

220 kV 琴韵 3C 绿色变电站站域孤岛保护实现方法

李育燕¹, 薛健斌², 孙玉彤³, 胡云花³, 陈 阳⁴

(1. 国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210032; 2. 广东电网公司珠海供电局, 广东 珠海 519000;
3. 珠海电力设计院有限公司, 广东 珠海 519000; 4. 江苏中智电力设计院有限公司, 江苏 南京 210009)

摘要: 根据 220 kV 琴韵 3C 绿色变电站光伏发电系统的建设实例, 基于对分布式光伏发电孤岛现象的发生和传统防孤岛效应保护的缺陷分析, 研究了基于网络和 IEC61850 标准的站域孤岛保护的工作原理、抗干扰措施及整定原则。依托站内高速通信网, 通过采集变电站区域内与并网光伏发电系统相关部分的实时运行信息, 进行集中判断、运算, 实现基于站级的防孤岛保护功能。站域孤岛保护解决了传统防孤岛保护存在不可检测区、整定困难和对电网产生电能质量影响的缺点。

关键词: 3C 绿色; 光伏发电系统; 孤岛; 防孤岛保护; 站域孤岛保护; 电力系统保护

中图分类号: TM 77

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.06.028

0 引言

珠海 220 kV 琴韵变电站是广东电网公司第一个投产的 3C 绿色变电站, 它建立在 IEC61850 通信技术规范基础上, 按 3 层 2 网的模式来实现变电站内智能电气设备间的信息共享和互操作性, 提高设备的智能化水平, 为站域保护、站域控制策略的研制开发提供了理想的平台。站域保护、站域控制策略的应用能有效地解决传统保护、控制固有的缺点, 提高设备的可靠性。

220 kV 琴韵变电站内安装的光伏发电系统, 通过逆变电源和隔离变压器经站用变 0.4 kV 低压系统并网发电。采用基于网络和 IEC61850 标准(包括 GOOSE 机制)的站域孤岛保护装置, 采集变电站区域内与光伏并网发电系统相关部分的实时运行信息, 进行集中判断、运算, 实现基于站级的防孤岛保护功能。本文以分布式并网发电系统在 3C 绿色变电站并网发电为例, 介绍了站域孤岛保护的实现方法, 并与传统孤岛保护进行了比较分析。

1 分布式电源系统孤岛现象

所谓孤岛现象, 是指分布式发电系统中, 当电网供电因事故或维修停电而跳开时, 各个用户端的分布式并网发电系统(如光伏发电、风力发电等)和周围的负载形成的一个主供电网无法掌控的自给供电孤岛发电系统。针对孤岛的研究已有很多^[1-6]。分布式光伏并网发电系统处于孤岛运行状态时会产生如下严重后果^[7-8]:

a. 主电网无法控制孤岛系统中的电压和频率, 如果分布式发电系统中的发电设备没有电压和频率的调节能力, 可能出现电压和频率超出允许的范围, 对用户的设备造成损坏;

b. 出现孤岛系统运行时, 由于局部区域的电压和频率的变化具有不确定性, 将影响电力系统中的重合闸及备用电源自动投入装置的正确动作, 可能会导致再次跳闸甚至损坏光伏发电系统和其他设备, 不利于电力系统及时恢复区域负荷的正常供电;

c. 与分布式并网发电系统相连的区域可能仍然带电, 可能给检修人员造成危险, 降低电网的安全性。

可见, 研究孤岛检测方法及保护措施, 将孤岛产生的危害降至最低具有十分重要的现实意义。

2 传统的防孤岛效应保护

目前 GB/T19939—2005《光伏系统并网技术要求》中关于孤岛效应保护的配置, 要求“应设置至少一种主动和被动防孤岛效应保护”^[9]。

a. 被动防孤岛效应保护。

被动防孤岛效应保护就是通过检测电网连接点处的频率、电压、相位跳变、电压谐波等电气量变化, 来判断是否与主电网断开。主要包括过/欠电压反孤岛策略、过/欠频率反孤岛策略、相位跳变反孤岛策略、电压谐波检测反孤岛策略等^[6]。

过/欠电压、过/欠频率反孤岛策略是最基本的配置, 其他基于异常电压或频率的反孤岛方案也是依靠过/欠电压、过/欠频率保护方案来触发并网逆变器停止工作的。在多台并网逆变器运行时, 不会产生稀释效果, 不会影响电能质量。但此反孤岛策略有较大的不可检测区, 并且这种方案的动作时间不可预测^[10]。

相位跳变反孤岛策略的优点是容易实现, 不会影响并网逆变器输出的电能质量; 和其他被动式方案一样, 多台并网逆变器运行时, 不会产生稀释效果。但此反孤岛策略很难选择不会导致误动的定值, 对于一些特殊负荷启停时, 如果相位跳变定值设定

不合适,可能会导致误动。

电压谐波检测反孤岛策略主要是监视3次谐波电压的变化,当3次谐波电压超过一定值后,孤岛保护就会动作。电压谐波检测反孤岛策略能在很大范围内检测孤岛效应,尤其适用于小规模分布式并网发电系统,不会产生稀释效应。即使在功率匹配的情况下,也能检测出孤岛效应,不会影响并网逆变器输出的电能质量;然而和相位跳变反孤岛策略一样,也存在定值选择问题^[11]。

在被动防孤岛效应保护中,由于相位跳变反孤岛策略以及电压谐波检测反孤岛策略定值难以确定,因此较少有厂家采用;而过/欠电压、过/欠频率反孤岛策略则应用较多,但这2种反孤岛策略有较大的不可检测区,在某些情况下无法检测出孤岛现象的出现,为此规程要求配置主动防孤岛保护^[7-12]。

b. 主动防孤岛效应保护。

主动防孤岛效应保护是通过控制分布式电源对系统施加一个外部干扰,然后监视系统的响应来判断是否形成孤岛,主要包括频率偏离、有功功率变动、无功功率变动、电流脉冲注入引起阻抗变动等^[9]。有的主动检测还可以构成正反馈,加快孤岛的瓦解^[7-12]。

频率偏离防孤岛效应策略主要分为:主动频移防孤岛效应策略、基于正反馈的主动频移防孤岛效应策略、滑模频率偏移法防孤岛效应策略^[7]。

主动频移防孤岛效应策略与被动防孤岛策略相比具有较小的不可检测区,但频率偏移降低了输出的电能质量,多台并网逆变器运行时可能会出现稀释效应;基于正反馈的主动频移防孤岛效应策略,增加了对电网的扰动,具有更小的不可检测区,但输出电能质量的降低更明显;滑模频率偏移法防孤岛效应策略在并网发电量大以及反馈环的增益大的情况下,可能带来整体供电质量下降以及暂态响应等问题,并且当RLC负载的相位增加变化快于逆变器扰动的相位变化时,可能会导致孤岛检测失败^[11]。

有功功率变动、无功功率变动防孤岛效应策略应用于多台并网逆变器同时运行时,所进行的功率扰动必须同步进行,否则将出现稀释效应,并且动作值难以确定,当电网不稳定、大负荷突然投切或变电站内VQC动作时,可能出现虚假孤岛判断现象。

电流脉冲注入引起阻抗变动防孤岛效应策略持续的输入扰动会影响电能质量,对于弱电网或电网本身波动较大时,很难实现阻抗监测,当有多台并网逆变器运行时,会相互干扰,可能出现虚假孤岛判断现象。

上述2种传统的方法都有先天的不足,不能高效快速准确地检测到孤岛的发生,因而需要寻找一种更可靠高效的方法。

3 基于网络和 IEC61850 标准的站域孤岛保护

3.1 背景技术

GOOSE:IEC61850 系列标准中定义了通用变电站事件 GSE(Generic Substation Event)模型,为在站域系统范围内快速可靠地输入、输出数据值提供了有效的手段。其中包括了面向通用对象的变电站事件 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event),支持由数据集组织的公共数据交换,其经表示层后直接映射至链路层和物理层,并且采用有优先级和虚拟局域网(VLAN)标志的交换式以太网技术,保证了报文传输的实时性,解决变电站快速通信需求。

SV:IEC61850 系列标准中定义为数据采样值。SV 网:特指传输数据采样的网络。

站域孤岛保护:通过对变电站内信息的分布协同利用,并进行集中处理判断,实现站域孤岛保护功能的装置或系统。

过程层网络:本方案采用 SV 与 GOOSE 合并组网方式。

3.2 站域孤岛保护的基本工作原理

传统的孤岛保护装置基本上是通过直接采集设备安装处的电气信息量来判断孤岛运行状态的,这主要是由于装置间无法方便地实现信息交换与共享。220 kV 琴韵变电站是 3C 绿色变电站,依托站内高速通信网及发布/订阅者通信机制,能够方便地实现信息共享,这就为实现站域孤岛保护提供了条件。

本方案实现的前提是在光伏发电系统处配置站域孤岛保护装置,在变电站内与光伏并网发电系统相关位置均配置对应的保护装置或测控装置(详见图 1)。以上装置均完全支持 IEC61850 标准,具有基于 IEC61850 标准(包括 GOOSE 机制)的 SV 数字采样网络接口和 GOOSE 网络接口,可以通过 IEC 61850-9-2 协议跨装置接收来自其他设备的实时数字信号。

站域孤岛保护装置通过 GOOSE 及 SV 网络与其他保护及测控装置通信,获取变电站区域内与光伏并网发电系统相关部分实时运行信息,进行集中判断、运算,实现基于站级的防孤岛效应保护。

3.3 站域孤岛保护的動作行为分析

站域孤岛保护装置通过过程层网络及站控层网络与相关保护及测控装置连接(详见图 2),构成站域孤岛效应保护信息交换系统。站域孤岛保护装置通过网络接收与并网光伏发电系统相关部分实时运行信息,并根据这些信息完成实时判断,具体过程如下所述。

3.3.1 站域孤岛保护装置与相关智能设备的安装位置及分工

a. 站域孤岛保护装置:安装于光伏发电室,具有

域孤岛保护装置判断孤岛效应产生,经整定延时跳开光伏发电并网断路器 QF。

在运行方式 2 时,如果 QF₂ 断路器由合位变为分位、QF₁₂ 断路器由合位变为分位或 1ATS 开关由 B 位置变为 A 位置,且 QF 及 QF₂₄ 位置没变化,则站域孤岛保护装置判断孤岛效应产生,经整定延时跳开光伏发电并网断路器 QF。

3.3.4 站域孤岛保护装置的抗干扰思考

本案例站域孤岛保护是由域孤岛保护装置、1 号站用变 20 kV 侧保护装置、2 号站用变 20 kV 侧保护装置、1 号站用变 0.4 kV 侧测控装置、过程层(GOOSE+SV)网络、站控层 MMS 网络组成。由于站域孤岛保护主要是经网络获取相关装置采集的与出现孤岛运行状态有关的位置信息,来判断是否出现孤岛状态,这就需要考虑状态采集的可靠性及网络传输的安全性,在实际应用中本文采取了以下措施:各装置均按双位置来采集有关位置信息,并进行有效性判断,通过网络发布的信息也要求按双位置传送,并附加校验信息;交换机的网络接口及装置的网络接口均按光口配置;网络采用组播方式有效控制信息流向及流量;优先采用过程层(GOOSE+SV)网络,当判断出现信息异常或网络异常时,站域孤岛保护装置会利用站控层 MMS 网上的信息提供辅助判断,降低信息及通道异常带来的影响。

由于出现孤岛现象时,区域的发电功率与负荷功率接近,联网支路负荷电流接近零,因此,无法用电流作为辅助判据。

3.3.5 站域孤岛保护装置的整定原则的思考

站域孤岛保护主要需考虑的整定时间有:站域孤岛保护功能运行方式准备时间及站域孤岛保护动作时间。

站域孤岛保护装置上电正常工作后需要先判断运行方式,在不同的运行方式判断是否出现孤岛运行状态。因此,站域孤岛保护功能运行方式准备时间要考虑如下 2 种因素。

首先要考虑与判断运行方式有关的位置接点是否均接通,若均接通则认为孤岛保护准备工作已完成。因此,站域孤岛保护功能运行方式准备时间从与运行方式有关的位置接点均接通过后开始计算。

另外对可能出现孤岛运行状态的时间分析可知,当光伏发电系统或风力发电系统投入区域电网时,可能恰逢出现或即将出现孤岛运行状态的运行方式,但此时光伏发电系统或风力发电系统还没有进入发电程序,不用考虑是否会出现孤岛效应。因此,站域孤岛保护功能运行方式准备时间还应按小于光伏发电系统或风力发电系统启动并开始进入发电的延时。

对可能出现孤岛运行原因分析可知,上级电力系统失压并可能出现线路重合闸动作或 20 kV 备自投动作情况;本地站用变 20 kV 开关或 0.4 kV 开关跳开,并可能出现 0.4 kV 侧 1ATS 开关自动切换系统动作;1ATS 开关由 A 位置经“停止”位置人为切换到 B 位置。为防止孤岛运行时发生非同期合闸现象,必须提前停止发电,因此,域孤岛保护装置的动作时间 T 需整定如下: $T < \text{线路重合闸整组动作时间} - \text{发电机出口开关固有跳闸时间} - \Delta t$ (建议取 300~500 ms); $T < \text{备自投整组动作时间} - \text{发电机出口开关固有跳闸时间} - \Delta t$ (建议取 300~500 ms); $T < \text{1ATS 开关切换时间} - \text{发电机出口开关固有跳闸时间} - \Delta t$ (建议取 300~500 ms)。域孤岛保护装置的动作时间取以上计算结果的最小值。

4 站域孤岛保护的评价

站域孤岛保护装置与其他相关装置配合,通过过程层网络交互实时信息,根据全站相关信息来进行判断,而不是采用局部信息进行判据,实现站域孤岛保护功能。所有的保护判断功能,都由一台装置全部实现。装置实现方法直接,判据完善,充分考虑各种运行方式及网络故障或通信中断的情况(即如图 2 所示,当过程层网络故障或通信中断时,该系统会切换到站控层网络交换信息,保证站域孤岛保护装置的正常工作,同时发出告警信号),具有较高的准确性和可靠性。

站域孤岛保护装置不影响电网的电能质量,可与其他主动及被动孤岛保护配合使用,没有死区。

拥有强大的网络功能和通信能力。从硬件上配有多个独立的以太网接口。支持电力行业通信标准 DL/T667—1999(IEC60870-5-103)和新一代变电站通信标准 IEC61850,能与故障录波系统、保护分析系统、监控及自动化系统配合使用,实现全站测控。

拥有全站同步采样和 SOE 上送能力。装置对时接口可支持多种 GPS 对时方式,包括接点对时、485 对时,支持 IRGB 码对时。

站域孤岛保护装置适用于风力发电、光伏发电等分布式电源的孤岛保护。

5 结语

基于网络和 IEC61850 标准的站域或广域保护控制、装置或系统是今后电力系统发展的方向。新技术的使用,为各种保护、控制判别提供了新的方法和改进空间,在今后的应用中必将有广阔的前景。

参考文献:

[1] 曹一家,苗轶群,江全元. 含电动汽车换电站的微电网孤岛运行

- 优化[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(5): 1-6.
- CAO Yijia, MIAO Yiqun, JIANG Quanyuan. Optimal operation of islanded microgrid with battery swap stations[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(5): 1-6.
- [2] 李军, 黄学良, 陈小虎, 等. 基于双重判据的微电网快速孤岛检测技术[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(5): 38-42, 56.
- LI Jun, HUANG Xueliang, CHEN Xiaohu, et al. Detection of islanded microgrid based on double criterions[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(5): 38-42, 56.
- [3] 丁磊, 潘贞存, 苏永智, 等. 并网分散电源的解列与孤岛运行[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(7): 25-29.
- DING Lei, PAN Zhencun, SU Yongzhi, et al. Splitting and islanding of networked dispersed generators[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(7): 25-29.
- [4] 侯梅毅, 高厚磊, 刘炳旭, 等. 基于相位偏移的孤岛检测新方法[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(11): 22-26.
- HOU Meiyi, GAO Houlei, LIU Bingxu, et al. Islanding detection method based on phase shift[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(11): 22-26.
- [5] 贺眉眉, 李华强, 陈静, 等. 基于离散小波变换的分布式发电孤岛检测方法[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(10): 103-108.
- HE Meimei, LI Huaqiang, CHEN Jing, et al. Islanding detection based on discrete wavelet transform for distributed generation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(10): 103-108.
- [6] 吴志, 顾伟. 孤岛方式下基于多代理系统的微电网有功-频率控制[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(11): 57-61.
- WU Zhi, GU Wei. Active power and frequency control of islanded microgrid based on multi-agent technology[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(11): 57-61.
- [7] 程启明, 王映斐, 程尹曼, 等. 分布式发电并网系统孤岛检测方法的综述研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(6): 147-154.
- CHENG Qiming, WANG Yingfei, CHENG Yinman, et al. Overview study on islanding detecting methods for distributed generation grid-connected system[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(6): 147-154.
- [8] 袁超, 吴刚, 曾祥君, 等. 分布式发电系统继电保护技术[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(2): 99-105.
- YUAN Chao, WU Gang, ZENG Xiangjun, et al. Protection technology for distributed generation systems[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(2): 99-105.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T19939—2005 光伏系统并网技术要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [10] 杜朝波, 卢勇, 严玉廷. 并网光伏发电系统运行特性分析[J]. 云南电力技术, 2009, 37(3): 6-8.
- DU Chaobo, LU Yong, YAN Yuting. Analysis of operation characteristics of grid-connected photovoltaic power generation system[J]. Yunnan Electric Power, 2009, 37(3): 6-8.
- [11] 张兴, 曹仁贤. 太阳能光伏并网发电及其逆变控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [12] 曹海燕, 田悦新. 并网逆变器孤岛控制技术[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(9): 72-74.
- CAO Haiyan, TIAN Yuexin. Islanding control for grid connected inverters[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(9): 72-74.

作者简介:

李育燕(1979-), 女, 江西大余人, 工程师, 硕士, 从事电力系统分析研究(E-mail: lyy1005@126.com);

薛海斌(1979-), 男, 广东珠海人, 工程师, 从事电力生产技术研究;

孙玉彤(1965-), 男, 黑龙江绥化人, 高级工程师, 从事变电电气设计工作(E-mail: sunyutong11@163.com);

胡云花(1979-), 女, 山东潍坊人, 工程师, 硕士, 从事变电电气设计工作;

陈阳(1986-), 男, 江苏高邮人, 助理工程师, 从事变电电气设计工作。

Realization of station-domain islanding protection for 220 kV Qinyun 3C green substation

LI Yuyan¹, XUE Jianbin², SUN Yutong³, HU Yunhua³, CHEN Yang⁴

(1. Guodian Nanjing Automation Co., Ltd., Nanjing 210032, China; 2. Zhuhai Electric Power Design Institute Co., Ltd., Zhuhai 519000, China; 3. Zhuhai Electric Power Design Institute Co., Ltd., Zhuhai 519000, China; 4. Jiangsu Zhongzhi Electric Power Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210009, China)

Abstract: With the construction of a grid-connected photovoltaic system in 220 kV Qinyun 3C green substation as an example, the occurrence of islanding phenomenon in distributed photovoltaic system is explained and the deficiency of traditional anti-islanding protection is analyzed. The working principle, anti-interference measures and setting rules of a station-domain islanding protection are studied, which is based on the network and IEC61850 standard. To realize the functions of station-domain anti-islanding protection, the real-time substation operating information relating to the grid-connected photovoltaic system is acquired via the high-speed communication network of substation, which is then processed and evaluated centrally. The station-domain islanding protection avoids the defects of traditional anti-islanding protection: undetectable zone, setting difficulty and influence on power quality.

Key words: 3C green; photovoltaic system; islanding; anti-islanding protection; station-domain islanding protection; electric power system protection