

# 继电保护装置的抗干扰技术在电力工程中的研究与应用

沈骏

海宁市金能电力实业有限公司 浙江嘉兴 314000

DOI:10.12238/ems.v7i6.13762

**[摘要]** 随着电力系统的不断发展和智能化水平的提高, 继电保护装置作为保障电力系统安全稳定运行的关键设备, 其可靠性至关重要。然而, 电力工程现场存在各种复杂的干扰源, 严重影响继电保护装置的正常工作。本文深入研究了继电保护装置面临的干扰类型及其产生原因, 详细阐述了多种抗干扰技术的原理和特点, 并结合实际电力工程案例分析了这些抗干扰技术的应用效果, 旨在为进一步提高继电保护装置的抗干扰能力和电力系统的安全运行提供参考。

**[关键词]** 继电保护装置; 抗干扰技术; 电力工程; 研究; 应用

## 引言

继电保护装置能够快速、准确地检测电力系统中的故障, 并及时动作切除故障元件, 从而保障电力系统的安全稳定运行。在现代电力工程中, 继电保护装置正朝着数字化、智能化方向发展, 这使得其对电磁环境更加敏感。电力工程现场存在大量的干扰源, 如高压输电线路产生的电磁辐射、开关操作引起的暂态过电压、通信设备的干扰等。这些干扰可能导致继电保护装置误动作或拒动作, 给电力系统带来严重的安全隐患。因此, 研究继电保护装置的抗干扰技术并将其有效应用于电力工程具有重要的现实意义。

## 一、继电保护装置面临的干扰类型及原因

### (一) 电磁辐射干扰

高压输电线路周围会产生强大的电磁场, 其频率范围较宽, 从几十赫兹到几百兆赫兹不等。当继电保护装置处于该电磁场中时, 会在装置的电路和元件中感应出干扰电流和电压。此外, 附近的无线通信设备、广播电台等也会发射电磁波, 对继电保护装置造成电磁辐射干扰。

### (二) 传导干扰

电源干扰: 电力系统中的电源存在电压波动、谐波等问题。当这些含有干扰的电源为继电保护装置供电时, 干扰信号会通过电源线传导至装置内部, 影响装置的正常工作。例如, 大型电机的启动会引起电网电压的瞬间下降, 可能导致继电保护装置的电源模块输出不稳定。

信号传输干扰: 继电保护装置与其他设备之间通过电缆进行信号传输, 如电流互感器、电压互感器的二次信号。在信号传输过程中, 由于电缆本身的特性以及外界干扰的影响, 信号可能会发生畸变、衰减等情况, 从而影响继电保护装置对故障信号的准确判断。

### (三) 静电放电干扰

在电力工程现场这一复杂且特殊的环境中, 诸多因素交织使得静电问题不容忽视。工作人员日常频繁的活动, 例如在不同设备间穿梭、操作工具与设备表面的接触与分离, 以及设备自身各部件之间的相对运动所产生的摩擦等情况, 都为静电的产生创造了条件。

随着时间的推移, 静电会在物体表面逐渐积累。当积累到一定程度时, 就如同积蓄了巨大能量的“小宇宙”, 随时可能发生静电放电现象。一旦静电放电发生, 瞬间会产生极为强大的电磁脉冲。这个电磁脉冲犹如一颗突然爆发的“能量炸弹”, 具有强大的破坏力。

它主要通过静电耦合和电磁耦合这两种途径, 悄无声息却又极具威胁地进入继电保护装置。静电耦合就像是一条隐秘的“暗道”, 静电电荷通过电容效应, 在没有直接电气连接的情况下, 将能量传递到继电保护装置内部的电路中。而电磁耦合则如同一张无形的“大网”, 利用电磁感应原理, 使周围空间中的电磁场在继电保护装置的导体上感应出电动势, 进而形成电流。

这些通过耦合进入继电保护装置的能量, 可能会对装置内的电子元件造成严重损害。一些精密的电子元件, 如集成电路芯片、晶体管等, 可能会因为承受不住瞬间的高电压、

大电流冲击而被烧毁, 导致元件永久性失效。即使电子元件没有被直接损坏, 也可能干扰继电保护装置的正常运行, 使其信号处理出现偏差, 逻辑判断失误, 最终影响整个电力系统的安全稳定运行。

### (四) 雷击干扰

在现代社会中, 电力系统作为保障人们生产生活正常运转的关键基础设施, 其输电线路宛如庞大的脉络, 纵横交错地分布于广袤大地之上。然而, 由于这些输电线路大多暴露在户外开阔环境中, 极易遭受雷击这一自然现象的影响。

雷电是一种强大且极具破坏力的自然力量。当雷击发生时, 瞬间会释放出极其巨大的能量, 产生超高的电压和强大的电流。在输电线路上, 这种瞬间的高电压、大电流会激发出行波, 如同汹涌的波涛一般沿着线路迅速传播。

这些行波并不会仅仅局限于输电线路本身, 它们还会通过多种耦合方式对周边设备产生影响。其中, 电容耦合和电感耦合是两种较为常见的途径。电容耦合就像是一种无形的桥梁, 借助电场的作用, 将行波携带的能量传递到与之相连的继电保护装置中; 而电感耦合则依靠磁场的感应效应, 使得继电保护装置受到干扰。

雷击干扰所蕴含的能量堪称巨大, 远远超出了继电保护装置正常运行时所能承受的范围。一旦这些干扰能量涌入继电保护装置, 可能会引发一系列严重问题。它可能导致装置内部的电子元件瞬间过载, 造成元件损坏; 也可能扰乱装置的信号处理和逻辑判断功能, 使保护装置误动作或拒动作。无论是哪种情况, 都可能对整个电力系统的安全稳定运行构成严重威胁, 甚至引发大面积停电事故, 给社会带来不可估量的损失。因此, 如何有效应对雷击干扰, 成为了电力行业亟待解决的重要课题。

## 二、继电保护装置的抗干扰技术

### (一) 硬件抗干扰技术

#### 屏蔽技术

#### 电磁屏蔽

电磁屏蔽在继电保护装置中起着至关重要的作用。在复杂的电气环境里, 外界存在着各种强度和频率的电磁场, 这些电磁场可能会干扰继电保护装置中敏感电路的正常运行, 导致信号传输错误、数据处理失误等问题, 进而影响整个电力系统的安全稳定运行。

为有效解决这一问题, 采用金属屏蔽罩成为关键手段。金属屏蔽罩能够利用自身的导电性, 将外界电磁场产生的感应电流引导至自身, 并通过良好的接地措施将电流导入大地, 从而阻止电磁场进入被屏蔽的敏感电路部分。

对于继电保护装置中的CPU板, 它作为整个装置的数据处理核心, 承担着分析、判断和决策等重要任务, 一旦受到外界电磁场干扰, 可能会出现计算错误或指令输出异常。通信板则负责装置与外部设备的信息交互, 若受到干扰, 通信信号可能失真、丢失, 影响电力系统各部分之间的协同工作。因此, 针对这些关键电路板, 采用金属外壳进行屏蔽十分必要。金属外壳要具备足够的厚度和完整性, 确保能够全方位地阻挡电磁场的侵入, 同时外壳需可靠接地, 接地电阻要符

合严格的标准要求, 以保障屏蔽效果的稳定性和可靠性。

#### 静电屏蔽

在继电保护装置内部, 静电同样是一个不可忽视的潜在威胁。静电的产生来源广泛, 人员的走动、设备的摩擦等都可能引发静电积累。当静电积累到一定程度发生放电时, 瞬间产生的高电压和大电流可能对装置内的元件和电路造成严重损害。

为应对这一问题, 静电屏蔽措施必不可少。在易受静电影响的元件, 特别是各类芯片周围设置静电屏蔽层是常用方法。芯片作为电子设备的核心部件, 内部集成了大量的精密电路, 对静电极为敏感。静电屏蔽层通常采用具有良好导电性的材料制成, 如金属箔等。它能够在芯片周围形成一个等电位区域, 当静电发生放电时, 电荷会被屏蔽层所捕获并引导至大地, 避免直接冲击芯片。

此外, 静电屏蔽层的设计和安装需要精细考量。屏蔽层要完全包裹住目标元件, 不留任何缝隙, 以确保静电无处可入。同时, 屏蔽层与装置的接地系统也要紧密相连, 保证静电能够迅速泄放。通过这些精心设计和实施的静电屏蔽措施, 可以大大提高继电保护装置内部元件和电路的抗静电能力, 保障装置的长期稳定运行。

#### 滤波技术

电源滤波: 在继电保护装置的电源输入端安装滤波器, 如 LC 滤波器、 $\pi$  型滤波器等, 滤除电源中的高频干扰和谐波成分, 保证装置电源的稳定性。

信号滤波: 对于输入的模拟信号, 采用低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器等对信号进行滤波处理, 去除噪声和干扰信号, 提高信号的质量。例如, 在电流互感器和电压互感器的二次回路中安装合适的滤波器, 可有效抑制高频干扰。

#### 隔离技术

光电隔离: 利用光电耦合器实现电气隔离, 将输入信号通过光电转换后再传输到装置内部, 避免强电回路对弱电回路的干扰。在继电保护装置的开关量输入、输出回路以及通信接口等部位广泛应用光电隔离技术。

变压器隔离: 对于交流信号, 采用变压器进行隔离, 不仅可以实现电气隔离, 还能起到变压和阻抗匹配的作用。例如, 在电压互感器和电流互感器的二次侧与继电保护装置之间采用隔离变压器, 可有效防止一次侧的高压和干扰传入装置。

### (二) 软件抗干扰技术

#### 数字滤波算法

在继电保护装置的软件中采用数字滤波算法对采集到的信号进行处理。常见的数字滤波算法有均值滤波、中值滤波、加权平均滤波等。均值滤波通过对多个采样值求平均值来消除随机噪声; 中值滤波则是将采样值按大小排序后取中间值, 可有效抑制脉冲干扰。

#### 冗余设计与容错技术

数据冗余: 对重要的数据进行多次存储或备份, 当某一数据出现错误时, 可以从其他备份数据中恢复。例如, 在继电保护装置的定值存储区, 对保护定值进行多份存储, 以防止因干扰导致定值丢失或错误。

容错处理: 软件具备容错能力, 当检测到干扰引起的错误时, 能够自动采取措施进行纠正或恢复正常运行。例如, 当程序出现“跑飞”现象时, 通过看门狗定时器复位程序, 使其重新正常运行。

#### 干扰识别与自适应调整技术

通过对采集到的信号进行分析和处理, 识别出干扰信号的特征和类型。然后根据干扰情况, 自适应地调整保护装置的参数或工作模式, 以提高装置的抗干扰能力。例如, 当检测到较强的电磁辐射干扰时, 适当降低装置的灵敏度, 避免误动作。

### 三、抗干扰技术在电力工程中的应用案例

#### (一) 某变电站继电保护装置抗干扰改造

#### 改造背景

某变电站的继电保护装置在运行过程中频繁出现误动作现象, 经检查发现是由于附近新建的通信基站产生的电磁辐射干扰所致。该变电站的继电保护装置为早期型号, 抗干扰能力较弱。

#### 改造措施

硬件改造: 对继电保护装置的机箱进行了电磁屏蔽改造, 更换为具有更好屏蔽性能的金属机箱, 并确保机箱良好接地。同时, 在装置的电源输入端和信号输入端增加了高性能的滤波器, 以抑制传导干扰。

软件升级: 对继电保护装置的软件进行升级, 增加了数字滤波算法和干扰识别功能。通过数字滤波算法对采集到的电流、电压信号进行实时处理, 提高信号质量; 利用干扰识别功能实时监测干扰情况, 并根据干扰强度自适应调整保护装置的動作门槛。

#### 改造效果

经过改造后, 该变电站的继电保护装置运行稳定性得到显著提高, 误动作现象明显减少。通过长期的运行监测, 证明了所采取的抗干扰技术措施有效提高了继电保护装置的抗干扰能力, 保障了变电站的安全可靠运行。

### (二) 某高压输电线路继电保护系统抗雷击干扰优化

#### 优化背景

某高压输电线路所在地区雷电活动频繁, 继电保护装置多次因雷击干扰而出现误动作或损坏情况。原有的防雷措施不足以应对频繁的雷击干扰, 需要对继电保护系统进行优化。

#### 优化措施

加强硬件防护: 在输电线路的杆塔上安装了新型的避雷器, 并对继电保护装置的进线端增加了防雷击的浪涌保护器。同时, 对装置内部的关键元件采用了更高耐压等级的芯片和电路设计, 提高其抗雷击能力。

改进软件算法: 在继电保护装置的软件中加入了雷击干扰识别和自适应保护算法。当检测到雷击干扰信号时, 软件能够迅速判断并采取相应的保护措施, 如暂时闭锁保护动作, 待干扰消失后再恢复正常运行。

#### 优化效果

经过优化后, 该高压输电线路的继电保护装置在后续的雷击天气中表现出良好的抗干扰性能, 未再出现因雷击干扰导致的误动作或损坏情况, 大大提高了输电线路的供电可靠性。

#### 结语

继电保护装置的抗干扰技术对于电力工程的安全稳定运行至关重要。通过深入了解继电保护装置面临的各种干扰类型及其产生原因, 并综合应用硬件和软件抗干扰技术, 可以有效提高继电保护装置的抗干扰能力。在实际电力工程中, 应根据具体的干扰情况和保护装置的特点, 合理选择和应用抗干扰技术措施。随着电力系统的不断发展和新技术的不断涌现, 继电保护装置的抗干扰技术也需要不断创新和完善, 以适应日益复杂的电磁环境, 为电力系统的可靠运行提供更有力的保障。未来, 还需进一步加强对新型干扰源和抗干扰技术的研究, 推动继电保护装置抗干扰技术的持续发展。

#### [参考文献]

- [1] 高压变电站继电保护抗干扰技术的研究. 段震海. 家电维修, 2024 (08)
- [2] 高压变电站继电保护及自动化集中系统. 陈静. 电气技术与经济, 2023 (08)
- [3] 物联网与大数据技术在高压变电站预测性维护中的应用研究. 朱泉缙. 仪器仪表用户, 2024 (09)
- [4] 高压变电站及输电线路对周围环境的影响评价及防治措施分析. 周薇; 董秋楠. 智能城市, 2021 (01)
- [5] 220kV 高压变电站一次部分设计要点探讨. 薛亭. 山东工业技术, 2022 (15)