

智能电网建设中的继电保护技术

0 引言

随着国家电网公司智能电网建设工作的开展，网络重构、微网运行等技术及分布式电源接入等问题也相应出现，对现阶段的[继电保护](#)提出了新要求。同时，伴随智能电网出现的新技术，如新型传感器技术、计算机技术及光纤通信技术等的应用也为继电保护装置的发展提供着广阔空间。

1.1 智能电网定义

智能电网即 **Smart Grid**，亦被称做智能网或智能网格。其定义为：以传统物理电网为基础，超高压和特高压电网为骨干网架，高度集成现代先进的通信计算机技术、传感测量技术、信息技术及控制技术，形成现代新型智能化电网。智能电网中使用智能传感器进行整个电力系统各个环节的实时监控，如对发、输、配、供、用各个环节电力设备的运行状况进行实时监控，并且通过智能网络系统整合收集获得的相关数据，同时进行相关智能化处理，其本质是实现对能源的兼容利用及对相关绿色能源的替代。

1.2 智能电网的建设

智能电网建设是一项十分复杂巨大的工程，要考虑到各方面因素，难度非常大。现代电力系统主要由以下 4 个环节，即发电环节、

输电环节、配电环节、供电环节和用电环节，可以将智能电网的建设过程看作对已有电力系统进行能源体系智能化和动态化改造的过程。

2 传统继电保护及其重要作用

电力系统[微机综合保护装置](#)用于在设备发生故障时，自动地、快速地且有选择地将系统中故障设备切除，从而保证其它无故障设备的正常运行及避免故障设备继续遭到破坏；当系统处于不正常运行状态时，继电保护装置可以发出报警，使值班人员采取相关有效措施。

传统电力系统中，电源处潮流流向是单向的。继电保护设备中的输入通常是本侧电气量，包括：三相电流 I_a 、 I_b 和 I_c ，以及三相电压 U_a 、 U_b 和 U_c 。保护装置通过判别上述电气量，进行动作以满足相关保护要求。对于较复杂线路光纤差动保护而言，其输入量为被保护线路对侧电流。可以看出，传统继电保护电气判别量基本上不变，并且只需本侧保护对象电气量。

3 智能电网中的影响继电保护的关键因素

智能电网继电保护在原理上与常规微机保护差别不大，其主要发展在于保护二次回路变化。保护二次回路运用了一系列影响智能电网继电保护的关键技术和因素，例如基于 IEC61850 标准和电子式互感器的应用、智能一次设备的出现、网络通信技术应用及自动化系统总体架构。这几个因素实际上互相关联，不能割裂，以下作详细介绍。

3.1 IEC 61850 标准

IEC 61850 标准本身并非继电保护专业技术标准，但由于该标准对变电站功能架构、通信体系和[自动化系统](#)带来巨大变化及其广泛影响力，继电保护不可避免受到其深刻影响。

3.2 电子式互感器

电子式互感器是国际电工委员会对各种新型非常规或半常规、光电转换原理或电磁感应原理电流互感器或电压互感器的统称。其对继电保护的影响主要体现在以下几方面：a) 互感器传变性能的提升，主要是抗饱和能力提升，改善继电保护的工作条件;b) 互感器输出信号数字化，引起保护装置采样方式的变化;c) 采样环节的移出，使得[高压微机保护装置](#)自身不能控制采样时刻，测量频率跟踪方法只能采用软件算法。

从智能电网继电保护的实施情况来看，后两方面对继电保护的影响更为明显。

3.3 一次设备智能化

智能一次设备中，对继电保护影响最大的是智能断路器。目前断路器智能化的实现方式为：传统断路器+智能终端。智能终端的出现带来以下变化：a) 改变了断路器操作方式，断路器操作箱回路及继

电器被数字化、智能化，功能通过软件逻辑实现;b) 保护装置的跳合闸输出方式和闭锁、启动信号输入方式均由常规硬接点、电缆连接改变为数字信号，通过光纤、以太网交换机连接。

3.4 网络通信技术

智能变电站将网络技术引入自动化系统，出现了站控层/间隔层网络和过程层网络。其中，过程层网络包括 GOOSE 网和 SV 网，GOOSE 网主要用于主变保护装置之间的联闭锁信息交互、保护装置与智能终端跳合闸命令传递和开关位置信息采集;SV 网用于传输电气量采样值。不难看出，过程层网络运行情况对保护装置保护功能的实现具有重要影响。

3.5 自动化体系结构

作为自动化体系结构的一个组成部分，继电保护受体系结构设计的影响较大。体系结构设计不仅影响保护装置的接口要求，更重要的是从整体上影响保护装置配置、功能实现方式、运维方式及运行安全、可靠性。

4 智能电网中的继电保护相关问题

对智能电网的规划和发展，很大程度上改变了传统电能传输的某些特点，智能电网信息化和数字化的特征，使得智能电网与传统电网有了非常大的区别，而继电保护作为智能电网规划与建设中的重要环

节，也需紧跟智能电网发展步伐，与时俱进进行相关研究工作。

4.1 网络化改变了继电保护的配置形态

智能电网采用 IEC61850 网络的智能变电站，它的采用使传统继电保护信息获取和信号发送的媒介发生了改变。智能电网一个前沿性问题是利用共享的站内相关电气元件信息，对主保护性能进行改善和提高，同时，采用共享控制信号网络简化继电保护配置[3]。可是，智能电网网络化带来共享信息的同时，也需要考虑信息传输的可靠性和安全性。区别于传统二次电缆的传输方式，必须要保证传输网络的可靠性，因此，如何保证保护配置的可靠，是数字化变电站条件下网络化二次回路的关键问题。

4.2 提高安全自动装置性能

智能电网中的 PMU 和 WAMS 网络，可以为电力系统广域信息提高防御和紧急控制，如[低频低压解列装置](#)，频率电压控制装置。如此，使得智能电网可以使用其已建成的网络，改善时间敏感性不强的后备保护及安全自动装置的性能，同时可以改变现有保护的整定原则，使得在某些情况下，保护装置可以及时自动判断系统故障，同时采取措施，避免大停电等恶性事故的发生。

4.3 与传统保护的配合

智能电网规划过程及建成后，必须要考虑与传统微机保护及数字化变电站内保护实现保护配合和协作问题，需要考虑类型不同的保护之间的协调配合，主要有：a) 线路采用差动保护时，线路一侧采用

电磁式电流互感器，而另一侧采用电子式互感器，这样，区外发生故障时，电磁式电流互感器侧有可能会有单端饱和现象发生，所以线路两端的差动保护必须可以判段单端饱和并且防止保护误动;b) 原有线路差动保护数据同步算法的基础是两侧都是模拟式互感器，这样便会存在两侧不同互感器数据类型是否同步的问题，需要进行新保护算法的研究。

4.4 在线整定技术

自适应保护的思想在继电保护领域已被广泛应用，限于之前的技术条件，传统的自适应保护仅能根据被[线路保护](#)运行情况对定值进行调整，不能利用全网信息准确、实时地判断运行方式来调整定值[4]。智能电网的发展有望改变这一现状，从而实现在线整定。

5 结语

智能电网建设作为电力系统的一次重大变革，是电力系统未来的发展方向，而继电保护装置是促使智能电网正常工作的保障，是维护其安全、可靠、稳定运行的基础和关键。因此，本文从智能电网定义、特点、建设及继电保护作用入手，讨论了智能电网建设过程中继电保护关键技术，包括智能感应技术、广域测量技术、仿真分析与控制决策技术、电力电子技术等，接着对智能电网中继电保护装置的发展趋势进行了探讨，对智能电网建设过程中影响继电保护装置的关键因素和需关注的相关问题进行了探讨和分析，有助于为智能电网的建设和安全运行提供技术支撑，具有重要意义。