

区域微电网离网转并网改造方案设计

卞在平¹,王鑫¹,王小明²

(1. 中国电建集团海南电力设计研究院有限公司,海口 571100; 2. 国网安徽省电力公司
电力科学研究院,合肥 230000)

摘 要:海南偏远地区配电系统采用微电网供电,利用当地丰富的风光资源进行发电,在兼顾改造成本的前提下,实现无缝计划型离网转并网运行模式的切换,可靠地为当地居民进行不间断供电。对微电网的运行方式及控制原理进行介绍,从系统工作原理和断路器改造成本两方面阐述微电网离转并改造设计方法。

关键词:区域微电网;配电改造;并网切换开关

中图分类号:TM 732 **文献标志码:**A **文章编号:**1674 - 1951(2018)10 - 0019 - 03

0 引言

部分地区由于受地域影响,当地配电系统无法直接与大电网相连,长期采用微电网方式进行供电。但随着当地电网发展及负荷重要性不断提高,电网建设已延伸至当地配网^[1],从而需要对该类地区进行改造,完成由原离网运行方式向并网运行方式的顺利过渡,并能保证在大电网切断时,当地电网仍能继续孤岛运行^[2-3]。

目前很多文献提出了微电网的控制策略和思路,文献[4]提出了分层控制方式,减少电流总谐波畸变率的产生,降低微电网在并网瞬间受谐波电流的冲击。文献[5]提出了一种抑制光伏并网电压突升方法。文献[6]提出了一种微电网暂态电压控制策略,分析了当微电网发生故障时,不同类型电动机对微电网暂态电压产生的影响。以上成果对微电网并离网控制策略提供了丰富的理论支撑,但是较少文献从微电网并入大电网的实际改造原理和控制方法论述配网侧微电网改造设计方法。

储能双向换流器和并网切换开关为微电网并离网切换的执行机构,微网中央控制器为并离网切换控制策的载体,微网中央控制器在储能双向换流器的配合下,按策略合理控制并网开关的动作,可以实现不同运行状态的平滑过渡和转换,对微电网并网或离网运行发挥关键作用。

1 最大功率点跟踪

风机与光伏板在发电过程中,其输出伏安特性随风速和光照条件的变化而发生改变,同时输出功率也会随着微电网负载的变化而不断改变,即其输

出功率为随时间变化的非线性函数。为了达到分布式电源随风光资源变化保持输出功率最大状态,与大电网或储能系统所提供的电压和频率保持同步,负责电能转换的逆变器利用最大功率点跟踪(MPPT)功能发挥主要作用^[7]。

图1所示为MPPT控制的分布式发电伏安特性曲线,当光照强度增强或风速增大时,直流输出会由特性曲线1变为特性曲线2,其最大功率点分别在A点和B点。如果负荷不变,当逆变器因外界条件改变而以特性曲线2进行输出时,会继续以A'的值输出,将偏离最大功率点B,所以需要通过改变负荷曲线来使输出稳定在负荷曲线2的B点处。如果光照减弱或风速减少,功率输出将由B点移至B',同样需要通过改变负荷曲线,将最大功率点移至A点处。

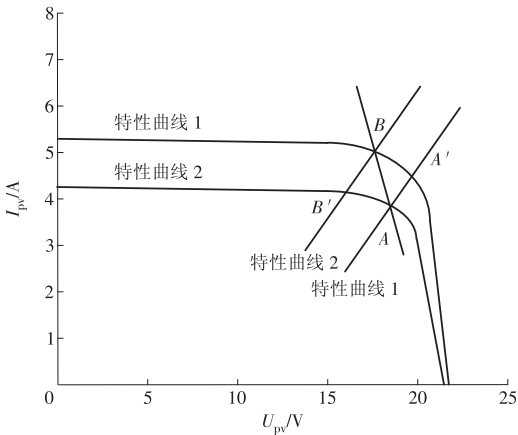


图1 MPPT控制的基本原理

改变负荷曲线的方法通常采用串联阻抗变换器的方法,利用调节阻抗变换器接入开关的占空比来实现负荷特性曲线的调整,其常用的方法有恒压法、扰动观察法、电导增量法等等,其特点各异,限于篇幅不在此累述^[8]。

2 微电网控制策略

对于配有储能系统的微电网,双向储能换流器(PCS)成为了微电网可以正常并离网切换的重要组成。本系统中利用 PCS 双向换流对蓄电池进行放电和充电操作,当前有很多文献对 PCS 的控制策略进行了理论研究,其可以实现并网点恒功率控制、无功功率调节、V/f 控制、并网电压异常响应、频率异常响应等功能^[9]。

2.1 微电网工作原理

微电网系统主要分为并网运行和离网运行两种模式,当处于离网运行时,PCS 对储能蓄电池进行放电,其放电功率的大小取决于负荷侧的实际需求,由于本系统中分布式发电容量较小,当脱离大电网独立运行时,不会出现多余电能上送的情况。当处于并网运行时,PCS 对储能蓄电池可以进行放电、充电、保持 3 种工作方式。当蓄电池长时间处于饱和状态时,PCS 需要对其进行定期维护,进行恒功率放电。当蓄电池电量较低时,PCS 需要对其进行恒功率充电。不属于以上两种情况时,则 PCS 处于待机状态。

PCS 在并网状态下对储能蓄电池进行放电时的逻辑原理如图 2 所示。可以发现双向储能换流器 PCS 的逻辑结构同光伏逆变器的逻辑结构类似。当储能蓄电池在并网状态下进行放电时,由 PCS 进行切换使其工作于定功率逆变状态下,蓄电池电压会不断下降,在跟踪相角的同时将三相输出电流经过 d_q 变换出 i_d 和 i_q ,进行差值计算后同样最终得到触发逆变器进行逆变的触发角,其与光伏逆变器的工作原理相类似,不再赘述。

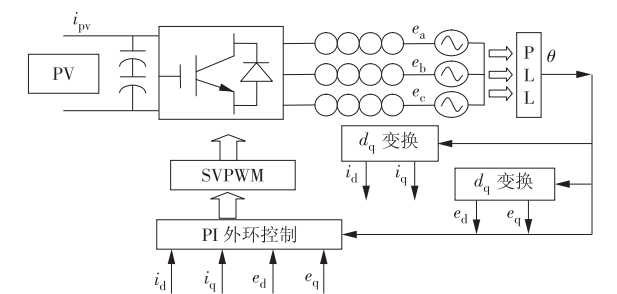


图 2 PCS 主电路拓扑及并网逆变运行时的控制原理

当 PCS 运行于并网整流时,也就是充电模式的时候,只需要将 I_q 的符号变换为负值即可。当 PCS 运行于离网逆变时,PCS 输出端的电压经由 d_q 变换分别得到 i_d 、 i_q 、 e_d 、 e_q ,其分量与原给定值进行差值比较后经过比例积分运放,其输出的 α 与 β 分量再经 SVPWM 模块输出脉冲,控制电力电子装置产生 380 V/50 Hz 的三相交流电压^[10-13]。

2.2 微电网控制方法

在进行离网转并网操作时,微网中央控制器首先会判断电网运行状态和高级应用压板状态,系统中首先以离转并使能作为离网转并网模式转换触发信号,切换模式如图 3 所示。

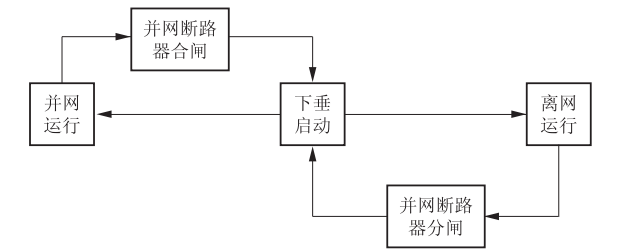


图 3 分布式电源及储能的控制方法

为了更平滑地使系统与大电网并网,微网中央控制器将参考当前分布式电源及储能系统的出力情况,合理调整 PCS 的运行状态,使系统处于下垂状态,同期控制器与大电网进行同期,当系统完成与大电网电压频率的同步后,并满足最低时间要求,并网断路器迅速合闸,完成离网转并网操作。并网转离网切换逻辑如图 4 所示。

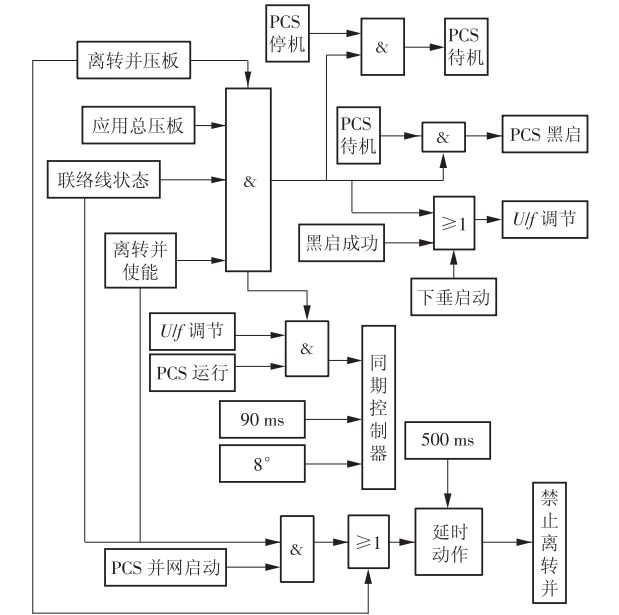


图 4 并网转离网切换逻辑

3 微网切换开关投资成本优化

常规新建微电网项目,负责连接微电网母线与大电网的微网切换开关在项目投资中占很大一部分比例,对于小型微电网系统改造,其主要是在原有配电系统硬件结构上进行改造。

电力电子式的静态微网切换开关具有成本高(见表 1)、体积大的缺点,本文为了节约建设成本,经过反复调研,国内某开关厂生产的塑壳断路器,其具有稳定的合闸时间,经过试验确定其并网同期的导前时间和导前角后,即可实现计划性无缝离转并

操作。对于市电突发性失电情况,微网中央控制器经过一定的逻辑判断,即可自行黑启动进行供电工

作。对于检修计划性停电,可以实现计划性无缝离转并网操作。

表 1 切换开关选型对比表

断路器种类	国内塑壳断路器(带电操)	国外塑壳断路器(带电操)	电力电子式切换开关
体积	与原有断路器大小相近,方便直接改造	体积较小,可以直接改造	体积较大,需要额外对柜体改造
价格(RMB)	2 500 左右	6 000 左右	50 000 左右
后期老化维护	更换成本低,制造技术成熟,便于维护	更换成本略高,制造技术成熟,便于维护	更换成本很高,技术更新换代快,不便维护

本系统采用带有电动操作机构的塑壳断路器,型号为 CM5 - 250,额定电流 250 A,其具有以下特点。

(1)体积适中。与原有断路器大小相近,方便直接改造;电力电子式静态断路器体积大,需要额外对柜体改造。

(2)价格经济。人民币 2 500 元左右,电力电子式静态断路器成本在人民币 50 000 元左右。

(3)后期维护方便。更换成本低,制造技术成熟,便于维护;电力电子式静态断路器更换成本很高,技术更新换代快,不便维护。

4 离网转并网切换

图 5 所示利用后台进行离转并网操作,切换前微网母线电压和市电电压平滑运行,在 200 ms 处进行切换,切换瞬间,市电电压略有下降,微网母线电压在双向储能换流器的控制下由 0.22 kV 升至市电电压 0.24 kV,切换后波形基本平稳,顺利完成离网转并网的切换控制。

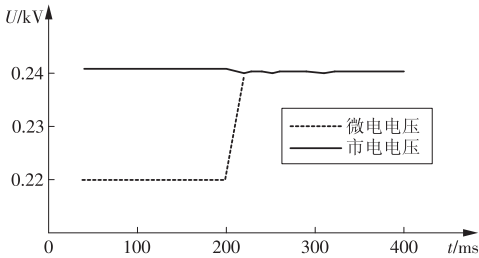


图 5 离网转并网切换监测波形

5 结论

本文分析了微电网技术特点,研究了微电网的控制方法,提出由离网系统平滑过渡到并网系统的实现方法,从改造成本和改造性能两方面对切换开关改造的经济性进行分析,采用快速塑壳断路器作为切换开关的改造设计方法,该方法适用于对原有配电系统进行改造且微电网容量较小的微电网系统,结果表明在微网控制器的配合下,可以合理与大电网进行同期,实现计划性无缝离转并网操作。

参考文献:

[1] 万玉建,蒋成杰,陆华军. 一种微电网并转孤模式切换时功率平衡计算方法[J]. 电气技术,2015,16(11): 40 - 43.

[2] 盛德刚,徐运兵,王晓丹,等. 孤岛运行模式下的低压微电网控制策略[J]. 电气技术,2018,19(1): 34 - 39.

[3] 叶吉亮,李岚,刘海霞,等. 电网电压不平衡及谐波状态下的并网逆变器控制策略[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(6): 113 - 119.

[4] 冯伟,孙凯,关雅娟,等. 基于分层控制的微电网并网谐波电流主动抑制控制策略[J]. 电工技术学报,2018,33(6): 1400 - 1409.

[5] 翟建伟,张勇军,刘斯亮,等. 基于 PQ - QV - PV 节点的光储输出功率主动控制方法[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(10): 1 - 9.

[6] 刘乾,路英伟. 计及感应电动机参数的微电网暂态电压稳定性分析[J]. 电气技术,2018,19(1): 24 - 28.

[7] 侯李祥,卓放,师洪涛,等. 基于系统稳定性分析的微电网阻抗测量技术[J]. 电工技术学报,2015,30(22): 153 - 162.

[8] 毕伟. 基于能量云管理平台的分布式储能系统技术应用研究[J]. 电气技术,2018,19(4): 67 - 71.

[9] 麦倩屏,陈鸣. 用于多微源低压微电网的虚拟阻抗反下垂控制[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(1): 96 - 102.

[10] 陈萌,肖湘宁. 基于分布式内模设计的微电网协调二次控制策略[J]. 电工技术学报,2017,32(10): 145 - 153.

[11] 易永辉,任志航,马红伟,等. 分布式电源高渗透率的微电网快速稳定控制技术研究[J]. 电力系统保护与控制,2016,44(20): 31 - 36.

[12] 周晓燕,刘天琪,沈浩东,等. 含多种分布式电源的微电网经济调度研究[J]. 电工电能新技术,2013,32(1): 5 - 8.

[13] 寇凌峰,李洋,吴鸣,等. 分布式微电网电压恢复协调控制策略[J]. 电工电能新技术,2018(5): 65 - 72.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

卞在平(1981—),男,海南海口人,工程师,从事 10 kV 及以下配网一、二次设计方面的工作(E-mail: 155230661@qq.com)。