

关于中小型光伏电站并网问题的解决

自2009年以来,国家先后发布多项光伏发电相关的优惠及支持政策,自此掀开了光伏发电大规模接入电网的序幕。针对中小型光伏电站接入配电网后,所带来电压调节、电能质量、安全稳定等一系列问题进行分析,提出相应解决对策。

周照智/国网重庆市电力公司万州供电分公司



周照智/工程师

0 引言

2014年,某地区共接受光伏电站接入申请82个,所有接入申请集中在地域较广阔的郊县地区。目前已投入使用的光伏电站共计31座,总装机266 kW,投入使用的光伏电站以220 V及380 V的小型光伏电站为主,部分在申请项目有以10 kV电压等级接入的中型光伏发电项目。本年光伏电站地区累计发电8.52万kW·h,累计上网电量4.025万kW·h,按该地区电网规划,预计今年底投入运行的光伏电站将达到42座,光伏总装机将达到351 kW。光伏并网发电系统和传统发电系统不同,光伏发电通过电力电子器件并网,没有旋转部件,没有惯性,没有阻尼,调压、调峰及调频特性比较差,其发电特性受天气影响较大,大量光伏电站接入对电网的影响日益明显。

1 光伏发电及影响综述

1.1 出力特性

光伏发电的出力特征同气候、光照息息相关,具有随机性、间歇性、波动性、周期性,而且当某一地区大面积投入光伏发电时,对电网的扰动将会随光照变化具备集中性。

1) 光伏发电通过逆变器并网,易产

生谐波、闪变。浙江示范工程在10 kV、400 V、220 V接入时,均检测到谐波电流总畸变率偏高的问题。随着容量的增大,谐波电流对电网的影响将进一步加大。建筑光伏直接在用户侧接入电网,因光伏发电特性导致的谐波、闪变等电能质量问题直接影响用户的电器设备安全。

2) 光伏电站只在白天发电,具有一定的正调峰特性,当光伏发电在电源中的比例不断增大的时候,对电网调峰的影响将愈加显著。这将导致输电通道的利用率问题及潮流经济调度问题。

3) 光伏发电瞬时出力变化率较大,西藏羊八井100 kW电站,最大功率变化率每分钟70%;浙江示范工程(运行3个月),250 kW屋顶工程实测最大功率变化率为每分钟20%,60 kW屋顶工程实测最大功率变化率为每分钟25%。随着光伏电站数量和规模的不断加大,光照短期波动和周期性变化引起的线路电压超限现象及功率波动问题将逐步出现。

1.2 运行控制特性

光伏发电的运行控制特性完全由电力电子逆变器决定,没有转动惯量和阻尼特性,与常规发电机组有较大的区别。光伏发电的大规模接入对电网的安全稳定分析提出了新的挑战。

2 中小型光伏电站接入电网后可能造成的影响

我国的中、低压配电网主要是中性点不接地(或经消弧线圈接地)系统,采用单侧电源辐射型供电网络。光伏电源接入配电网,使配电系统从放射状结构变为多电源结构,潮流和短路电流大小、流向以及分布特性均发生改变。由此,将对配电网的运行控制带来许多问题。

关键词/Keywords

中小型光伏电站·
配电网·
解决对策·

2.1 电压调节问题

中小型光伏电站电压调节能力较差,其接入电网后,电网原有的调压方案不能满足调节要求。

我国10 kV配电网电压调节主要依靠变电站内主变压器调档、AVC自动调节以及终端配电站所内电容器辅助调节等方式。某地区2014年上半年公用变压器电压质量监测数据显示,有小型光伏电站接入的23台公用变压器,在晴天其5 min采样平均电压比历年提高了2.3%,这种现象在负载率较低的公用变压器尤为明显,而其余未接入光伏电站的公用变压器则很少有类似现象。如果光伏电站装机占所接入公用变压器总容量的比例达到25%甚至更多,对该公用变压器电压的影响将更大,可能造成公用变压器电压越限,引发安全事故。以目前的电压调节方式,几乎不可能完成以单台公用变压器为单位的电压调节,如果以公用变压器所在配电站所母线为单位统一调节,一方面操作难度过大,另外一方面也可能造成未接入光伏电站的公用变压器电压偏低。

2.2 继电保护问题

光伏发电接入电网后,使配电系统结构由放射状变为多电源结构,对继电保护的影响也是十分明显。

传统的配电网,供电结构是放射状,自变电站出线以后逐级配送到主干线、支路、公用变压器及专用变压器。联络线路在日常运行时,也保持联络点在常开状态。其继电保护的配置,也呈成放射状,自变电站10 kV出线开始,到主干线上联络开关、支路开关、配电站所及专用变压器进线开关,实行逐级配置、上下配合的方案,以达到减少停电范围、准确定位故障点的目的。这种继电保护配置方案的前提,是基于单侧电源的配电网结构。光伏电站的接入,使大量10 kV线路变为多电源结构,传统的继电保护配置方案将不再适用。继电保护配置及定值计算时,均需考虑来自光伏电站侧的短路电流可能造成的误动作。

以某地区为例,2014年客户所申请光伏电站项目中,以10 kV电压等级接入的共有6个项目。这些项目接入均要求电网对原有继电保护方案及配置进行改造。

具体而言,我国大部分地区10 kV线路都投入三段式电流保护,而光伏电站的接入对基于断路

器的三段式电流保护的影响最为显著。

1) 首先,光伏电站接入可能造成本线路保护的灵敏度降低及拒动。故障点的短路电流因为光伏发电的接入,在到达变电站10 kV馈线出线开关时,会被分流往光伏电站一部分,当同一条线路上有多个光伏发电接入后,造成的故障电流分流就非常严重,从而降低本线路保护的灵敏度,造成拒动。如果多个光伏电站接入同一路,线路末端故障受到的影响会很大。部分地区的配网结构网络中能够有效切除故障的断路器不多,这个问题就显得尤为严重。

2) 其次,光伏电站接入还可能造成本线路保护误动。当故障发生在10 kV馈线保护装置上端时,会有部分反方向故障电流流经10 kV馈线,造成10 kV馈线保护误动。

3) 再次,光伏电站接入还会使相邻线路的瞬时速断保护误动并失去选择性以及重合闸无法投入。

4) 此外,光伏电站在电网故障时通过发出无功支持电压,通过发出有功控制功率,对变电站高低频保护、高低压保护均会造成影响。

2.3 光伏供电孤岛引起的问题

光伏电站入网后,可能在线路故障造成线路保护动作后,仍然对小电网持续供电,造成供电孤岛,从而产生一系列问题。

1) 线路维护人员习惯了按传统放射状电网结构进行作业,在来自变电站侧的电源断开之后,便认为线路已经不带电。而此时,光伏电站可能仍然在对中低压电网进行供电,尤其是380 V低压配电网,因为电压等级偏低,各项安全措施落实较为困难,在低压孤岛存在时危险性更大,作业人员的人身安全受到威胁。

2) 孤岛形成之后,线路上直接连接的光伏电站以低电压穿越形式对多个普通用户供电,其内部电能供需完全无法平衡,频率、电压均超出正常范围,与孤岛地区直接相连的用户供电质量受到影响。

3) 按照配网保护的理想配置,多级开关之间以时间及电流值作为级差,而停电检修或者故障跳闸造成孤岛时,便相当于形成了一个封闭的多电源网络,内部保护无法协调,此时再发生故障时容易造成孤岛内部及同孤岛直连的用户保护误动作,影响故障处理。

4) 在线路故障修复电网供电恢复后,孤岛的存在会造成相位不同步。如果线路保护非同步重合闸,将可能造成操作过电压。

5) 此外,单相分布式发电系统接入,三相平衡更难协调,容易造成系统三相负载欠相供电等。

2.4 配电网的监控通信问题

我国现在大力发展智能电网,配电网自动化的建设也正在进行中。目前,配电网10 kV及以下低压线路一般不具备通信通道,而且光伏电站大多数为用户设备,其内部通信监控设备存在不够可靠、和电网设备难以直接连接等问题。

2.5 配电网的运行方式安排问题。

10 kV配网一般以多联络线路放射性供电的形式对用户供电,光伏电站大量接入,相当于在配电网内接入了若干个发电计划不够可控的多个小电源,对配电网运行方式的安排带来了挑战。

2.6 配电网的运行规划问题

大量光伏电站的接入使配电网对大型发电厂和输电网的依赖逐步减少,这使得如何在配电网中确定合理的电源结构、如何协调和有效地利用各种类型的电源、在配电网规划中如何考虑分布式光伏发电的影响等问题的研究,成为迫切需要解决的课题。

电网的损耗主要取决于系统的潮流,分布式光伏发电系统影响系统的潮流分布,也必然影响配网的损耗。光伏系统晚上不能发电,需要大电网作为备用,所以并不能降低配电网的建设和改造费用。而系统网损的大小、配电网建设改造投资多少都直接决定着电网的效益。

传统的配电网计算分析和规划设计方法已经不适用于包含大量分布式光伏发电的配电网,因此,必须针对新型的电源结构和供电方式,研究适合分布式光伏系统接入的配网分析理论和规划设计方案。

2.7 其他

光伏电站接入电网之后,还可能带来直流断路器的安全问题、太阳能装置长时间运行的维护问题以及结合智能电网应用问题等。

3 中小型光伏电站接入电网的应对策略

针对光伏电站入网所带来的一系列问题,某地区供电企业提出了一系列解决方案。

1) 针对光伏电站入网带来的电能质量问题,国网已经出台相应技术标准,光伏发电产生的谐波、三相电流不平衡、电压波动、闪变、直流分量等,需要安装智能电表,进行在线监测,其标准按照相关国家和国际标准执行。某供电企业在光伏电站入网时,以相应标准为基准,对光伏电站相关设备关键技术参数作出了详细规定,以减少光伏电站对电网电能质量的影响。

2) 建立10 kV主干线、支路、公用变压器及专用变压器电压监测及负荷变化数据库,以此作为光伏电站接入电网的参考,在光伏电站入网时,优先接入负荷稳定的线路或公用变压器,减少光伏电站可能造成的电压越限情况,从而将光伏电站对电压的影响,在其入网前就减少到最低。光伏电站入网时,还需在其并网点或者分界开关之处装设电压保护,在电压异常时及时切除光伏电站。此外,还应考虑修订太阳能的逆变器标准,减少对电网运行电压的影响。

3) 为避免光伏电站入网对继电保护配置造成影响,有光伏发电接入的10 kV馈线,均需按光伏发电站性能参数校验过电流保护灵敏度,调整三段式电流保护电流定值,作为同常规线路定值的区分,必要时还应在本线路加装方向保护。

针对重合闸的问题,在光伏发电小规模接入时,可以考虑退出重合闸,如果光伏发电大面积接入配网,需要一方面在光伏发电进线开关处加装可靠的低频低压保护,另外一方面在10 kV馈线路侧加装PT,重合闸前需检同期。

4) 有光伏电站接入并可能形成供电孤岛的线路或者公用变压器、专用变压器,首先应当加强管理,令作业人员注意现场安全措施是否齐备,避免出现人身安全事故。其次应当在光伏发电入网侧进线开关安装频率及电压保护,在频率和电压偏出正常运行范围时断开光伏发电同电网的连接。在孤岛内部的保护装置无法协调时,可以在形成孤岛时远方退出孤岛内部保护压板。针对电网供电恢复后会造成相位不同步的问题,则应由调度员在送电前下令光伏发电断开进线开关,待恢复送电后再由光伏发电自行同电网同步。在单相光伏电站接入电网时,应按照功率三相均衡接入,避免三相欠相供电的情况。

5) 光伏电站接入后,要为其建立可靠的通信

(下转第550页)

于Web的瘦客户端为用户提供鉴权、登陆和应用，且Web浏览器本身存在脆弱性，部署在Web上的应用程序很容易被植入恶意代码，所以需要通过Web应用程序防火墙防范类似跨站脚本攻击、SQL注入等恶意攻击行为。

3 结束语

智能电网云计算系统的安全防护是一个长期且不断完善的过程，云计算系统面临的威胁来自很多层面，由基础设施层面到网络传输层面再到数据应用层面，每一层都有各自的潜在风险，需要运用不同安全技术手段来保证系统的安全运行。安全策略需根据资产的变更及安全需求的变化来进行周期性的检查更新。按照资产的重要性，确定相对应的防护等级，实行有针对性的差异化防范管控措施。

参考文献

[1] 陈全, 邓倩妮. 云计算及其关键技术[J]. 计算机应用, 2009(9).

2009(9).

[2] 张健. 云计算概念和影响力解析[J]. 电信网技术, 2009(1).

[3] 卢军. 云计算离企业应用有多远[J]. 信息系统工程, 2008 (9).

[4] 陈涛. 云计算理论及技术研究[J]. 重庆交通大学学报: 社会科学版, 2009 (4).

[5] 周孝信, 方杰, 武强, 等. 大型互联电网运行可靠性基础研究 (I) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.

[6] 孙宏斌, 张伯明, 吴文传, 等. 面向中国智能输电网的智能控制中心[J]. 电力科学与技术, 2009(2).

(收稿日期: 2015-03-30) EA

作者简介

王未 (1989-), 男, 本科, 助理工程师, 主要研究方向为信息网络安全。

郝颖 (1985-), 女, 本科, 助理工程师, 主要研究方向为信息网络安全。

(上接第542页)

通道, 并实现三遥功能, 不仅光伏电站侧投资较大, 电网侧的耗费也是十分巨大, 而用公网通信在保密性和可靠性上又不够。

按国网《分布式光伏发电并网工作意见调度实施细则(征求意见稿)》中要求, 分布式光伏发电项目应实时采集有功功率、无功功率、发电量和各并网点的开关状态、电压、电流, 并上传至调度机构。对暂不具备条件的项目, 可通过电能计量装置和电力用户用电信息采集系统上传部分运行信息。需远程遥控的项目, 应能接收、执行调度端远方解并列、启停机和调整发电功率的指令。

6) 在光伏电站入网前, 根据地区供电特性、负荷分布、负荷密度, 综合考虑电网规划情况, 并考虑年度负荷曲线、年度气候特征等因素, 作为光伏电站接入点的参考。在电网规划时, 也应考虑光伏发电对电网的影响。此外, 传统的配电网计算分析和规划设计方法已经不适用于包含大量分布式光伏发电的配电网, 因此, 必须针对新型的电源结构和供电方式, 研究适合分布式光伏

系统接入的配网分析理论和规划设计方案。

4 结束语

化石能源的不可再生性以及太阳能发电的普适性, 导致光伏发电大量接入电网已经是不可逆转的趋势。如何在光伏电站大量接入电网的同时, 消除其可能带来的负荷平衡、安全稳定、调峰调压、继电保护等问题, 保证电网对客户高可靠性供电, 是一个十分复杂的话题。应当从规划、设计、运行、调度控制、智能电网建设等多各方面综合考虑, 应对光伏电站大量接入所带来的挑战。

(收稿日期: 2015-03-30) EA

作者简介

周照智 (1980-), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向为电力通信网的规划建设、运维检修、专业管理和集约化。