

# 电气系统中的自动化继电保护技术

卢 芳 范鑫佳

中检质技检验检测科学研究院有限公司 浙江 杭州 310022

**摘要：**自动化继电保护技术是电气系统安全稳定运行的关键支撑。它依托专用装置实时监测运行参数，故障时自动启动保护逻辑，具有快速性、选择性、灵敏性、可靠性等特征。其工作原理涵盖故障检测、判断与处置，核心构成包括传感采集、控制处理、执行输出模块。该技术能提升故障防护能力，在毫秒级内隔离故障；保障系统运行稳定，实时监测动态调整；优化运维管理效率，借助故障录波、远程监控等功能，减少人工工作量，实现预防性运维。

**关键词：**电气系统；自动化；继电保护；技术应用

引言：在电力行业蓬勃发展的当下，电气系统的规模与复杂度与日俱增，其安全稳定运行面临诸多挑战。自动化继电保护技术作为保障电气系统安全的关键支撑，重要性愈发凸显。它依托专用装置，实时精准监测运行参数，故障时自动启动保护逻辑。其具备快速性、选择性等核心特征，有着故障检测、判断、处置的完整工作原理，由传感采集、控制处理、执行输出等模块构成。该技术不仅能提升电气系统防护能力，保障系统稳定运行，还能优化运维管理效率，在电力系统发挥着不可替代的作用。

## 1 自动化继电保护技术的核心内涵

自动化继电保护技术是电气系统安全稳定运行的关键支撑技术。它依托专用保护装置，对电力设备及线路的运行参数，如电流、电压、功率等，进行实时、精准的监测。一旦电气系统出现故障，像短路、过载、接地故障等，或者出现异常运行状况，如电压波动、频率偏移等，该技术会自动启动预设的保护逻辑。（1）其核心特征鲜明且关键。快速性要求在故障发生的瞬间，保护装置能在极短的时间内启动保护动作，迅速切断故障，将故障影响范围控制在最小程度，防止故障进一步扩大，避免对其他正常运行的设备造成损害。选择性强调精准定位故障元件，仅切除故障部分，最大程度保证非故障区域的持续供电，减少停电范围，提高供电的可靠性。灵敏性体现在对轻微故障或异常信号具有极高的识别能力，哪怕是微小的参数变化，也能及时察觉并触发保护动作，确保电气系统任何细微的故障隐患都能得到及时处理，做到无遗漏保护。可靠性则要求保护装置在电气系统正常运行时不会误动作，而在故障发生时能够可靠地动作，保障保护功能的稳定发挥，为电气系统的安全运行提供坚实保障。（2）自动化继电保护技术的核心目标明确，就是保障电气系统安全稳定运行，降

低故障造成的设备损耗与经济损失，提升整个电气系统的运行效率与质量，在电力行业中发挥着不可替代的重要作用<sup>[1]</sup>。

## 2 自动化继电保护技术的工作原理

### 2.1 故障检测原理

故障检测作为自动化继电保护技术的基石，关键在于精准采集电气系统关键运行参数并从中识别故障特征信号。（1）在电气系统正常运行状态下，电压、电流、功率等参数维持在稳定区间，且各参数间存在特定的相位关系。然而，一旦系统出现短路、过载等故障，这些参数便会发生显著变化，像短路会使电流急剧增大，过载可能导致电压降低，同时相位关系也会失衡。（2）保护装置中配备的电流互感器、电压互感器等传感元件，能够实时采集一次系统的电流、电压信号，并将其转换为二次侧标准信号。随后，信号处理模块会对这些信号进行滤波、放大处理，再通过模数转换将模拟信号转变为数字信号，为后续的故障判断提供可靠且准确的原始数据。故障检测对实时性与准确性有着极高要求，只有快速捕捉故障信号，同时避免将正常运行时的参数波动误判为故障，才能确保自动化继电保护技术有效发挥作用，保障电气系统的安全稳定运行。

### 2.2 故障判断原理

故障判断在自动化继电保护技术中占据核心地位，它以检测到的电气系统运行参数为依据，借助预设逻辑与算法，精确判定是否出现故障、故障类型以及故障位置。（1）保护装置中配置了多种保护继电器，像过流继电器、过压继电器、差动继电器等，它们分别针对不同类型的故障。每种继电器都预先设定了特定的动作阈值，例如过流保护设定了电流整定值，过压保护设定了电压整定值。一旦检测到的参数超出这些动作阈值，继电器便会启动相应的动作逻辑。（2）还会运用相位比

较、谐波分析、阻抗计算等先进算法，进一步精确定故障类型，如区分是相间短路、单相接地还是过载等，还能明确故障位置，如定位到具体的线路区段或设备部件。故障判断的关键在于保障选择性与可靠性，通过合理设定动作时限配合、闭锁逻辑等措施，有效避免保护装置误动作或越级跳闸，确保仅切除故障元件，维持电气系统的稳定运行<sup>[2]</sup>。

### 2.3 故障处置原理

故障处置作为自动化继电保护技术的执行关键环节，紧密依据故障判断结果，自动生成并发出精准的控制指令，以达成故障的迅速隔离与系统的有序恢复。一旦故障判断确认系统出现故障，保护装置的执行机构便会立即响应。像跳闸出口继电器、告警装置等执行部件开始动作：针对严重故障，例如短路故障，跳闸出口继电器会以极快的速度发出跳闸指令，精准控制断路器断开故障回路，有效阻止故障进一步蔓延扩大，避免对其他正常设备造成损害；对于轻微异常情况，如轻度过载，则发出告警信号，及时提醒运维人员关注并处理。在一些结构复杂的电气系统中，还能联动自动重合闸装置，若故障为瞬时性，在故障消除后自动恢复供电。故障处置的核心要点在于快速性与准确性，跳闸动作必须在毫秒级内完成，最大程度降低故障造成的损害，同时要严格避免误跳闸，防止非故障区域出现不必要的停电情况。

## 3 自动化继电保护技术的核心构成

### 3.1 传感采集模块

传感采集模块在自动化继电保护技术体系里占据基础且关键的地位，它承担着将电气系统物理运行参数转变为可测量电信号的重要职责。（1）该模块的核心组件丰富且功能明确。电流互感器（CT）能依据一定比例，把一次系统中的大电流精准转换为二次侧的标准小电流，像常见的 5A 或 1A，以此保障测量过程的安全性与准确性。电压互感器（VT/PT）则负责将一次系统的高电压转换为二次侧的标准低电压，通常为 100V，同样确保测量的可靠与精确。信号调理单元借助滤波电路，有效剔除信号中的干扰成分，并对微弱信号进行放大处理，从而提升信号的整体质量。模数转换（ADC）模块则把经过调理的模拟信号转化为数字信号，以便传输至后续的控制处理模块。（2）传感采集模块的性能对保护装置的检测精度有着直接影响，所以它必须具备高线性度、低误差以及强抗干扰能力等特性，以适应电气系统复杂多变的运行环境<sup>[3]</sup>。

### 3.2 控制处理模块

控制处理模块在自动化继电保护技术中处于核心地位，犹如整个系统的“大脑中枢”，承担着故障判断、逻辑运算以及指令生成等关键任务。（1）其核心组件各司其职又协同工作。微处理器（MCU/CPU）作为核心运算单元，运行着预先设定好的保护程序与算法。它能够对传感采集模块传输来的数字信号进行实时且精准的分析与处理，从而完成故障判断工作。可编程逻辑控制器（PLC）则专注于实现复杂的逻辑控制，像闭锁逻辑、时限配合逻辑等，极大地提升了保护系统的灵活性与适应性。保护算法芯片集成了专用的数字信号处理（DSP）单元，可对故障判断算法的运算速度进行优化，确保快速准确判断故障。存储器用于存储保护整定值、故障录波数据以及运行日志等重要信息，为后续的查询与分析提供便利。（2）由于控制处理模块任务繁重且工作环境复杂，所以必须具备高运算速度、高可靠性以及强抗干扰能力，以此保证在复杂的电磁环境下能够稳定运行。

### 3.3 执行输出模块

执行输出模块在自动化继电保护技术体系中扮演着至关重要的角色，堪称整个系统的“执行手脚”，其核心任务是接收控制处理模块发出的指令，并精准无误地完成相应动作。（1）该模块的核心组件功能明确且相互配合。跳闸出口继电器作为核心执行元件，一旦接收到控制指令，便会迅速动作，及时接通断路器的跳闸回路，从而将故障回路可靠断开，防止故障进一步扩大。告警装置通过发出声光信号，如指示灯闪烁、蜂鸣器鸣响，或者借助远程通信方式，第一时间向运维人员反馈故障信息，使其能够迅速了解系统状况。自动重合闸接口用于与重合闸装置联动，在发生瞬时故障后，可实现供电恢复，提高供电的连续性。通信模块则负责将保护动作信息、故障数据等传输至后台监控系统，方便运维人员进行远程监控与深入分析。（2）执行输出模块需具备高响应速度、高可靠性，以及出色的抗振动、抗冲击能力，以此确保动作指令能够快速且准确地执行。

## 4 自动化继电保护技术的应用效能

### 4.1 故障防护能力提升

自动化继电保护技术凭借快速检测、精准判断与瞬时处置的卓越性能，极大程度地增强了电气系统的故障防护能力。（1）在传统的人工保护模式下，主要依靠运维人员定期巡检来发现故障，这种方式响应时间较长，通常达到分钟级。在这段时间内，故障极易进一步扩大，进而造成设备损毁，给电气系统带来严重损失。与之形成鲜明对比的是，自动化继电保护装置具备极高的响应速度，其故障检测与跳闸动作均能在毫秒级内完

成。在故障发生的初始阶段,就能迅速隔离故障回路,有效避免故障对设备和线路造成不可逆转的损害,同时防止故障蔓延至整个系统,引发大面积停电事故。(2)该技术的高选择性与灵敏性也为其故障防护能力增色不少。高选择性确保能精准识别故障元件,仅切除故障部分;高灵敏性则能对轻微故障或异常信号及时察觉。二者共同作用,既避免了因漏判导致故障扩大,又减少了因误判引发的不必要停电,全方位提升了电气系统抵御故障的能力。

#### 4.2 系统运行稳定性保障

自动化继电保护技术凭借实时监测与动态调整能力,为电气系统的稳定运行构筑了坚实防线。(1)在电气系统正常运行阶段,保护装置始终保持高度警觉,对各类运行参数进行不间断监测,确保系统始终在额定工况范围内稳定运转,各项指标符合预设标准。一旦系统出现轻微异常状况,例如电压出现波动、出现轻度过载等情况,保护装置会迅速发出告警信号。这使得运维人员能够及时获取异常信息,提前采取干预措施,将异常情况扼杀在萌芽状态,防止其进一步恶化发展成为严重故障。(2)当故障不幸发生时,保护装置会以极快的速度切除故障元件,最大程度减少故障对系统的影响,保证非故障部分能够持续正常运行,维持系统供电的连续性。此外,保护装置精心设计的闭锁逻辑、时限配合等机制,有效避免了越级跳闸、误动等问题的出现,保障了系统运行的有序性,降低了因保护措施不当引发的系统波动频率,全方位提升了电气系统的供电可靠性与运行稳定性<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 运维管理效率优化

自动化继电保护技术凭借自动化运行与强大的数据记录功能,为电气系统的运维管理效率带来了显著提升。(1)在传统的运维模式中,故障排查工作高度依赖人工现场检测与分析。运维人员需要逐一排查设备、线路,不仅耗费大量的时间和精力,而且故障判断的准确

性很大程度上取决于个人经验,容易出现误判、漏判等情况。与之相比,自动化保护装置具备故障录波功能,能够自动且精准地记录故障发生前后的运行参数、动作过程等关键数据。运维人员只需通过后台系统,就能方便快捷地查询故障详情,迅速定位故障原因与具体位置,大大缩短了故障处理的时间。(2)保护装置的远程监控与参数整定功能也发挥了重要作用。运维人员可以在后台对保护整定值进行调整,检查装置的运行状态,无需亲临现场进行操作,这不仅降低了运维人员的工作量,还减少了现场作业带来的安全风险。同时,通过对保护动作日志与故障数据的深入分析,还能提前预判设备老化、系统潜在隐患等问题,实现预防性运维,进一步提升了运维管理的科学性与高效性。

#### 结束语

自动化继电保护技术作为电气系统的关键支撑,其核心内涵、工作原理、核心构成与应用效能相辅相成。凭借快速性、选择性等核心特征,精准实现故障检测、判断与处置,有效提升故障防护能力,保障系统稳定运行。其核心构成模块各司其职,协同保障技术功能的实现。而应用效能上,不仅极大缩短故障处理时间,降低运维人员工作量与安全风险,还能通过数据分析实现预防性运维。随着电气系统不断发展,自动化继电保护技术将持续优化升级,为电气系统安全稳定运行提供更坚实保障,推动电力行业朝着智能化、高效化方向稳步迈进。

#### 参考文献

- [1]严明.浅议继电保护装置在配电系统中的应用[J].天津化工,2021,35(02):105-107.
- [2]张羽.电气自动化系统中的继电保护技术研究[J].电气开关,2023,61(04):45-47+50;
- [3]陈睿豪.电气自动化系统继电保护安全性的影响因素分析及解决[J].中国设备工程,2023(12):188-190.
- [4]赵大超,卢继伟.继电保护自动化中的装置及其故障检修探析[J].科学技术创新,2020(16):28-29.