

## 继电保护自动化技术在电力系统中的应用

党飞虎

正泰安能数字能源(浙江)股份有限公司, 浙江 杭州 310051

[摘要]近年来为了适应电力系统的容量越来越大以及结构越来越复杂的需求,继电保护自动化的技术越来越重要,在保证电网的安全可靠运行上有着及其重大的影响,文章对继电保护自动化的技术的意义做出了全面的论述,指出了继电保护自动化的技术的应用存在的问题,针对配电网、发电机、母线、变压器等主要电器设备分别讲述了继电保护自动化技术的具体应用,并提出了一些关于计算机的应用、网络化和客户服务机的自动化的改进方法。通过研究认为,继电保护自动化技术的不断发展对提高电力系统的供电可靠性有着极其重要的现实意义。

[关键词]继电保护;自动化技术;电力系统;智能电网;可靠性

DOI: 10.33142/hst.v9i2.19163

中图分类号: TM774

文献标识码: A

## Application of Relay Protection Automation Technology in Power System

DANG Feihu

Chint Anneng Digital Energy (Zhejiang) Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

**Abstract:** In recent years, in order to adapt to the increasing capacity and complex structure of the power system, the technology of relay protection automation has become increasingly important, which has a significant impact on ensuring the safe and reliable operation of the power grid. This article comprehensively discusses the significance of relay protection automation technology, points out the problems in its application, and discusses the specific applications of relay protection automation technology for major electrical equipment such as distribution networks, generators, busbars, and transformers. It also proposes some improvement methods related to computer application, network construction, and customer service machine automation. Through research, it is believed that the continuous development of relay protection automation technology has extremely important practical significance for improving the power supply reliability of the power system.

**Keywords:** relay protection; automation technology; power system; smart grid; reliability

### 引言

在当今社会生活中,电力已经成为国家经济的发展和人民生活的必需的基础能源。伴随着经济社会的快速发展,电力的需求量也日益增大,电力系统的规模以及复杂性也在不断扩大,这也使得对供电可靠及安全性的要求越来越高了。电力系统是当代重要的支柱,在此之上,为工、商、民用提供着必不可少的电力支持。而继电保护自动化技术就是电力系统安全生产的“守护神”,当遇到电力设备出现异常或者发生故障的时候能够及时地对其作出反应,自动地对故障区域进行切除,避免故障扩大化给整个电力系统造成损害,保障电网的安全稳定运行。近几十年来由于计算机技术、通信技术以及智能控制技术的飞速发展,使二次保护经历了由传统的单方面功能转向智能化、联网化、自动化过程。

### 1 电力系统中继电保护自动化的意义

继电保护自动化技术对电力系统的作用是无法替代的,第一它可以监控电力设备的工作状况,随时掌握电力设备发生的一系列的问题,通过持续不断对电流、电压、频率等电气量进行监视,在发生故障的时候第一时间捕获到相关信息,做到即时分析,继电保护装置主要负责电力系统的各个异常情况以及故障的检测,并在检测到故障或者异常之后立即进行相应的反应如断电或者是报警来阻止事态的进一步恶化,使电力系统能最大程度的得到保护;第二它可以有效的隔离掉故障部分,避免事故的蔓延,在几毫秒的时间内就可以准确找出哪里出现问题并且发送出跳闸命令,把故障的设备快速的断开。最后,在此基础上,此技术创新了电力系统智能运维的基础,继电保护装置获取到的运行信息、故障信息都可对电网的状态监视、

故障诊断、运行调控等方面提供有力的数据支持；此外，继电保护自动化技术的应用也提高了供电的稳定性以及电能质量，既可及时排除故障，又能通过自动重合闸等方式弥补瞬时性的短路事故从而大大减少了对客户供电的影响。

## 2 继电保护自动化技术应用中存在的问题

虽然继电保护自动化系统已经广泛应用于电力系统之中，但是在实际工作中依然存在不少需要我们注意并加以处理的地方，对继电保护装置的性能发挥造成了影响，继电保护及自动化是电力系统的关键元素之一，它的任务就在于维护电力系统的稳定性和可靠供电，但是实际工作当中由于设备老化或者人为误动以及通讯中断等导致继电保护及自动化系统容易发生各种各样的异常情况，从而给电力系统的正常运行埋下了不安全因素。具体如下表 1：

表 1 继电保护自动化技术应用中存在的问题分析

问题维度	具体表现	主要影响
设备质量层面	产品质量低劣、保护功能误判、生产工艺不规范	保护可靠性下降，出现“有保护无护”现象
功能配置层面	定值整定不合理、保护配合失当	越级跳闸或保护拒动，扩大停电范围
通信系统层面	数据传输延迟、抗干扰能力差、通信中断	信息交互受阻，广域保护无法有效协同
运维管理层面	人员操作处理不当、检修效果不佳、巡检遗漏	隐患不能及时发现，装置带病运行

对于继电保护自动化装置的质量问题：当出现产品质量不合格、保护装置误报、人为操作失误、检修不到位等情况时就会造成继电器装置不能发挥其应有的作用或者出现有保护装置而无实际保护的情况，从而影响到电力系统的稳定运行；部分企业因生产过程中的工艺不到位以及材料质量不过关的原因使得产品的质量无法得到保障，在其功能方面因为电网调度方式变化及新能源并网的问题使原来的定值设置已经不适合当前的电力运行状况而导致继电保护装置发生误动作或拒动作<sup>[1]</sup>。误动是指在没有发生故障的情况下，保护装置误动引起不必要的停电或者误操作，误闭是指在出现故障时，保护装置不能及时动作使得故障不能被消除。随着大量分布式电源接入配电网，传统电流保护策略的选择性配合存在较大难度的问题亟待解决，在通信领域，目前电力系统的通信网络存在着时延控制、信息安全等一系列问题，通信丢失或者时延会影响基于通信的分布式保护系统之间的联动。在运行维护上，有些运维人员技术水平较低，检修不到位，漏检，误判情

况时有发生，再者电力设备更新越来越快，运维人员培训又往往是跟不上的。

## 3 电力系统中继电保护自动化技术的应用

### 3.1 科学配置配电网继电保护装置

配电网是电力系统的“神经末梢”，是最贴近电力用户的环节，它的供电可靠性关系到用户的用电感受。配电网结构复杂、层次繁多、运行模式多种多样，对继电保护提出了一定的要求。传统配电网一般以级差式过流保护为主，这种保护方式适用于单电源供电简单辐射型网络，而分布式新能源大量接入以后，使得配网逐渐转变为具有多个电源、结构复杂的网架结构，潮流分布发生变化，传统过流保护很难精准地找到故障点并迅速切除。在新时代条件下，传统的保护配置已经不能适应供电人员快速查找故障发生区域、自动切断故障以及恢复供电的要求。智能化配电网保护借鉴“社区网格化管理”的方法，把配电网主线或者支线上相邻开关包围起来的范围视为一个个的“网格”，把复杂紧密耦合在一起的配电网分割成为若干个独立的保护区间。每个网格就是一个保护区间，在同一个网格中的各个保护设备可以相互协作，迅速查找并隔离出故障区段从而达到“故障不出网格”的效果。从这个角度出发，研究团队制定出了网格化的保护为主保护，过流保护为后备保护的一套配电网保护方案，能够应对不同构型和运行状态下的各种电网情况。

### 3.2 发电机继电保护

发电机是电力系统的主体设备，它的可靠运行决定着整张电网的安全。发电机结构复杂、造价昂贵，必须配备完整的继电保护装置，在发电机出现内部故障或者出现非正常工况的时候能够立即发送报警信息或者执行断路操作来停止发电机的工作。发电机保护主要有差动保护、定子接地保护、失磁保护以及失步保护几种。针对大型发电机组其保护配置也有更高的要求，国产首台（套）百万千瓦水轮发电机无死区数字化发电机保护已经顺利投入运行，解决了长期以来困扰百万千瓦级水机的主保护盲区的问题实现了对定子绕组出现单匝短路的灵敏保护，从而彻底解决百万千瓦水轮发电机组的主保护盲区问题。当代发电机组保护逐渐使用了微机保护系统，不仅能完成各路保护要求，而且还有故障记录、事故记录、自动检测等功能，方便了对事故进行分析和维护管理的工作。并且采用了 SV 采集、GOOSE 通信等技术，为火力发电厂继电保护走向数字化做了很好的铺垫。

### 3.3 母线继电保护

母线是电力系统中电能汇总与供给的中枢环节，它联

系着多个出入口、变压器以及发电机等。母线出现故障的概率小于线路,但是它的影响范围很广,因为母线上一般接有很多的电器设备,母线发生故障的时候会导致很多电器停运,进而引发大范围停电事件,同时有可能导致整个电力系统的崩溃,使得故障扩散,由此可见母线故障是最危险的一种电气故障。所以必须配备灵敏、高效的母线保护<sup>[2]</sup>。母线保护大多使用电流差动保护方式,通过对母线各分支元件电流的幅角和来进行分析判断该母线内部是否存在故障情况。在正常情况下或外部短路时,进入母线的电流等于离开母线的电流,差动电流很小。而在母线区内发生短路时,差动电流很大且产生动作,同时母线保护根据母线区内的特点,设有当母线连接的断路器拒动时作母线保护的后备保护,即为线路保护的失灵保护。并且由于智能变电站的发展,在母线保护中应用的 IEC 61850 标准的数字化母线保护也越来越多,它有接线简单、抗干扰能力强、信息交换便捷等优势。

### 3.4 变压器继电保护

电力变压器是电力系统中完成电压转换与电力输送的重要设备,价格高、维修时间长,必须要有健全的继电保护装置,变压器的保护主要有瓦斯保护、差动保护、电流保护、接地保护、过励磁保护等。瓦斯保护是对变压器内部故障的主保护方式,根据变压器故障内部出现的气体或是油流的速度来进行触发反应;差动保护可以视为变压器相间短路和匝间短路的主要保护方法,在比较变压器各侧电流的大小以及相位的情况下判断内部故障情况。当前变压器保护遇到的最大难题便是对励磁涌流的有效判定,变压器空载投入时会出现一个很大的数值并且存在很多谐波成分的励磁涌流,容易造成差动保护误判断。新一代微机变压器保护装置通过对励磁涌流中的二次谐波分量较大运用制动法原理,励磁涌流期间闭锁差动保护,避免误跳闸现象;针对变电站变压器内部缺陷逐步发展成严重缺陷最终电弧放电击穿的整个过程,提出大型变压器安全运行三级防线策略,即变压器缺陷及故障演变规则、状态监测技术、主动防护措施、传统保护手段优化方法、安全储备量化指标等。

## 4 电力系统中继电保护自动化措施

为了更好地发挥继电保护自动化技术在电力系统中使用的效果,应该对这一领域的技术和系统结构以及管理模式等进行综合性地改善优化。继电保护及自动化的系统首要职责就是保证电力系统的稳定运行,所以系统要有足够的安全性来应付所有可能出现的风险和危险。具体见下表 2:

表 2 继电保护自动化技术优化措施分析

措施方向	关键技术	实施效果
计算机技术应用	大数据分析、人工智能算法、智能运维平台	实现故障预警和精准定位,提升诊断效率
网络化建设	光纤通信、IEC 61850 标准、GOOSE 通信	实现信息高效交互,构建协同保护体系
客户机自动化	分层分布式结构、远程监控、智能终端	满足无人值班要求,提高运维效率

### 4.1 充分利用计算机技术

计算机技术应用于继电保护自动化的深入探索,给加强继电保护性能及智能性方面带来了新思路,继电保护智能化运维技术就是借助“云大物移智”等新型技术建立继电保护运维“全流程”的数字化以及智能化平台来为继电保护远程式、集中式的、专业性式运维保驾护航,当下微电子集成保护器是以高速度微处理芯片为中心不仅可以执行基本的保护任务也可以进行故障记录,谐波分析,向量计算等功能。同时结合先进传感器、算法以及 AI 技术的应用,在及时监控、故障判断以及系统调控等方面有更强的能力。继电保护智能化运维技术已经遍及国网、省调、地市调度、超高压局、集控站,为继电保护日常运维、异常处置、事故分析、设备检修等方面提供全面的技术支持<sup>[3]</sup>。基于历史故障数据库进行机器训练可创建故障特征集合从而能够更快更准确对故障做出判断,通过数据分析和决策建议功能对历史数据以及实时信息进行挖掘分析可以找出电力系统中的规律和模式,比如通过对设备运行的历史数据分析可以找到该设备是否存在周期性的故障或者逐渐衰减的现象,在事故发生之前采取相应的预防性检修措施防止其突然出现故障。

### 4.2 加快网络化建设

网络化是继电保护自动化技术发展的必然趋势。传统的继电保护装置主要是独立运行,并且相互之间信息交换少,不能做全局性的最优调控。加快网络化进程,建立高速、可靠、安全的保护信息网络,是继电保护智能化发展的基石。新型保护设备以支持变电站 IEC 61850 通信标准为主要特征,支持的通信不仅包括纵向、还包括了横向通信,横向通信即包含了带开关量信号及模拟量信号的 GOOSE 报文等。使用 PRP 或者 HSR 协议,当通信出现问题的时候能够做到瞬间切换至无延时冗余的以太网通信方式,避免了因单点问题导致的问题,增强通信可靠性。伴随着通信技术的加入,故障检测的及时性和精确性以及信息交流与协调控制的功能都有了很大的进步,在广域保护环节中,网络化建设让依靠多种信息源的广域保护成为现实,通过安装同步相量测量装置收集电网各个节点之间

的电压电流相量,从而达到了对于电网稳定状况进行实时监测并进行预先干预的目的。

#### 4.3 实现客户机自动化建设

客户端智能化建设就是在硬件设备、软件开发的基础上对继电保护系统进行升级改造,在此基础上实现对整个继电保护系统的客户端集中式远程控制。当前变电站综合自动化系统一般由站级管理层(站控层)和间隔层组成,站控层和间隔层共同工作完成信息交互、多个任务的实时处理等任务。间隔层负责本间隔内继电保护装置的测量及控制回路;站控层负责对全所进行监视、控制及管理等功能,二者利用网络高速传输信息。随着互联网以及通讯技术的进步,智能电网已经做到了远程监视、远程操控以及信息管理。技术员即便在距离装置较远的情况下也可对电力系统运行状况做出正确的判断,迅速处置事故,在一定程度上提升了供电企业的应急响应速度及管理水平<sup>[4]</sup>。智能化还包括了具备自我检测的功能以及可将检测情况传送到远程主控端,利用该设备可以建立一套设备健康状况评估系统从而达到由预防性维护向预防性维修过渡的目的提升工作效率并减少人力投入。

#### 5 结语

继电保护自动化是保证电力系统的安全稳定的关键

技术之一,在现今电力系统中也起着举足轻重的作用,它对电力设备进行实时监控,快速诊断及自动控制,从而避免了事故扩大,保障了电力供应的安全稳定。虽然现在还存在着一些不足之处,例如设备的质量、配置、通讯以及维护管理等问题,但是随着计算机技术、通讯技术和人工智能技术的不断进步,继电保护的自动化也在向智能化、信息化、自动化的方面发展。相信在未来通过不断的研发和完善,继电保护自动化技术会更好的服务于现代社会中的电力系统建设。

#### [参考文献]

- [1]陈旭颖,刘娟.自动化技术应用于电力继电保护系统的应用[J].电子技术,2025,54(9):266-267.
- [2]苏晓文.在电力系统的继电保护自动化技术应用的研究[J].电力设备管理,2025,1(8):206-208.
- [3]康承建.继电保护自动化技术在电力系统中的应用[J].光源与照明,2025,1(8):239-241.
- [4]杜沛霖.继电保护自动化技术的应用[J].集成电路应用,2024,41(10):282-283.

作者简介:党飞虎(1996.5—),毕业于郑州电力职业技术学院,电力系统继电保护与自动化专业,2025 于华北水利水电大学进修电气工程及其自动化专业。