

分布式光伏电源接入电网安全管理实践与研究

陆伟宏¹、葛乃成²、聂宇本²、黄树俊³、庄立伟⁴

(1. 施瓦哲工程实验(上海)有限公司, 上海 201203; 2. 国网华东分部, 上海 200120;
3. 国网南通供电公司, 南通 226006; 4. 中国海诚工程科技股份有限公司, 上海 200031)

摘要: 为研究分析分布式光伏电源接入电网后对电网控制、安全运行和配电网运维检修的影响, 基于分布式光伏电源并网的原理和结构, 通过实地调研和理论计算, 分析了反送电的安全风险、对电网短路水平、继电保护、配电网自动化和系统稳定的影响, 以及相关标准制度和反“孤岛”装置等的实践应用情况。最后, 提出了加强安全管控的措施, 建议严把并网设备安全关和作业安全措施关, 这将在分布式光伏电源大力推广的同时, 有效促进电网运行检修安全。

关键词: 分布式电源; 配电网; 安全管理; 技术措施

中图分类号: TK51

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)S1-0186-04

Practice and Research of Safety Management in the Grid-connected Distributed Solar Generation

LU Weihong¹, GE Naicheng², NIE Yuben², BEN Shujun³, ZHUANG Liwei⁴

(1. Schweitzer Engineering Laboratories(Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201203, China;
2. East China branch of SGCC, Shanghai 200120, China;
3. State Grid Nantong Power Supply Company, Nantong 226006, China;
4. China Haisum Engineering Co., Ltd., Shanghai 200031, China)

Abstract: In order to study the influence of grid controllation, safety operation and distribution grid maintenance while the distributed solar generation accessing to the power grid, based on the principle and framework, and also by field research and theoretical calculation, this paper analyzes the risk of anti-delivery of current and the influence to short-circuit current, relay protection, automation, system stability, and then discusses the usage of some related standards and institutions. Finally, this paper gives some measures to fasten the safety controllation, it proposes to examine the equipment carefully and force the security measures strictly. All the suggestions will promote the safety of operation and maintenance, while the distributed solar generation developing vigorously.

Key words: distributed generation; distribution grid; safety management; technology measures

近年来, 随着各级政策密集出台, 分布式光伏电源得到了快速发展^[1]。

大量分布式电源并网, 使配电网由传统辐射式的单端网络变成一个遍布电源和用户互联的多端网络, 电力潮流不再单向地从变电站母线流向各负荷, 在计划停电检修的区域内有可能会存在“孤岛”运行的分布式电源, 造成“反送电”, 成为威胁检修

人员安全的新风险。此外, 大量分布式电源接入低压配电网, 对配电网短路电流水平、电能质量、设备利用率、继电保护、自动化装置动作以及系统稳定等都会产生一定的影响^[1-2]。

1 分布式光伏电源介绍

1.1 分布式光伏电源原理

如图1所示, 分布式光伏电源并网包括直流源(光伏电池组件、光伏方阵支架)、直流配电单元(直流汇流箱、直流配电柜)、并网逆变器、交流配电单元、并网接入及计量等设备。其运行模式是在

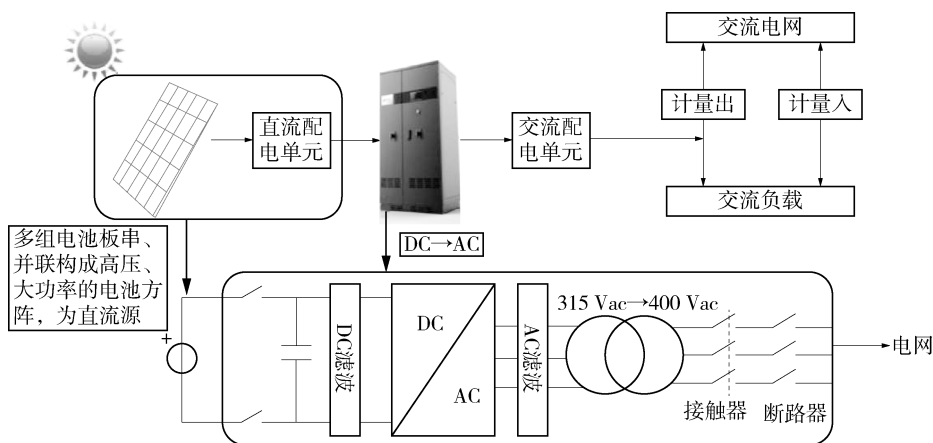


Fig. 1 Principle of the distributed solar generation

有太阳辐射的条件下,光伏发电系统的太阳能电池组件阵列将太阳能转换成电能输出,经过直流汇流箱集中送入直流配电柜,由并网逆变器逆变成交流电供给建筑自身负载,多余或不足的电力通过联接电网来调节。其中,逆变器(又称电源调整器)是光伏发电的主要元件,它能把直流电能转换成交流电能。实际运用中,逆变器还具有最大限度地发挥太阳能电池性能的功能和系统故障保护功能,具有防止“孤岛”运行、自动运行和停机功能、最大功率跟踪控制功能等。

目前,分布式光伏电源可以通过 380(220)V、10 kV、35 kV 系统并入公网。

1.2 微电网

微电网技术是分布式发电领域研究的前沿。微电网内有电源、负荷和储能元件,形成“孤岛”稳定运行的可能性大为增加;能够工作在并网和“孤岛”两种模式,如浙江鹿西岛微电网为并网模式,南麂岛微电网为离网模式。

2 分布式电源并网安全风险

2.1 对配电网运维检修的影响

2.1.1 增加了“反送电”安全风险

分布式电源并网后,在停电检修的区域内可能有“孤岛”运行的电源点存在,造成“反送电”,进而威胁检修人员人身安全^[2]。

实地调研发现逆变器类分布式电源接入系统,由于其电源与负荷不匹配,负荷对公共电网电源依赖度高,公共电网断电后,由逆变器防止“孤岛”

运行。

但在实际运行中,用户并网逆变器存在一些隐患,不能作为防“反送电”唯一信赖的设备。一是可能形成“孤岛”运行检测盲区,如当用户负荷主要由分布式电源供给,或负荷调节功能强大,在公共电网断电、“孤岛”形成前后分布式电源接入点的电压或者频率变化很小,以致没有达到保护整定值、“孤岛”运行检测失败,此时,实际已形成“孤岛”运行状态,具备“反送电”电源条件。二是分布式电源并网逆变器属用户资产,其可自主选择设备厂家,公共电网检修维护单位难以掌握和控制设备质量,且分布式电源用户普遍缺乏专业知识,落实“停电、验电、接地、装设围栏和标示牌”^[3-4]等基本安全措施存在困难。同时,由于逆变器和低压并网点开断设备没有明显开断点,电网检修作业人员无法直接确认其状态。

作者认为在接入了分布式电源的低压配电网开展停电检修工作,存在通过 220V/380V 电压等级并网的分布式电源“反送电”风险,特别是在用户装备了储能元件等情况下,形成微电网“孤岛”运行的概率高,防“反送电”压力大。

2.1.2 降低了停电检修维护效率

由于分布式电源多采用 T 接并入系统,线路发生故障时增加了安全事件判断和巡查时间;排除故障送电时,因线路上所 T 接的每个电源都须进行联系,延长了送电时间。

2.2 对电网控制和安全运行的影响

分布式光伏电源由于受太阳光影响,具有不可

调度性, 功率波动且需要系统备用, 使得配电网电压调节和保护配合更加复杂。

2.2.1 对短路电流水平影响^[5]

理论计算表明, 在机端短路时, 逆变器类并网的分布式电源提供短路电流仅为其额定电流的1.1~1.5倍, 旋转电机类并网的分布式电源提供短路电流可达其额定电流6~10倍。因此, 对采用低压分散方式并网的分布式电源, 由于机组容量较小且多数为光伏发电, 机组短路电流较小, 对低压配电网短路电流水平的影响较小; 但容量较大的燃气轮机、柴油机等旋转电机类型的分布式电源接入配电网, 将会显著增加配电网的短路电流水平。随着城市配电网的快速发展, 配电网短路电流水平呈逐年上升趋势, 特别是一些负荷密集东部城市, 现有10kV断路器遮断容量为20kA, 预计未来两三年部分地区10kV母线短路电流水平将会接近规划上线, 一旦大容量旋转电机类型分布式电源并网, 将使短路电流水平超过系统断路器遮断容量。

2.2.2 对配电设备利用率的影响

由于分布式电源普遍具有随机性和波动性的特点(如光伏、风电、径流式小水电等可再生能源分布式电源出力呈间歇性特点; 热电联产机组往往采用“以热定电”的方式发电, 供热要求变动将引起输出功率的变动), 出于建设成本考虑, 小型分布式电源普遍没有配置储能装置, 不能提供持续、稳定的电能供应, 而分布式电源供电的用户对供电要求却没有降低。因此, 配电网必须要为其提供足够的备用容量, 分布式电源接入的配电变压器和上级线路的负载率将受到影响, 配电设备利用率将会有所下降。

2.2.3 对配电网继电保护的影响^[6]

对采用低压分散方式并网的分布式电源, 由于容量较小且多数为光伏发电, 机组短路电流较小, 并接入配电变压器低压侧, 若分布式电源发电电量可以在本台区消纳, 则对中压配电网影响较小; 若通过变压器向上一电压等级送电则会对中压配电网的保护产生影响。比如, 对电流保护可能导致保护的灵敏度降低及拒动、本线路保护误动、相邻线路的瞬时速断保护误动失去选择性等; 对采用专线接入的分布式电源, 其接入并未改变配电网原有潮流方向, 对配电网电流保护影响较小。此外对配电网自动重合可能产生两种潜在威胁: 非同期重合、故

障点电弧重燃。

2.2.4 对配电网自动化的影响

分布式电源并网后, 增加了配电网运行监控的复杂性和紧急事件处理的难度, 极有可能引发误调度; 此外, 如果配网运行调度需要接入分布式电源实时发电信息, 就可能存在信息安全问题。

2.2.5 对系统稳定的影响

由于光照不稳定, 分布式光伏电源发电时功率存在波动, 调控能力较弱, 若光伏电源容量比较大时, 系统的备用支撑则会存在问题, 进而对系统安全稳定产生影响。

3 分布式电源并网安全管理具体实践

3.1 出台一系列标准制度

国家电网公司积极推进分布式电源技术进步, 参加了国标、行标的编写、修订工作, 也制定了自身的企业标准。这些标准在光伏电源发展建设中起到了很好的指导和规范作用^[7]。但分布式光伏电源安全管理尚未形成系统化的标准体系; 现场运行、检修规程还不完善; 还缺乏对运行中分布式光伏电源的设备进行定期检测或预防性周期试验的规程规范; 对分布式电源接入电网检测标准的执行也有待加强。

3.2 严格执行安全措施要求

目前, 分布式电源在并网前, 均要求进行有关一次接线方式的审核和验收(包括隔离开关两侧可进行接地保护措施的实施), 保证其设备和发电能力手续齐全、质量合格, 不危及电网安全。电网营销部门负责分布式电源接入台帐管理, 调度机构负责签订10kV并网协议。在涉及分布式电源的停送电操作和检修工作中, 均要求必须严格执行“两票三制”, 确保安全措施落实到位, 保证人员在接触电气设备前设备已确无电压(低压设备使用试电笔测试, 10kV设备确认接入电源有明显断开点并验电)。

3.3 开发研制反“孤岛”装置

针对分布式电源可能出现的“孤岛”运行状态, 开发研制反“孤岛”装置。当公共电网停电, 若配电网形成非计划“孤岛”(母线仍然有电)运行, 则将一组与所接系统相配合的接地电阻合于母线, 形成扰动(电压跌落), 使光伏电源自动断开(逆变器动作), 达到配电网完全停电的目的。

4 加强安全管控的措施建议

随着分布式电源的广泛发展, 微电网等技术的逐步推广应用, 电网尤其是配电网变得更加复杂, 客观上增加了人身和配电网运行安全风险。为确保分布式光伏电源并网模式下检修作业人员人身安全和电网安全, 适应并促进分布式光伏电源大规模发展, 文章提出以下安全管控建议。

4.1 严把并网设备安全关

4.1.1 并网逆变器安全合格关

并网逆变器调试验收应由具备相应资质的单位进行, 规范并网接口功能, 并严格测试把关, 防止误“反送电”。

4.1.2 并网点开断设备安全隔离关

对高压接入的分布式电源, 应检查并网点开断设备具有明显断开点, 电网侧应能可靠接地。对低压接入的分布式电源, 应检查并网点开断设备具有明显断开指示, 并具备低压保护功能, 必要时还需采取其它安全技术措施。

4.1.3 反“孤岛”运行安全防护关

鉴于微电网“孤岛”运行对电网检修“反送电”的危险性较大, 应高度重视并制定、落实反“孤岛”安全措施, 确保逆变器“孤岛”检测功能完善、试验合格, 必要时安装反“孤岛”装置, 并满足技术规范要求。今后可考虑进一步提高 220V/380V 并网点开断设备标准(如有明显断开点, 具备状态受控、信息上传等功能)。

4.2 严把作业安全措施关

4.2.1 把好停电验电状态核对关

作业前核实作业范围内是否有分布式电源, 是否落实有关停电措施, 验明作业地点是否有电并核对状态, 采取相应的安全措施。

4.2.2 把好检修现场安全措施关

由分布式电源供电的设备, 在检修安排、安措布置和倒闸操作中应按带电设备处理。在有分布式电源接入的配电网开展停电作业时, 应严格落实《安规》所要求的停电、验电、接地等技术措施, 确保可靠隔离。

4.2.3 把好防误送电操作安全关

调控人员应全面掌握已接入电网的分布式电源点情况(包括并网点、发电容量、运行方式、联系方式等), 工作时, 严格执行调度规程, 按程序进

行停送电操作, 防止电气误操作。电网侧供电企业停电检修, 应履行告知职责。电网侧设备停电检修结束、恢复送电时, 分布式电源用户应按次序逐一并网。

5 结论

文章分析了分布式光伏电源接入电网后对配电网运维检修、运行控制和供用电安全管理等的影响, 介绍了安全管理和技术措施的具体实践应用, 并提出要把好并网逆变器安全合格关、并网点开断设备安全隔离关, 以及做好状态核对、现场安措和防误操作等安全管控的措施建议, 对今后大量分布式光伏电源并网, 保证电网运行检修安全起到积极作用。

参考文献:

- [1] 陈沛华, 赵会茹, 李娜娜. 分布式光伏电源并网影响与应对措施 [J]. 电气技术, 2015, 16(1): 125-127.
CHEN P H, ZHAO H R, LI N N. Influence and measures of the grid-connected distributed solar generation [J]. Electrical Engineering, 2015, 16(1): 125-127.
- [2] 陈黎军. 分布式光伏发电并网对配电网安全的影响分析 [J]. 电气技术, 2014, 16(8): 13-17.
CHEN L J, Analyses for the safety influence while the distributed solar generation connecting to the sub-grid [J]. Electrical Engineering, 2014, 16(8): 13-17.
- [3] 国家质检总局. 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分: GB 26860—2011 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [4] 国家质检总局. 电力安全工作规程 电力线路部分: GB 26859—2011 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [5] 陈建峰. 分布式光伏对配电网的影响及应对措施 [J]. 企业导报, 2015(2): 46-46.
CHEN J F. Influence and measures of the sub-grid connected the distributed solar generation [J]. Guide to Business, 2015(2): 46-46.
- [6] 舒逸石, 管霄, 赵炜. 分布式光伏电站并网对配电网继电保护的影响 [J]. 华电技术, 2013(7): 70-71.
SHU Y S, GUAN X, ZHAO W. Influence of connection of distributed photovoltaic power stations into power grid on relay protection of power distribution grid [J]. Huadian Technology, 2013(7): 70-71.
- [7] 王鹏, 林涛, 纪坤华. 分布式光伏电源接入配电网的安全防护 [J]. 华东电力, 2013, 41(11): 2344-2347.
WANG P, LIN T, JI K H. Safety protection for distributed PV Power access to low-voltage distribution network [J]. East China Electric Power, 2013, 41(11): 2344-2347.