运行。它基于电力系统中的继电器, 通过传感器和信号处理器来实现对电力系统的监测和控制。继电保护自动化技术的主要目标是在发生故障时快速地检测和隔离故障, 并最小化对电力系统的影响。它可以对过电流、过压、欠频、过频等各种异常情况进行监测和保护。当故障发生时, 继电保护系统会向电力系统发送信号来切断故障区域, 防止进一步的损坏或事故发生。随着自动化技术的发展, 继电保护系统的功能也得到了提升^[1]。现代的继电保护系统采用数字化技术, 使用微处理器和通信网络来实现高速、精确的故障检测和响应。这些系统能够实时监测电力设备的状态, 并能够通过通信网络与其他设备进行远程通信和协调操作。继电保护自动化技术还包括自动重启功能, 即在故障被隔离后, 系统可以自动重新启动未受影响的部分, 以最小化停电时间。此外, 它还提供了故障记录和事件分析功能, 可以对故障事件进行记录和分析, 以便后续的故障排查和系统改进。

二、继电保护自动化技术的作用

继电保护自动化技术的作用是扩大继电保护网络化空间, 使得电力系统的保护更加可靠、高效和智能化。

这种技术的引入, 使得传统的继电保护系统得以升级, 实现了更广泛的功能和更强大的性能。继电保护自动化技术通过引入通信网络, 实现了保护设备之间的信息交互和协调。传统的继电保护系统主要是独立工作的, 各个保护装置之间缺乏有效的沟通和协同能力。而引入自动化技术后, 保护设备可以通过通信网络相互传递信息、交换状态和同步操作, 从而实现对电力系统的全面监测和保护。继电保护自动化技术通过引入智能算法和数据处理技术, 提高了继电保护的准确性和可靠性。传统的继电保护系统通常依靠预设的保护逻辑和参数进行操作, 容易受到外部干扰或异常情况的影响。而自动化技术可以通过实时监测、数据分析和模型计算, 对电力系统的运行状态进行精确评估和预测, 从而更加准确地识别故障、异常和危险情况, 并采取相应的保护措施。继电保护自动化技术还可以提供更多的保护功能和灵活性, 通过网络化空间的扩大, 可以实现更复杂、更全面的保护策略。自动化技术可以对保护设备进行远程监控和管理, 实现对电力系统的远程操作和维护, 提高了保护系统的灵活性和可管理性^[2]。

三、电力系统变电站自动化调试的常见问题

大型电力系统中, 变电站涉及的设备和控制系统非常复杂。当出现故障或异常时, 往往需要花费大量时间来准确定位问题的具体位置。可能存在着多个可能的故障点, 而且有些问题可能需要在实际操作中才能显现出来。电力系统的自动化调试通常涉及多个部门和多个供应商之间的协作, 不同部门或供应商之间可能存在沟通不畅、信息不对称、责任界定不清等问题, 导致调试过程中各方不协调, 将会增加问题的解决难度。在电力系统变电站自动化调试中, 涉及的设备和系统往往来自不同的供应商, 采用不同的规格和标准。这样就可能导致设备之间的兼容性问题, 或者在调试过程中出现某个设备可能需要特定版本的软件才能正常运行等一些意想不到的情况。但是如果各方之间没有统一规定要求, 就可能造成不同版本的软件安装在不同的设备上从而引发问题。

四、继电保护自动化技术的标准

(一) 继电保护装置的选择性

继电保护装置的选择性是指在电力系统中, 当发生故障时, 只有最近的保护装置对该故障进行动作, 而其他保护装置则保持不动作的能力。根据电力系统中的电流特性和故障类型, 为不同保护装置设定不同的电流定值。每个保护装置只对其设定范围内的电流故障做出反

应,而对于超出其范围的电流故障则保持不动作。这样可以确保只有受影响区域内的保护装置被触发。另一种方法是通过信号比较实现选择性,不同保护装置接收到的信号可能不同。通过对这些信号进行比较,只有与发生故障位置相对应的保护装置会做出动作,其他保护装置则不会受到干扰。还可以通过逻辑判据实现选择性,根据不同的故障条件和保护装置的工作原理,确定只有满足特定条件的保护装置才会动作。这可以通过布尔逻辑、门电路等方式实现,确保只有符合条件的保护装置才会被触发^[3]。

(二) 继电保护装置的速动性

继电保护装置能够准确地识别电力系统中发生的短路故障,并迅速将故障信号传输给保护装置。该保护装置需要具备高灵敏度和稳定性,能够准确判断故障信号,并避免误动作或漏动作的情况发生。通过合理的参数设置和测试验证,保证了继电保护装置在真实故障发生时能够快速响应。继电保护装置的动作时间应尽可能短,它需要在接收到故障信号后迅速做出响应,并与断路器协同工作,以最短的时间将故障切除,保证电力系统的安全运行。此保护装置还需要与其他设备之间的通信传输延迟尽量减小,确保故障信号能够及时传输和处理。通过优化通信系统和使用高效的通信协议,可以提高速动性的响应速度。

(三) 继电保护装置的可靠性

高质量的元件和组件是确保可靠性的基础,各种传感器、触发器和开关等元件必须具备良好的品质,以保证其长时间稳定运行。继电保护装置的设计必须符合电力系统的特定要求,并能够应对各种故障和异常情况。在设计过程中,需要考虑元件的匹配性、系统的冗余度以及信号处理算法等因素,以提高系统的可靠性。除了元件和设计原理,继电保护装置的可靠性还与维护和监测密切相关。定期的维护和检修可以及时发现和修复潜在的问题,从而保证装置的正常运行。在继电保护装置的可靠性评估中,常用的指标有故障率、平均无故障时间和可用性等。这些指标可以通过统计数据 and 可靠性分析方法进行计算和评估,通过合理设置的冗余系统、可靠的备份供电和快速的故障切除等手段,可以提高继电保护装置的可靠性水平,并保障电力系统的安全运行。

五、电力系统继电保护自动化技术的应用

(一) 在变压器中的应用

变压器负责实现电能的变换和传输,继电保护自动化技术在变压器中起到了过电流保护的作用,保护变压器线圈和设备不受电流过载的损害。当变压器线圈中的电流超过额定值时,继电器会及时检测到这一情况,并触发断路器切断电路,防止电流继续增大,从而保护变压器的安全运行。继电保护自动化技术在变压器中还应用于差动保护,差动保护通过测量变压器两侧电流的

差值来判断是否存在内部故障。继电保护装置可以通过与变压器两侧电流传感器相连,实时监测变压器两侧电流的差异^[4]。当差值超过设定的阈值时,继电器会发出信号,切断电路,以避免变压器内部故障扩大,保护变压器的安全运行。继电保护自动化技术还可应用于变压器的油温保护,变压器的油温高可能会导致变压器绝缘材料老化,甚至引发火灾等安全事故。继电保护装置可以与变压器的油温传感器相连,实时监测变压器油温的变化。当油温超过设定的安全范围时,继电器会发出信号,触发报警或切断电路,以保护变压器的安全运行。继电保护自动化技术还可以在变压器中应用差压保护,差压保护是为了防止变压器绕组发生内部短路故障时,继续吸引过大电流,从而导致变压器过热甚至烧毁。继电保护装置可以与变压器的差压继电器相连,实时监测变压器绕组两侧的电压差值。当差压超过设定的阈值时,继电器会触发断路器,切断电路,防止故障扩大,保护变压器的安全运行。

(二) 线路接地自动化保护

线路接地故障由于外部因素或设备故障引起,这种故障会导致电流通过地面流回电源,可能引起电压的不平衡和系统的不稳定,及时检测和处理接地故障至关重要。线路接地自动化保护系统通常由故障检测单元、信号处理单元、决策单元和操作单元。故障检测单元通过监测电力系统中的电流和电压等参数,检测出线路接地故障的存在。它可以使用各种传感器和测量装置来获取系统参数,并将其传输到信号处理单元进行分析。信号处理单元接收故障检测单元传输的数据,并进行信号处理和故障识别。使用算法和模型来分析数据,并确定是否存在接地故障以及其类型和位置。一旦接地故障被确认,信号处理单元会向决策单元发送相应的信号。决策单元根据信号处理单元的输出,评估接地故障对系统的影响,并确定适当的保护策略。根据系统的工作状态和故障位置,选择合适的断路器动作或其他保护措施,以隔离故障并保护系统的其他部分。操作单元负责执行决策单元确定的保护策略,它会向相应的断路器或开关发送信号,触发故障隔离和保护操作。操作单元还可以向操作人员提供必要的警报和指示,以引导他们进行人工干预或其他必要的操作。

(三) 在发电机继电保护系统中的应用

发电机继电保护系统是电力系统中至关重要的保护装置,旨在确保发电机设备在故障和异常情况下的安全运行。该系统通常由重点保护和备用保护组成,提供全面的保护措施,以保障发电机的可靠性和电力系统的稳定性。重点保护是发电机继电保护系统中的核心组成部分,主要针对发电机的关键部件进行电流保护、低电压保护、过频保护和欠频保护等功能监测和保护^[5]。过电流保护用于监测发电机定子绕组的电流,一旦电流超过

设定值，保护装置将迅速切断电源，以防止过载和短路等故障。低电压保护用于监测发电机的输出电压，如果电压低于设定值，保护装置将采取措施，如切断负载或引入备用电源，以避免设备损坏或停运。过频保护和欠频保护则用于监测发电机的输出频率，一旦频率超过或低于设定范围，保护装置将触发相应的保护动作，切断负载或调整励磁系统，以保持系统的稳定运行。备用保护是作为重点保护失效时的备份保护系统，确保发电机在任何情况下都能得到适当的保护。备用保护的主要功能有差动保护、转子的故障保护、非电气量保护和过励磁保护。差动保护通过比较发电机定子绕组电流，监测是否存在内部短路或故障。转子的故障保护用于检测发电机转子的接地故障，以防止进一步损坏。非电气量保护能够监测发电机的振动和相对位移等非电气量，一旦超过预定阈值，保护装置将触发相应的动作，保护发电机设备免受进一步的损坏。过励磁保护则监测发电机励磁系统的励磁电流和励磁电压，确保励磁系统的稳定运行。

（四）在母线保护的应用

母线作为电力系统的核心部件，其安全运行对整个系统的稳定性和可靠性至关重要。继电保护自动化技术在母线保护中发挥着重要作用，提供了高效、精确的保护策略。母线保护主要涉及差动保护和相位保护两个方面。差动保护通过在母线两端配置电流互感器，实时检测母线电流变化并进行互感，从而判断母线是否存在故障。这种保护方式特别适用于大电流型接地中，能够及时响应母线电流的异常变化，快速触发保护动作，保护母线免受过载、短路等故障的影响。相位保护则是通过监测母线的相位角差异来检测故障，利用先进的相位比较技术或红外成像技术，继电保护装置能够精确识别母线相位角的变化情况，并及时采取相应的保护措施。相位保护的应用不仅提高了母线的安全性能，还能够减少故障对电力系统的影响，保障系统的稳定供电。现代的继电保护自动化技术还包括故障录波分析、波形识别等先进功能。故障录波分析技术能够对母线发生的故障进行精确记录和分析，为故障诊断和系统恢复提供重要依据。而波形识别技术则通过对电流和电压波形进行实时监测和分析，能够迅速判断母线是否受到异常波形的影响，并采取相应的保护措施。

（五）电网运行维护

为了确保电网的稳定运行和安全性，继电保护自动化技术在电网的运行维护中发挥着关键作用。电网的运行维护是一个复杂而细致的过程，旨在保证电力供应的可靠性和安全性。维护工作需要经验丰富的技术人员、先进的监测设备和高效的管理系统，同时还依赖于继电保护自动化技术的应用。技术人员会定期检查变电站、输电线路、配电设备等各个环节的状态。他们利用继电

保护自动化技术监测电力系统的运行情况，及时发现并定位故障。继电保护自动化技术能够根据预设的保护策略和参数，实现对电力设备的故障检测和自动切除，以最大程度地减少故障对电网的影响。技术人员会利用继电保护自动化技术对关键设备进行在线监测，获取设备的运行数据和状态信息。通过分析这些数据，他们可以预测设备的寿命和故障概率，并制定相应的维护计划。继电保护自动化技术还可以实现设备的自动调整和优化，提高设备的可靠性和运行效率。继电保护自动化技术能够实时监测电力系统的负荷变化，并根据需求进行自动调节。可以实现对电力系统的智能管理，确保供需平衡，避免电力供应不足或浪费，提高电网的运行效率。安全是电网运行维护的核心考虑因素之一，技术人员会利用继电保护自动化技术对电网进行安全监测和故障保护。当电网出现过载、短路或其他异常情况时，继电保护自动化技术能够快速响应，并自动切除故障部分，保护电网的稳定运行和防止故障扩散。继电保护自动化技术能够根据预设的保护逻辑和参数，实时监测电力系统的状态，当检测到异常情况时，迅速采取保护措施，如切除故障区域或自动重新配置电力流向，以保障电网的可靠性和安全性。除了继电保护自动化技术，定期的培训和知识更新也是电网运行维护的重要组成部分。技术人员需要不断学习新的技术和操作方法，以适应不断变化的电力行业。他们会参加培训课程、研讨会和工作坊，与同行交流经验，并了解最新的电网技术和管理实践。这些知识的更新和技术的应用将进一步提升电网的运行维护水平。

结束语

未来，伴随着人工智能、大数据和物联网等技术的不断融合，继电保护系统将具备更强大的智能诊断和自适应能力，能够实时监测和预测电力系统的运行状态，快速准确地响应故障并采取措施进行保护。这将大大提升电力系统的稳定性、可靠性和安全性，为社会经济发展提供强有力的支撑。

参考文献

- [1] 廖斌. 电力系统中继电保护自动化技术阐述[J]. 大众标准化, 2022, (23): 37-39.
- [2] 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, (01): 123-125.
- [3] 刘永志. 继电保护自动化技术在电力系统中的应用研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(02): 203-204+206.
- [4] 赵福娟. 继电保护自动化技术在电力系统中的应用研究[J]. 通信电源技术, 2019, 36(10): 122-123.
- [5] 吴光强. 继电保护自动化技术在电力系统中的应用[J]. 通信电源技术, 2019, 36(05): 155-156.