

# 智能变电站继电保护系统抗干扰技术研究

黄帅 苏宏鲁

鞍钢集团矿业弓长岭有限公司动力分公司 辽宁鞍山 111007

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16077

**[摘要]** 在当前电力系统不断发展革新的背景下,智能变电站作为电力网络关键节点,重要性愈发显著。随着电力系统规模扩大与智能化程度提升,智能变电站面临复杂运行环境与诸多挑战。继电保护系统作为保障智能变电站安全稳定运行的核心,其可靠性关乎整个电力系统正常运转。但实际运行中,智能变电站继电保护系统易受电磁干扰、通信干扰等因素影响,可能导致继电保护装置误动或拒动,引发电力事故,造成重大经济损失与社会影响。深入研究智能变电站继电保护系统抗干扰技术,对于提高继电保护系统可靠性与稳定性、确保智能变电站安全运行以及保障整个电力系统可靠供电具有重要现实意义。

**[关键词]** 智能变电站;继电保护系统;抗干扰技术;电力系统

## 引言

近年来,随着科技的飞速进步,电力系统在规模和智能化程度上都取得了显著的进展。智能变电站作为电力网络中的关键节点,在电力系统中扮演着承上启下的重要角色,它不仅是电能传输和分配的枢纽,更是实现电力系统智能化管理和控制的基础。随着电力系统规模的持续扩大,智能变电站所面临的运行环境变得日益复杂。继电保护系统作为智能变电站安全稳定运行的核心保障,其可靠性直接关系到整个电力系统的正常运转,然而智能变电站继电保护系统容易受到各种干扰因素的影响。基于此本文将围绕智能变电站继电保护系统抗干扰技术展开深入研究,旨在探讨有效的抗干扰措施和方法,为智能变电站的安全运行提供理论支持和技术指导。

## 一、智能变电站继电保护系统概述

### (一) 继电保护系统在智能变电站中的作用

继电保护系统在智能变电站中起着至关重要的作用。它是保障智能变电站安全稳定运行的最后一道防线。当智能变电站发生故障时,继电保护系统能够迅速、准确地检测到故障,并及时发出跳闸指令,将故障设备从电网中切除,避免故障的扩大和蔓延,保护其他设备的安全。同时,继电保护系统还能够对智能变电站的运行状态进行实时监测,及时发现设备的异常情况,并发出报警信号,提醒运行人员采取相应的措施<sup>[1]</sup>。此外,继电保护系统还能够与智能变电站的其他系统进行协同工作,实现电网的优化运行和智能控制。例如,在电网发生故障时,继电保护系统能够与自动重合闸装置配合,实现故障的快速恢复,提高电网的供电可靠性。

### (二) 智能变电站继电保护系统的工作原理

智能变电站继电保护系统的工作原理基于电磁感应定律和电路理论。当智能变电站的一次设备发生故障时,会产生异常的电流、电压等电气量变化。继电保护装置通过安装在一次设备上的电流互感器、电压互感器等传感器,实时采集这些电气量信号,并将其转换为数字信号传输到继电保护装置内部。继电保护装置对采集到的电气量信号进行分析和处理,根据预设的保护算法和动作判据,判断是否发生故障以及故障的类型和位置。如果判断发生故障,继电保护装置会迅速发出跳闸指令,通过出口继电器控制断路器等开关设备动作,将故障设备从电网中切除。同时,继电保护装置还会将故障信息上传到监控系统,为运行人员提供故障诊断和处理的依据。在整个工作过程中,继电保护系统需要具备快速性、选择性、灵敏性和可靠性等性能要求,以确保能够准确、及时地切除故障,保障智能变电站的安全运行。

## 二、智能变电站继电保护系统面临的干扰源分析

### (一) 电磁干扰

电磁干扰是智能变电站继电保护系统面临的较为常见且危害较大的一种干扰类型,它主要来源于以下几个方面。智能变电站日常运行中,开关操作极为常见,闭合和断开瞬间电流急剧变化,根据电磁感应定律,会在周围空间产生强大电磁场并以电磁波形式传播,干扰周围电气设备和线路。如断路器分合闸操作时形成复杂电磁环境,电磁波与附近继电保护装置电路相互作用,可能导致装置测量精度下降、信号传输异常。雷击这一自然现象会对智能变电站继电保护系统造成严重电磁干扰。雷击产生的巨大电流和电压脉冲通过接

地系统、输电线路等进入变电站内部,其具有能量大、持续时间长、频率范围宽等特点,可能损坏继电保护装置电子元件,影响信号处理和判断功能<sup>[2]</sup>。例如高能量脉冲可能击穿电子元件绝缘层,导致元件短路或损坏,使保护装置无法正常工作。智能变电站内大量高压设备如变压器、高压开关柜等,运行时内部电场和磁场分布复杂,会产生电磁干扰。其周围电场和磁场会影响附近继电保护装置,导致测量误差增大、信号传输不稳定。如变压器运行产生的交变磁场与继电保护装置电路耦合,产生感应电流干扰装置正常工作,使保护装置对电气量测量出现偏差,影响故障准确判断。

### (二) 静电干扰

静电干扰也是智能变电站继电保护系统面临的一种不可忽视的干扰源。在干燥的环境中,物体之间的摩擦、接触和分离等过程容易产生静电。这些静电可能会积累在电气设备的表面,当静电积累到一定程度时,会发生静电放电现象。静电放电会产生瞬间的高电压和强电流,对继电保护装置的电子元件造成损害。此外,静电还可能会干扰继电保护装置的信号传输,导致信号失真或丢失,影响装置的正常运行。例如,在干燥的冬季,工作人员在操作电气设备时,身上的静电可能会放电到设备上,对保护装置的电子元件造成潜在的损害。而且,静电还可能会在信号传输线路上产生静电感应,使信号发生畸变,影响保护装置对信号的准确接收和处理。

### (三) 射频干扰

射频干扰主要来自于无线电通信设备、雷达等发射的射频信号。这些射频信号在空间中传播时,可能会进入智能变电站的环境中,对继电保护系统产生干扰。射频干扰具有频率高、能量集中等特点,它可能会与继电保护装置的电路发生谐振,从而影响装置的正常工作<sup>[3]</sup>。例如,附近的无线电站发射的信号可能会干扰继电保护装置的通信线路,导致数据传输错误或通信中断。当射频信号的频率与继电保护装置电路的固有频率相接近时,会发生谐振现象,使电路中的电流和电压急剧增大,可能会损坏电路元件,同时也会影响信号的正常传输。

## 三、干扰对智能变电站继电保护系统的影响

### (一) 对保护装置性能的影响

保护装置作为智能变电站继电保护系统的核心组成部分,干扰对其性能的影响主要体现为误动作和拒动作两种情形。当智能变电站继电保护系统受干扰时,保护装置可能误

动作。干扰信号会让保护装置接收到错误电气量信号,使其依据错误信号判断并动作。如电磁干扰会使电流互感器或电压互感器输出的信号畸变,保护装置处理这些畸变信号时,可能误判为故障而发出跳闸指令,造成不必要的停电事故,这既影响电力供应可靠性,又对电网安全稳定运行有一定影响。干扰还可能导致保护装置拒动作。干扰信号会影响保护装置正常的信号处理和判断功能,使其无法准确识别故障信号。当真正发生故障时,保护装置可能因受干扰不能及时发出跳闸指令,无法切除故障设备,导致故障扩大,影响电网安全稳定运行。例如在强电磁干扰下,保护装置对故障信号的判断会出现偏差,无法准确识别故障类型和位置,延误故障处理时间。

### (二) 对通信系统的影响

干扰对智能变电站继电保护系统的通信系统影响显著,可能引发数据传输错误和通信中断两大问题。干扰信号会与通信信号叠加,造成通信信号畸变,在数据传输时,这些畸变信号会导致数据丢失、错误或乱码,像射频干扰就会干扰通信线路信号,使传输数据出错,影响保护装置间的信息交换与协同工作,进而让保护装置无法获取准确信息,影响其对电网运行状态的判断与决策。而严重干扰还会导致通信中断,当干扰信号强度超过通信系统抗干扰能力时,通信系统无法正常工作,如雷击产生的强大电磁干扰可能损坏通信设备、中断通信线路,使保护装置无法获取必要信息,影响其正常保护功能,也会让保护装置在故障发生时无法及时得到其他装置配合,增加故障处理难度与风险<sup>[4]</sup>。

## 四、智能变电站继电保护系统抗干扰技术

### (一) 硬件抗干扰技术

#### 1. 屏蔽技术

在复杂的电磁环境中,外界的干扰信号可能会对测量设备和相关电路造成严重影响,导致测量结果不准确甚至系统故障。为了应对这一问题,屏蔽技术主要是通过使用屏蔽材料将测量设备或相关电路包裹起来,以阻挡外界干扰信号的侵入。屏蔽材料通常具有良好的导电性和导磁性,能够有效地将干扰信号反射或吸收。例如,在一些重要的测量设备外部可以安装金属屏蔽罩,金属屏蔽罩能够将外界的电磁干扰屏蔽在设备之外,从而保证设备内部测量信号的准确性和稳定性。这种屏蔽作用就像是给设备穿上了一层“防护衣”,使得外界的干扰难以穿透。同时,屏蔽技术还可以减少设备自

身产生的干扰信号对外界其他设备的影响,避免相互干扰的情况发生。因为设备在运行过程中也可能会产生一些电磁信号,如果不加以屏蔽,这些信号可能会对周围的其他设备造成干扰,影响整个系统的正常运行。

## 2. 接地技术

在智能变电站中,各种设备在运行过程中会产生干扰电荷,如果这些电荷不能及时有效地释放,就会在设备上积累,导致干扰电压升高,影响设备的正常运行。通过合理的接地设计,可以将设备上的干扰电荷引入大地,从而降低设备上的干扰电压。在智能变电站中,测量系统的各个设备都需要进行良好的接地。接地系统应该具有低电阻、低电感的特性,以确保干扰电荷能够迅速地流入大地。例如,采用专用的接地母线将各个设备连接到接地极上,并且定期对接地电阻进行检测和维护,保证接地系统的有效性。良好的接地可以有效地抑制静电干扰和电磁干扰,提高测量系统的可靠性。静电干扰可能会导致设备的误动作,而电磁干扰则可能会影响测量信号的准确性,通过接地技术可以将这些干扰因素的影响降到最低<sup>[5]</sup>。

### (二) 软件抗干扰技术

#### 1. 数字滤波算法

在智能变电站的测量过程中,测量数据可能会受到各种干扰的影响,导致数据不准确。数字滤波算法通过对测量数据进行数字处理,去除其中的干扰成分。常见的数字滤波算法有均值滤波、中值滤波、卡尔曼滤波等。均值滤波是对一段时间内的测量数据取平均值,以平滑数据,减少随机干扰的影响。这种方法就像是对数据进行“平滑处理”,使得数据更加稳定。中值滤波则是选取测量数据序列中的中间值作为滤波结果,能够有效地去除脉冲干扰。因为脉冲干扰往往是瞬间的异常值,通过选取中间值可以避免这些异常值的影响。卡尔曼滤波是一种最优估计算法,它能够根据系统的状态方程和测量方程,对测量数据进行实时的估计和滤波,提高数据的准确性。数字滤波算法可以在软件层面上对测量数据进行处理,不需要额外的硬件设备,具有成本低、灵活性高的优点。它可以根据不同的测量需求和干扰情况选择不同的滤波算法,实现对测量数据的有效处理。

#### 2. 容错技术

容错技术是指在软件系统中,当出现干扰导致数据错误或程序异常时,系统能够自动检测并纠正错误,保证系统的

正常运行。在智能变电站继电保护系统中,容错技术可以通过设置冗余数据、错误检测码等方式来实现。例如,在存储测量数据时,可以同时存储多份相同的数据,当检测到某一份数据出现错误时,可以通过其他备份数据进行恢复。这种冗余存储的方式就像是给数据上了一份“保险”,即使一份数据出现问题,也不会影响整个系统的正常运行。同时,在数据传输过程中,可以添加错误检测码,如循环冗余校验码(CRC),接收端可以根据检测码判断数据是否在传输过程中受到干扰而发生错误,并进行相应的处理。容错技术可以提高软件系统的可靠性和稳定性,减少干扰对继电保护系统的影响。它可以在出现干扰的情况下,自动调整和修复系统,保证系统的持续稳定运行。

## 结束语

综上所述,智能变电站继电保护系统在电力系统中占据着举足轻重的地位,然而其运行过程中面临着多种干扰源的挑战,这些干扰对保护装置性能、通信系统和测量系统均产生了不同程度的影响,可能引发继电保护装置误动或拒动等严重后果,威胁电力系统的安全稳定运行。本文围绕智能变电站继电保护系统抗干扰技术展开了全面且深入的研究,详细阐述抗干扰技术措施。但智能变电站继电保护系统抗干扰技术的研究是一个持续且动态的过程。随着电力系统的不断发展和技术的不断革新,新的干扰源和问题可能会不断涌现。需要持续关注智能变电站继电保护系统面临的新挑战,不断探索和创新抗干扰技术,进一步优化现有的抗干扰措施,以提高继电保护系统的可靠性和稳定性。

## [参考文献]

- [1]石伟光,王晓玲,刘参参.高压变电站继电保护抗干扰技术分析[J].电力设备管理,2025(7):41-43.
- [2]胡浩.电厂继电保护系统装置应用中的防干扰技术分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(5):106-109.
- [3]郭垚.人工智能技术在电力系统继电保护中的应用[J].今日自动化,2025(1):86-88.
- [4]吴利强.发电厂电力系统继电保护装置抗干扰技术研究[J].电脑编程技巧与维护,2024(9):27-29.
- [5]李君妍,孙雅丽,李孟特.基于人工智能技术的变电站继电保护智能监测系统研究[J].现代工业经济和信息化,2025,15(2):100-103.