

# 智能电网环境下的继电保护

闫成颂 唐崇俊

山东送变电工程有限公司 山东济南 250000

**摘要:** 随着社会经济的不断发展,电力能源需求和电力工业规模也不断扩大,传统电网已经不能满足经济发展的需求。为适应电力工业发展,各国都在积极探索智能电网技术,试图通过智能化的设备和信息平台,将电力生产、输送和消费过程结合起来,提高资源利用效率、降低发电成本、减少环境污染。智能电网已成为世界各国关注的热点。本文通过对我国智能电网建设面临的问题,面临的挑战,重点研究内容等进行分析,提出了一些建议,希望能给相关工作者提供一些参考。

**关键词:** 智能电网; 继电保护; 广域保护

## Relay protection in smart grid environment

Chengsong Yan Chongjun Tang

Shandong Power Transmission and Transformation Engineering Co., LTD. Jinan 250000, Shandong, China

**Abstract:** With the continuous development of the social economy, the demand for electric power and the scale of the electric power industry have been expanding. Traditional power grids are no longer able to meet the needs of economic development. To adapt to the development of the electric power industry, countries worldwide are actively exploring smart grid technologies. They aim to integrate power generation, transmission, and consumption processes through intelligent devices and information platforms, thereby improving resource utilization efficiency, reducing power generation costs, and minimizing environmental pollution. Smart grids have become a global focus of attention. This paper analyzes the problems, challenges, and key research areas faced by China in the construction of smart grids. It also provides suggestions in the hope of offering some guidance to relevant professionals in this field.

**Keywords:** Smart grid; Relay protection; Wide Area Protection

智能电网是未来电力系统发展的方向。与传统电网相比,智能电网具有更高的可靠性、灵活性和智能化,能够实现各种分布式能源与用户的实时互动、双向流动,并且能与传统电网相互协调控制和管理。

### 一、我国智能电网建设面临的特殊问题

1.能源与负荷反方向分包要求传输采用远距离、交直流混合的方式

在传统电网中,电能通过输电线路长距离传输,然后经过变压器、断路器、开关设备的控制单元分配到各节点。这种电能传输方式的效率和可靠性都不高,而且还存在很大的安全隐患<sup>[1]</sup>。而电力电子技术的发展,使得可再生能源和直流电源进入配电网成为可能。在这种背景下,电网中能源和负荷的传输方式应采用远距离、交直流混合的方式,以提高电能传输效率和安全性。

由于电力电子设备在电力系统中分布广、数量多,如何实现其高效、安全、可靠地传输电能,是一个重要课题。对此,现有的电力电子技术并不能提供有效解决方案。为此,研究人员提出了一种基于功率开关器件(PWM)的新型电力电子技术。PWM是一种新型开关器件,其输入端为直流电流,输出端为交流电流。与传统开关器件相比,PWM具

有体积小、功率密度大、频率高(50 Hz)、耐高温和耐电弧腐蚀等优点。基于PWM的新型电力电子技术是智能电网中电能传输方式的一个重要发展方向。交直流混合方式下能量交换的特点使之成为最有应用前景的一种电能传输方式<sup>[2]</sup>。对于以交流电为电源的大电网而言,当发生故障时,由于直流电的存在使故障电流变得很小,甚至没有电流流入系统中,因而大大减少了对故障点电压或电流测量器件的需求,因此采用交直流混合传输方式具有很好的发展前景。

2.规模化接入电网时因接纳不足会影响整体电力的安全

智能电网是一个大规模、大范围的系统,其特点为:

第一,由于大规模的接入使得电网规模变得更大,可能造成跨区域、跨地区的电力输送,而当这些输电线路发生故障时,将会造成更大范围的停电事故,给社会带来重大损失;第二,由于电网规模的扩大,电力系统在结构上也将发生相应变化,在电网中增加了大量的负荷和新的电源,而这些电源大多是远距离、大容量的直流输电和交流输电线路;第三,大规模的接入使系统结构发生变化,电源点变得更加分散,电网对这些电源的控制能力较弱,往往无法实现有效的控制,如当电网中出现故障时,系统将无法及时地调整潮流流向和负荷分布,而不能采取相应措施<sup>[3]</sup>;第四,由于新能源和可

再生能源发电在运行方式上不可能完全一致,电网中出现大规模风电和光伏等可再生能源发电时,会有大量无功功率输送到电网中,使电网出现无功功率过剩或不足,而使得电力系统频率稳定受到影响;第五,大规模的新能源发电在接入时会使得原有系统中存在的一些问题得到暴露出来,如新能源发电在并网后会产生新的频率和电压波动、不对称故障以及对原有系统造成不利影响等;第六,由于可再生能源发电具有较大的波动性、间歇性以及反调节特性等特点,使得其在并网时容易产生频率波动或电压波动。

同时,大规模电力系统接入对继电保护提出了新的挑战。由于这些问题具有一定的复杂性和交叉性,给继电保护方案设计带来了很大的困难。如果不能将这些新问题纳入继电保护设计中考虑并进行解决的话,就会造成继电保护设备无法正确地反映系统中各种故障情。并且当电网规模增大时也不能有效地切除故障区域或使故障得到有效控制,还会给系统运行带来很大不利影响。由于电网规模的扩大,电力系统在结构上也将发生相应变化,在电网中增加了大量的负荷和新的电源,而这些电源大多是远距离、大容量的直流输电和交流输电线路。大规模的接入使系统结构发生变化,电源点变得更加分散,电网对这些电源的控制能力较弱,往往无法实现有效的控制,如当电网中出现故障时,系统将无法及时地调整潮流流向和负荷分布,而不能采取相应措施<sup>[4]</sup>。由于新能源和可再生能源发电在运行方式上不可能完全一致,电网中出现大规模风电和光伏等可再生能源发电时,会有大量无功功率输送到电网中,使电网出现无功功率过剩或不足,而使得电力系统频率稳定受到影响。大规模的新能源发电在接入时会使得原有系统中存在的一些问题得到暴露出来,如新能源发电在并网后会产生新的频率和电压波动、不对称故障以及对原有系统造成不利影响等。由于可再生能源发电具有较大的波动性、间歇性以及反调节特性等特点,使得其在并网时容易产生频率波动或电压波动。

### 3. 新能源电力的稳定性差会直接影响其他补充电能

我国风电和光伏发电的装机容量已经超过了一次能源的总装机容量,成为仅次于煤炭的第二大能源。但我国新能源发电功率的预测精度低,其波动性强,波动范围大,对电网稳定运行造成很大影响。由于新能源发电功率和负荷需求的波动性,新能源接入电网时对现有常规电源的稳定运行带来了挑战。当系统发生故障时,新能源机组自身的短路电流、无功功率和电压等会发生急剧变化,这些变化直接影响系统中其他电源<sup>[5]</sup>,例如电源间互连系统的稳定性。同时由于新能源机组输出功率的波动性以及接入电网时对电网稳定运

行造成的影响,将直接影响到对电力用户的供电质量。另外,随着新能源发电技术的不断发展,新能源机组通过多种技术手段已经能够实现远距离、大容量输送电力到负荷中心。由于这些因素,使得电力系统对电网稳定性和可靠性的要求越来越高。为了保证电网安全可靠地运行,要求电力系统必须具备快速响应负荷变化、快速恢复供电等能力。

这些功能均需要在智能化电网中实现,如调度中心、变电站和调控中心等智能化系统之间、不同地区的调度中心之间能够实现信息共享和协调配合;当出现故障时能够及时进行故障分析、判断和处理;在电网出现事故时能够快速定位事故原因并及时进行抢修;在系统发生故障时能够及时进行调整和控制等。这些功能都是基于智能电网的特点而提出的,而这些特点在传统电网环境下是不存在的,需要解决相关问题。

### 4. 配电网发展相对滞后,缺少需求侧对电网的支持响应能力

配电网在智能电网中处于承上启下的位置,是连接电网与用户之间的枢纽,在智能电网的建设中处于核心位置<sup>[6]</sup>。根据世界范围内的能源和电力市场发展趋势,配电网的发展将会朝着智能化、电气化和多元化方向发展。当前我国配电网由于自身结构缺陷,对分布式能源(尤其是风电、光伏发电)的接纳能力有限,同时还存在着网架结构不合理、用户接入技术落后等问题。随着电力体制改革的深入,分布式能源和智能电网技术的推广应用,配电网将会从单纯提供电力系统电能转向同时提供电能和信息服务,逐步实现与用户间双向互动和交互,从而真正实现“能源、信息与用户”之间的互联。

## 二、智能电网环境下继电保护面临的新挑战

第一,继电保护装置智能化。智能电网中,继电保护装置可通过网络将各单元连接起来,实现对不同区域的远程监测,当故障发生时,继电保护装置可在第一时间将故障区域隔离。第二,保护动作时间缩短。智能电网中,系统各单元的距离和位置信息可以通过网络共享,使各单元间的距离、位置信息具有一致性,同时由于设备配置的增加以及控制策略的改进,使得保护动作时间缩短。第三,继电保护动作可靠性提高。由于智能电网中各单元之间联系增多,使得系统出现故障时可以通过网络进行传递和共享,当故障发生时,系统各单元之间可以对故障进行隔离和恢复供电<sup>[7]</sup>。第四,保护信息网络化。智能电网中的信息网络化,实现了不同系统的互联互通,使得保护信息通过网络进行传递,提高了通

信速率,使得保护动作时间缩短,且由于大量的信息能够共享和交换,使得保护动作更加快速。第五,保护功能多样化。智能电网中的电网结构相对复杂,各单元之间连接方式多样,保护功能也较为多样。例如,智能电网中的继电保护装置可以实现多种功能,例如可实现自动重合闸、自动解列、自动重合闸等。第六,对继电保护装置提出更高的要求。随着智能电网中各单元之间联系的增多,对继电保护装置的性能也提出了更高要求。

### 三、智能电网环境下继电保护重点研究的内容

#### 1. 单元件保护的主要内容

第一,利用保护装置中的线路或母线上的电流,对被保护的线路、母线和故障点进行检测。第二,根据检测到的被保护线路或母线上的电流,判断被保护线路上发生故障的性质,并根据故障性质来决定是否切除故障,是否进行继电保护整定。第三,通过对被保护线路或母线上电流的比较,判断故障点的位置。第四,当被保护线路或母线上发生故障时,根据故障发生时各个方向的电流大小及方向,判断故障是在正方向还是负方向。第五,利用相关判据来判别动作情况。第六,将处理好的结果送到控制中心并得到控制中心的指示信号。第七,通过各种方式发出跳闸信号。

#### 2. 广域保护的概念及内容

广域保护是指以电力系统运行状态信息为基础,运用通信技术和计算机技术,通过广域测量系统,对电力系统进行实时监测,分析故障产生的原因,进而对故障区域进行隔离的一种保护措施<sup>[8]</sup>。其主要研究内容包括以下两个方面:一方面,研究广域保护系统的构成和信息采集方式,包括广域测量系统的构成及信息采集方式,广域保护与故障分析系统

的联系,以及广域保护与调度自动化系统的关系。另一方面,研究广域保护与故障分析软件的功能,如故障信息建模、故障分析软件以及故障仿真软件等。

### 四、结束语

综上所述,智能电网的建设关系到我国电力系统中的各个环节,也在改变着传统的继电保护运行环境。因此,作为保障电网安全运行的第一道防线的继电保护,需要在智能电网的环境下,不断地进行革新,从而更好地保护国家电网的安全运行,推动我国电力事业的发展。

#### 参考文献:

- [1]张伟.构建大型炼化企业智能电网技术方案探讨[J].炼油技术与工程,2023,53(03):7-11.
- [2]关浩大.继电保护技术在智能电网中的应用[J].集成电路应用,2022,39(12):198-199.
- [3]薛晨.基于状态信息关联性的变电站继电保护实时检测方法研究[J].电气传动自动化,2022,44(05):44-47.
- [4]肖洪光,杨璐,郭永鑫.基于自适应遗传算法的智能电网继电保护故障识别[J].自动化仪表,2022,43(07):51-54.
- [5]李永华.智能变电站继电保护在线监测系统关键技术研究[J].电子元器件与信息技术,2022,6(06):105-107+112.
- [6]邓舒.继电保护重载通信设备和光缆治理研究[J].无线互联科技,2022,19(09):4-6.
- [7]王笛,朱茂森.基于智能电网的站域继电保护系统研究[J].大众用电,2021,36(12):74-75.
- [8]尚勇.智能变电站继电保护 GOOSE 回路安全对策[J].电工技术,2021(24):92-93+96.