

防止分布式光伏 10 kV 并网点倒送电安措技术研究

张颖璐¹, 诸葛莹¹, 石浩¹, 陈新崛²

(1. 常州供电公司, 江苏常州 213003; 2. 江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏南京 211103)

摘要: 10 kV 分布式光伏接入工程已普遍铺开, 量大面广, 且大多未纳入电力调度部门实时监控。目前, 分布式光伏发电系统防“孤岛”措施仍然基于用户侧的并网逆变器实现, 电网侧缺乏受控的防孤岛措施。基于对并网开关柜进行改造, 增加合闸闭锁环节, 并通过 GPRS 方式使其受控于远方监控后台, 从而有效地防止分布式光伏 10 kV 并网点倒送电情况的发生。

关键词: 分布式光伏; 并网点; 倒送电

中图分类号: TM615

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2015)04-0032-04

分布式光伏发电特指采用光伏组件, 将太阳能直接转换为电能的分布式发电系统。它是一种新型的、具有广阔发展前景的发电和能源综合利用方式, 它倡导就近发电, 就近并网, 就近转换, 就近使用的原则, 不仅能够有效地提高同等规模光伏电站的发电量, 同时还有效解决了电力在升压及长途运输中的损耗问题^[1,2]。2014年12月, 国家能源局发布了三项与光伏建设相关的文件, 具体为《国家能源局关于推进分布式光伏发电应用示范区建设的通知》、《国家能源局综合司关于做好太阳能发展“十三五”规划编制工作的通知》、《国家能源局综合司关于做好2014年光伏发电项目接网工作的通知》, 要求做好光伏发电项目接网工作、推进分布式光伏发电应用示范区建设、做好太阳能发展“十三五”规划编制工作。2013年, 常州供电公司实现分布式光伏并网容量 10.4 MW, 并网点 82 个; 截至 2014 年 11 月份并网容量 276 MW, 并网点达 297 个。

目前, 采用 10 kV 并网的分布式光伏发电数量多, 部分光伏发电采用多点接入, 且大多未纳入电力调度部门的实时监控, 在配电设备检修时, 存在倒送电引发检修安全可能。目前, 分布式光伏并网开关采用常规开关设备, 缺乏有效的保护检测环节, 防“孤岛”及“检有压合闸”等功能主要由并网逆变器实现, 配电网侧缺乏保护措施^[3-5]。因此有必要开展光伏电站 10 kV 并网点倒送电反措技术研究, 解决光伏倒送电可能产生的检修人员人身安全隐惠, 提升分布式光伏运行安全水平。

1 光伏并网点倒送电解决方案

1.1 解决思路

针对分布式光伏并网可能出现的倒送电问题, 提出一种在 10 kV 并网开关处电网侧实现合闸闭锁的反孤岛技术措施, 并研发一种用于光伏发电系统的电网侧反孤岛系统, 该系统具备在配电网停电后及时切断

分布式光伏电站与配电网之间的连接, 并进行合闸闭锁控制, 重新启动分布式光伏电站需要配电网侧直接解锁或者授权于用户侧对合闸闭锁触点进行解锁, 能够有效防止配网检修时分布式光伏倒送电可能引发人员伤亡或设备损坏等事故, 确保检查人员安全和设备稳定可靠地运行。

1.2 系统功能

本文提出并研发的适用于分布式光伏并网发电的电网侧反孤岛系统, 具备在配电网停电后及时切断分布式光伏电站与配电网之间的连接, 并进行合闸闭锁控制功能; 重新启动分布式光伏电站时, 需要配电网侧直接解锁或者授权于用户侧对合闸闭锁触点进行解锁。系统主要功能: (1) 系统应当具有良好的易用性, 将繁琐复杂的通信过程用通俗易懂、符合习惯的方式进行展示, 测试诊断以及操作控制过程中的关键信息应给予清晰的解释; (2) 利用合闸线圈、分闸线圈、触点等常用元器件设计成简单巧妙的合闸、分闸控制回路, 达到对分布式光伏电站的合闸、分闸可靠控制; (3) 用户侧对分闸、合闸操作, 可由手动或按键输入等方式操作, 指令也可通过服务器远程传输给微处理器, 并通过微处理器接受并控制相应的触点、线圈; (4) 在服务器、微处理器和客户端通讯中断后再次建立联系时, 微处理器实时将开关柜内的监测状态同步至服务器和客户端, 保证了状态监测的准确性。

2 系统设计与实现

2.1 并网开关柜改造

为尽量减少对并网开关柜本体及面板的改动, 提高该安措技术的广泛适用性^[6], 考虑对开关柜的分合闸控制回路进行改造, 如图 1 所示。

改造方案: 第一常开触点 HJ1 与第一常闭触点 FJ2 串联后分别与遥控合闸触点 K1 和手动合闸按钮 AH 并联, 并且一端接第一电源端 KM+, 合闸闭锁触点 BS 与第三常开触点 FJ1 串联后并联在第二常开触点 HJ2

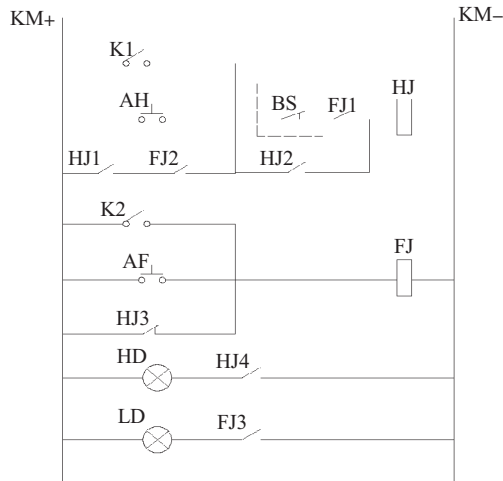


图 1 开关柜分合闸控制回路示意图

的两端,并且一端与第一常闭触点 FJ2、手动合闸按钮 AH 和遥控合闸触点 K1 的另外一端连接,合闸线圈 HJ 的线圈两端分别与第二常开触点 HJ2 和第三常开触点 FJ1 的另外一端和第二电源端 KM- 连接,从而形成合闸控制回路;第二常闭触点 HJ3 分别与遥控分闸触点 K2 和手动分闸按钮 AF 并联后一端接第一电源端 KM+, 另一端与分闸线圈 FJ 线圈一端连接,分闸线圈 FJ 线圈另一端接第二电源端 KM-, 从而形成分闸控制回路;第一电源端 KM+、合闸提示灯 HD、第四常开触点 HJ4 和第二电源端 KM- 依次串联形成合闸提示回路,第一电源端 KM+、分闸提示灯 LD、第五常开触点 FJ3 和第二电源端 KM- 依次串联形成分闸提示回路。

常闭触点 BS,用于对光伏电站处于“孤岛”运行状态下闭锁并网开关合闸操作,即不允许并网开关合闸。

2.2 控制箱的设计

2.2.1 微处理器

控制箱内设置有内置系统程序的微处理器,对合闸闭锁触点 BS 的闭合操作进行了加密,在同时获得操作口令和合闸解锁指令时控制合闸闭锁触点 BS 失电闭合,如此合闸闭锁触点 BS 的闭合控制权完全掌握在配电网侧,用户的解锁意图受到了限制,进一步确保了在配电网停电时光伏发电站始终处于分闸状态,杜绝了因为用户侧的误操作或误判而进行合闸动作,造成电流倒送至检修线路,严重威胁检修人员的生命安全的情况,操作口令的形式有很多种,例如随机密码,利用随机密码在增加可靠性的同时提高了控制合闸闭锁触点 BS 的灵活性,当配电网侧的工作人员无法进行合闸解锁操作时只要将掌握的随机密码告知用户,授权用户进行合闸解锁操作,微处理器与合闸控制回路、分闸控制回路和分闸提示回路连接,微处理器具有:(1)合闸输入端。连接遥控合闸触点 K1,微处理器接收合闸指令,控制遥控合闸触点 K1 闭合;(2)分闸输入端。连接遥控分闸触点 K2,微处理器接收分闸指令,控制

遥控分闸触点 K2 闭合;(3)合闸闭锁输入端。连接合闸闭锁触点 BS,微处理器接收合闸闭锁指令或合闸解锁指令,控制合闸闭锁触点 BS 断开或闭合。

2.2.2 显示模块与按键电路的设置

为方便用户对合闸控制回路、分闸控制回路、分闸提示回路和合闸闭锁触点 BS 的实时状态的掌握以及对它们进行操作,微处理器还连接有:(1)显示模块。显示合闸控制回路、分闸控制回路、分闸提示回路和合闸闭锁触点 BS 的实时状态,显示合闸、分闸和合闸闭锁的操作界面,在进行合闸操作时,显示操作口令输入界面;(2)按键电路。用于在合闸控制回路、分闸控制回路、分闸提示回路、合闸闭锁触点 BS 的实时状态的显示界面、合闸、分闸和合闸闭锁的操作界面之间进行切换操作,和将合闸、分闸、合闸解锁和合闸闭锁指令键入到微处理器中,在进行合闸解锁操作时,用于向微处理器输入操作口令。

2.2.3 模块设置

微处理器连接 USB 通讯模块,用于在微处理器中录入或者更新系统程序,根据具体的使用情况,及时调整修改系统程序,提高装置的性能和稳定性。微处理器连接 GPRS 通讯模块,用于远程获取合闸、分闸、合闸解锁、合闸闭锁指令和操作口令,并将合闸状态、分闸状态和合闸闭锁状态发出,GPRS 网络覆盖面广,相关配套设备技术成熟,使用率高,数据传输可靠,也便于实施和设置,当然也不局限于 GPRS 网络,只要能达到远程传输的目的,均可用于此,例如 WiFi 无线网络或者工业中常用的 WIA 无线网络。微处理器连接用于供电的不间断电源。

2.3 服务器与客户端的设计

服务器和与服务器联网客户端,服务器与微处理器远程通讯,客户端内置控制软件,用于通过访问服务器将合闸、分闸、合闸解锁、合闸闭锁指令和操作口令远程传输于微处理器以及获取合闸状态、分闸状态和合闸闭锁状态并显示。系统框架结构示意图如图 2 所示。

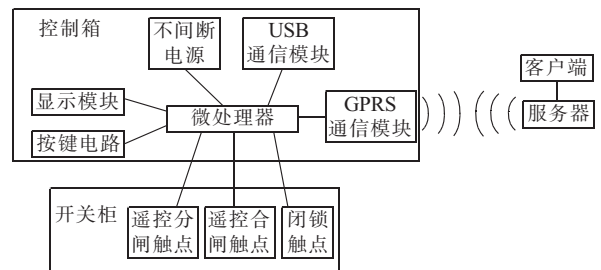


图 2 系统框架结构示意图

3 系统控制步骤及方法

基于本文研发的分布式光伏并网发电的电网侧反孤岛系统,且可以通过手动/远程分合闸方式来解决分

布式光伏发电的倒送电问题,进而可以提升分布式光伏检修安全。

3.1 分闸操作

3.1.1 用户侧通过手动分闸按钮进行分闸操作

(1) 按下手动分闸按钮后松开,分闸线圈 FJ 的线圈得电进行分闸动作,第一常闭触点 FJ1 断开,从而使合闸控制回路断开,合闸线圈 HJ 的线圈失电,第一常开触点 HJ1、第二常开触点 HJ2 均断开,合闸控制回路断电,第二常闭触点 HJ2 闭合,分闸线圈 FJ 的线圈持续得电,第四常开触点 HJ4 断开,合闸提示灯 HD 熄灭,第五常开触点 FJ3 闭合,分闸提示灯 LD 亮起;

(2) 微处理器将分闸状态和合闸闭锁状态在显示模块上实时显示,如果合闸闭锁触点 BS 仍然处于闭合状态,则通过按键电路输入合闸闭锁指令,微处理器接到合闸闭锁指令后控制合闸闭锁触点 BS 得电断开,成功合闸闭锁时按键电路无法输入合闸闭锁指令;

(3) 微处理器通过 GPRS 通讯模块将分闸状态和合闸闭锁状态远程传输给服务器,客户端访问服务器来获得分闸状态和合闸闭锁状态,如合闸闭锁触点 BS 仍处于闭合状态,客户端将合闸闭锁指令通过服务器远程传输给微处理器,微处理器控制合闸闭锁触点 BS 得电断开,成功合闸闭锁时客户端无法输入合闸闭锁指令。

3.1.2 用户侧通过按键电路进行分闸操作

(1) 处于合闸状态时,无法通过按键电路键入合闸指令、合闸闭锁指令和进行合闸解锁操作,根据分闸和合闸闭锁的操作界面,通过按键电路向微处理器键入分闸指令,微处理器控制遥控分闸触点 K2 短暂闭合后断开,成功分闸后按键电路再输入合闸闭锁指令,微处理器控制合闸闭锁触点 BS 得电断开,成功合闸闭锁后按键电路无法再次输入合闸闭锁指令,分闸线圈 FJ 的线圈得电进行分闸动作,第一常闭触点 FJ1 断开,从而使合闸控制回路断开,合闸线圈 HJ 的线圈失电,第一常开触点 HJ1、第二常开触点 HJ2 均断开,合闸控制回路断电,第二常闭触点 HJ2 闭合,分闸线圈 FJ 的线圈持续得电,第四常开触点 HJ4 断开,合闸提示灯 HD 熄灭,第五常开触点 FJ3 闭合,分闸提示灯 LD 亮起。

(2) 与用户侧通过手动分闸按钮进行分闸操作的第(3)步一样。

3.1.3 远程分闸操作

处于合闸状态时,客户端无法输入合闸指令、合闸闭锁指令和合闸解锁指令,客户端将分闸指令通过服务器远程传输给微处理器,微处理器通过 GPRS 通讯模块接收并控制遥控分闸触点 K2 短暂闭合后断开,成功分闸后客户端再将合闸闭锁指令传输给微处理器,合闸闭锁触点 BS 得电断开,成功合闸闭锁后客户端无法再次输入合闸闭锁指令,分闸线圈 FJ 的线圈得电进行分闸

动作,第一常闭触点 FJ1 断开,从而使合闸控制回路断电,合闸线圈 HJ 的线圈失电,第一常开触点 HJ1、第二常开触点 HJ2 均断开,合闸控制回路断电,第二常闭触点 HJ2 闭合,分闸线圈 FJ 的线圈持续得电,第四常开触点 HJ4 断开,合闸提示灯 HD 熄灭,第五常开触点 FJ3 闭合,分闸提示灯 LD 亮起。

3.2 合闸操作

3.2.1 用户侧通过按键电路进行合闸操作

(1) 处于分闸状态时,无法通过按键电路键入分闸指令,用户获取操作口令后,显示模块弹出操作口令输入界面,根据操作口令输入界面通过按键电路输入操作口令进行解锁,微处理器控制合闸闭锁触点 BS 失电闭合,成功解锁后按键电路无法再次进行合闸解锁操作。

(2) 通过按键电路键入合闸指令,微处理器控制遥控合闸触点 K1 闭合后断开,或者按下手动合闸按钮 AH 后松开,第三常开触点 FJ1 处于闭合状态,合闸控制回路导通,合闸线圈 HJ 的线圈得电进行合闸动作,第二常闭触点 HJ3 断开,分闸线圈 FJ 的线圈失电,第一常闭触点 FJ2 闭合,第一常开触点 HJ1 和第二常开触点 HJ2 闭合并自保持,使合闸控制回路持续导通,而合闸提示灯 HD 亮起,分闸提示灯 LD 熄灭。

3.2.2 远程合闸操作

处于分闸状态时,客户端无法输入分闸指令,客户端上弹出操作口令输入对话框,用户将操作口令输入客户端,客户端将操作口令、合闸解锁指令和合闸指令通过服务器远程传输给微处理器,微处理器接收并控制合闸闭锁触点 BS 失电闭合以及遥控合闸触点 K1 短暂闭合后断开,成功解锁后客户端无法再次进行合闸解锁操作,第三常开触点 FJ1 处于闭合状态,合闸控制回路导通,合闸线圈 HJ 的线圈得电进行合闸动作,第二常闭触点 HJ3 断开,分闸线圈 FJ 的线圈失电,第一常闭触点 FJ2 闭合,第一常开触点 HJ1 和第二常开触点 HJ2 闭合并自保持,使合闸控制回路持续导通,而合闸提示灯 HD 亮起,分闸提示灯 LD 熄灭。

在分合闸操作过程中,服务器与微处理器和/或客户端之间通讯中断后在此建立连接时,微处理器立即将合闸状态、分闸状态和合闸闭锁状态发送至服务器,服务器实时将合闸状态、分闸状态和合闸闭锁状态同步至客户端。

4 现场安装案例

常州天成钢管厂 10 kV 光伏系统于 2014 年 7 月 13 日并网投运,该系统配置光伏并网发电的电网侧孤岛系统。为验证开关柜分合闸系统有效性,开展了现场试验工作,主要试验设备包括:待测开关柜、测试台、笔记本电脑(内装监控后台软件)、GPRS 串口卡、并网

控制器等,通过测试开关柜的手动分合闸回路,结果表明开关柜能有效分合闸。

分布式光伏并网反孤岛系统通过并网控制器接收监控后台通过 GPRS 无线方式传输过来的控制命令,控制串入开关合闸回路中的闭锁节点,实现反孤岛功能。在常州天成钢管厂 10 kV 光伏并网反孤岛现场试验中,通过后台下发控制命令。系统工作流程为:

(1) 10:54:39 下发分闸指令;

(2) 10:54:44 发送分闸指令成功(控制器接收到后台发送的分闸指令);

(3) 10:54:54 分闸成功(后台收到控制器上传的开关分闸成功的状态信息,现场开关在 44~54 s 分闸);

(4) 10:55:01 下发合闸闭锁指令;

(5) 10:55:05 发送合闸闭锁指令成功;

(6) 10:55:11 合闸闭锁成功(后台收到控制器上传的开关合闸回路闭锁成功的状态信息,此时按下开关柜的合闸按钮,开关无法合闸);

(7) 10:55:19 下发合闸解锁指令;

(8) 10:55:24 发送合闸解锁指令成功;

(9) 10:55:46 合闸解锁成功(后台收到控制器上传的开关合闸回路解锁成功的状态信息,此时按下开关柜的合闸按钮,开关顺利合闸)。

2014 年 7 月 13 日天成钢管厂 10 kV 光伏并网点倒送电安措系统现场测试和试运行正常,上述结果表明本文所提分布式光伏电网侧反孤岛系统及其控制方法的有效性。

5 结束语

本文提出一种用于分布式光伏并网发电的电网侧反孤岛系统及其控制方法,利用合闸线圈、分闸线圈、触点等常用元器件设计成简单巧妙的合闸、分闸控制

回路,达到对分布式光伏电站的合闸、分闸可靠控制在配电网停电后,光伏并网开关原则上应拉开,电网侧工作人员可以及时通过客户端远程闭锁合闸控制回路,防止并网开关再次合闸切断分布式光伏电站与配电网之间的连接,确保不会有电流倒送至停电线路中,保证了检修人员的安全。更重要的是由于合闸闭锁触点的存在,用户侧如要进行合闸,必须得到配电网侧工作人员的授权才能对合闸闭锁触点进行解锁,这样使得在配电网重新供电之前,合闸控制完全由配电网工作人员掌控,防止用户侧的误操作,分闸状态得到可靠维持,从而进一步保证电流不会倒送至检修线路。

参考文献:

- [1] 江林. 分布式光伏发电并网的国内外政策分析与启示[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(3): 66-68.
- [2] 孙李平, 李琼慧, 黄碧斌. 分布式光伏发电现状及走势[J]. 中国电力教育(下), 2013(6): 11-13.
- [3] 胡海安, 张纳川, 陈兆骅. 分布式电源并网对电网运行和管理制度的影响及思考[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(S2): 87-90.
- [4] 赵波. 大量分布式光伏电源接入对配电网的影响研究[J]. 浙江电力, 2010(6): 5-8.
- [5] 卢志刚, 董玉香. 含分布式电源的配电网故障恢复策略[J]. 电力系统自动化, 2007(1): 89-92.
- [6] 吕祖旭, 胡永军, 胡冰颖. 浅析分布式光伏发电低压并网开关作用[J]. 科技风, 2014(4): 114-115.

作者简介:

张颖璐(1972),男,江苏常州人,高级工程师,从事电力系统安全监察工作;

诸葛萱(1956),男,江苏常州人,工程师,从事电力系统继电保护及自动化工作;

石浩(1984),男,江苏常州人,助理工程师,从事电力系统安全监察工作。

陈新崛(1982),男,江苏南京人,工程师,从事电力系统技术培训工作。

Research on Countermeasures for Preventing Reverse Power Supply of 10 kV Distributed Photovoltaic Power Generation at Grid Connection Point

ZHANG Yinglu¹, ZHUGE Xuan¹, SHI Hao¹, CHEN Xinjue²

(1. Changzhou Power Supply Company, Changzhou 213003, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: Grid-connection projects of 10kV distributed photovoltaic power generation have been widely spread, and most of them are still out of the control of the power dispatch center. Currently, distributed photovoltaic system islanding protection measures are still based on user side's inverter, therefore new islanding protection measures on grid side are needed to be studied. Based on the reform of grid-connected switchgear, closing and locking link and GPRS remote monitoring control system, the reverse power supply of 10 kV distributed photovoltaic power generation at grid connection point is effectively prevented.

Key words: 10 kV distributed photovoltaic power generation; grid connection point; reverse power supply