

微机实现微电网运行方式无缝切换研究

李培宜, 欧阳逸风, 李燕, 孙攀
(南京国电南自自动化有限公司, 南京 211100)

摘 要:微电网工程目前我国处于示范性阶段, 针对微电网运行方式切换, 提出了一种微机装置实现切换的方法, 可实现微电网并网运行和离网运行的无缝切换, 减少切换过程中对电网的冲击。该方法经过实验室验证, 对实际工程有借鉴意义。

关键词:微机装置; 微电网; 运行方式切换

中图分类号: TM 73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674 - 1951 (2018) 09 - 0034 - 04

1 微电网运行概况

可再生能源的应用催生出微电网。微电网可变相抑制再生能源的间歇性, 将清洁能源接入大电网, 可提高清洁能源的利用率。我国微电网目前处于起步阶段, 工程多为示范性。本文针对微电网运行过程中运行方式的切换, 提出一种微机实现无缝切换的方法, 提高微电网运行时的电能质量。

典型微电网结构如图 1 所示, 包含储能变流器 (PCS)、电池、负荷、可再生能源 (光伏、风电等)。

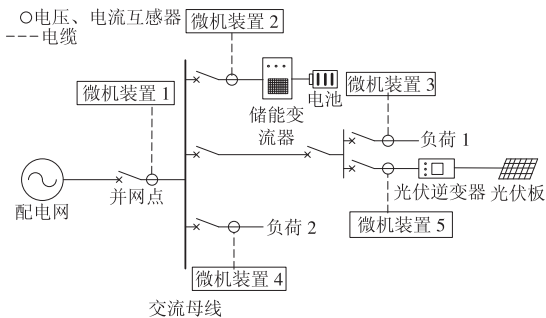


图 1 微电网结构示意图

微电网运行方式可分为并网运行方式、离网运行方式。并网运行指并网点开关闭合, 微电网和大电网电气连接, 微电网可和大电网交互电能。离网运行指并网点开关断开, 微电网自给自足。

微电网中储能变流器的控制模式可分为 PQ、V/f、下垂。工作在下垂模式下的储能变流器, 在并/离网切换过程中, 无需切换控制模式。在切换过程中, 只需保证功率平衡, 切换就可顺利完成, 本文不作讨论。

并网运行方式下, 储能变流器控制模式为 PQ, 大电网为主电源, 作为电压、频率的支撑。离网运行方式下, 储能变流器控制模式为 V/f, 储能变流器为

主电源。

微电网并网运行切换为离网运行时, 需断开并网点开关, 切换储能变流器控制模式为 V/f。离网运行切换为并网运行时, 需闭合并网点开关, 切换储能变流器控制模式为 PQ^[1]。

本文通过微机装置的控制, 实现并网点开关断开 (闭合)、储能变流器控制模式切换的时序配合, 达到微电网运行方式无缝切换。

图 1 中微机装置 1 采集并网点电压、电流、并网点开关位置等实时信息, 微机装置 2 ~ 4 采集微电网内电源、负荷的电压、电流、开关位置等信息, 并实时上送至微机装置 1。其中微机装置 2 与 PCS 通讯, 可实现对 PCS 输出功率的控制。

2 并网运行方式切换为离网运行方式

并网运行方式切换到离网运行方式, 可分为计划性 (人为)、非计划性 (大电网故障等因素)。

并网运行方式下, 储能控制模式为 PQ。计划性离网遵循如下步骤。

(1) 微机装置 1 根据联络线上实时功率和储能 PCS 输出实时功率, 下发命令调节储能 PCS 的输出功率, 使联络线上的交换功率为 0。

(2) 微机装置 1 分开并网点开关, 同时切换 PCS 的控制模式为 V/f。

上述过程中, 为实现无缝切换, 并网点开关断开瞬间, 需储能控制模式切换为 V/f 同时完成。如采用通信切换 PCS 控制模式, 由于通信延时的不确定性, 无法保证时序。PCS 控制模式切换为 V/f 通过微机装置 1 开出硬节点实现。断开并网点开关、切换储能控制模式时序如图 2 所示, 微机装置 1 下发分闸命令后, 间隔 Δt 时间, 下发切换 PCS 控制模式为 V/f 命令。

微电网并网运行方式下, 发生非计划性离网的

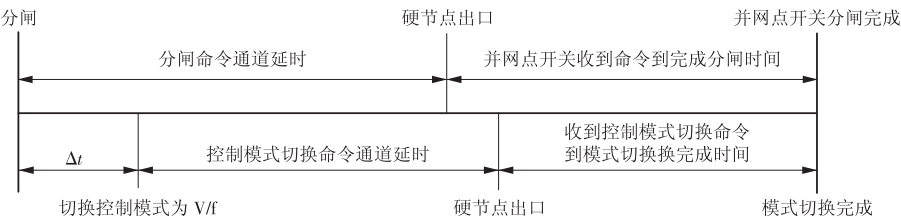


图 2 计划性离网时序

原因主要归为 3 类^[1]：外部电网故障；外部电网失电；外部电网电能质量不满足标准。

微机装置 1 通过电压、电流等判据识别上述情形，跳开并网点开关，切换为离网运行方式。发生非计划性离网前，联络线上的功率不为 0，离网运行方式下，功率不平衡，可能会存在稳定问题。故非计划性离网前，联络线向外部电网输送功率，跳开并网点开关的同时可切除相应的可再生能源。非计划性离网前，联络线从外部电网吸收功率，可根据负荷重要性切除相应的负荷。

微机装置 1 下发分并网点开关、切换控制模式为 V/f 命令的时序同计划性离网。

3 离网运行方式切换为并网运行方式

当外部电网正常时，微电网需由离网运行方式切换为并网运行方式，遵循以下步骤。

(1) 调节微电网离网主电源，使微电网母线频率为 50 Hz，电压同大电网电压。

(2) 微机装置 1 同期合并网点开关。

合并网点开关、切换储能控制模式时序如图 3 所示，微机装置 1 下发合闸命令后，间隔 Δt 时间，下发切换 PCS 控制模式为 PQ 命令。

4 实验室验证

实验室并网点开关采用静态开关，10 ms 可实现三相的分断，2.5 ms 可实现三相闭合。蓄电池为铅碳电池，能量为 30 kW · h。运行方式切换过程中，记录并网点电压、电流波形。观看是否达到无缝切换的目的。

根据时序配合关系，实验室验证微电网运行方式切换过程中，并网点开关断开（闭合）分别超前、同时、滞后 PCS 控制模式切换完成，观察微电网运

行方式切换是否成功。

4.1 计划性离网

(1) 并网点开关断开和储能控制模式切换同时完成。电压波形如图 4 所示，微电网由并网运行切换至离网运行成功，微电网稳定运行。观察切换过程中的三相电压波形，可发现切换过程中电压发生畸变，过渡过程约为 20 ms。

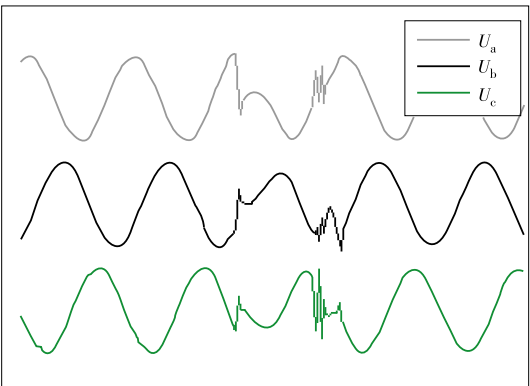


图 4 计划性离网电压波形(并网点断开和控制模式切换同时)

(2) 并网点开关断开滞后储能控制模式切换 15 ms。电压波形如图 5 所示，微电网由并网运行切换至离网运行失败。微电网切换为离网运行后，PCS 故障退出运行。分析切换过程中存在大电网和 PCS 同时为主电源的时刻，PCS 保护动作，PCS 退出运行。

(3) 并网点开关断开超前储能控制模式切换 100 ms。电压波形如图 6 所示，微电网由并网运行切换至离网运行失败。微电网切换为离网运行后，PCS 故障退出运行。观察电压，发现开关断开后，三相电压频率不稳，PCS 保护动作，PCS 退出运行。

4.2 非计划性离网

实验室模拟外部失电，进行非计划性离网。

(1) 并网点开关断开和储能控制模式切换同时

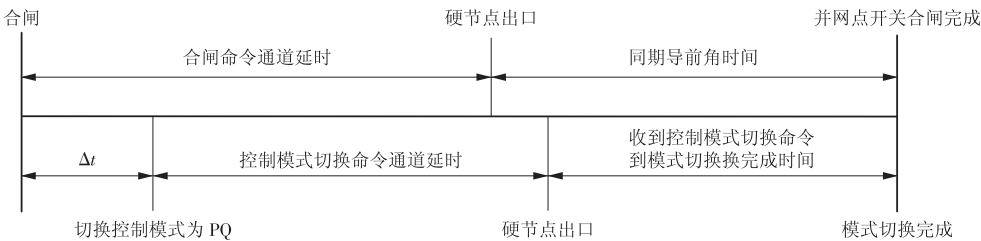


图 3 计划性并网时序

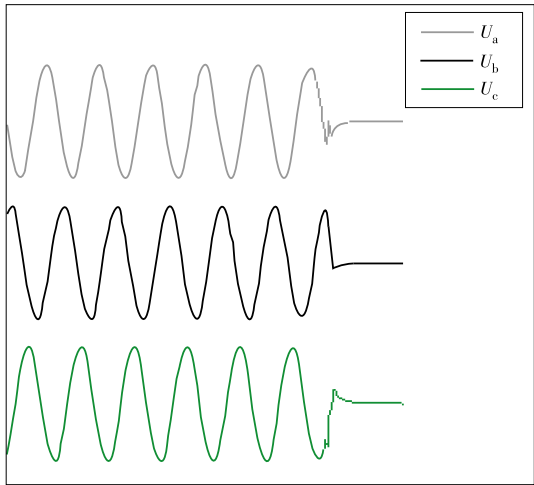


图 5 计划性离网电压波形(并网点断开
滞后控制模式切换)

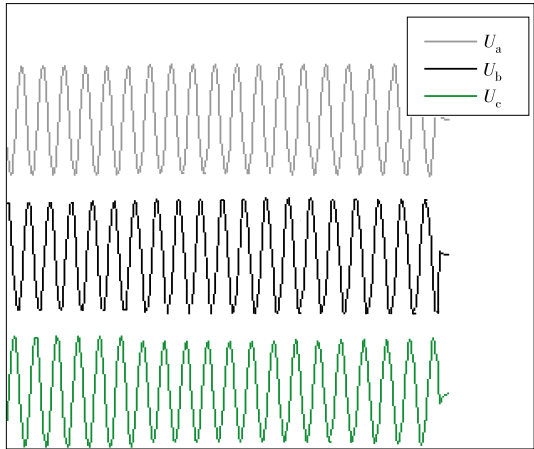


图 6 计划性离网电压波形(并网点断开
超前控制模式切换)

完成。电压波形如图 7 所示,微电网由并网运行切换至离网运行成功,微电网稳定运行。观察切换过程中的三相电压波形,可发现切换过程中电压发生畸变,过渡过程约为 20 ms。

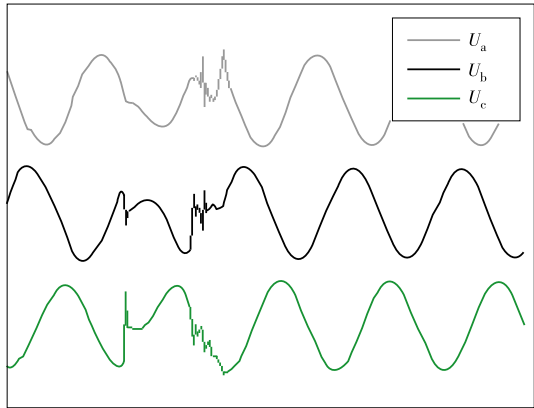


图 7 非计划性离网电压波形(并网点断开和
控制模式切换同时)

(2)并网点开关断开滞后储能控制模式切换完成 15 ms。电压波形如图 8 所示,微电网由并网运

行切换至离网运行成功,微电网稳定运行。在同样时序下,计划性离网运行方式切换失败。分析后,发现由于外部失电,不存在大电网和 PCS 同时为主电源的时刻。

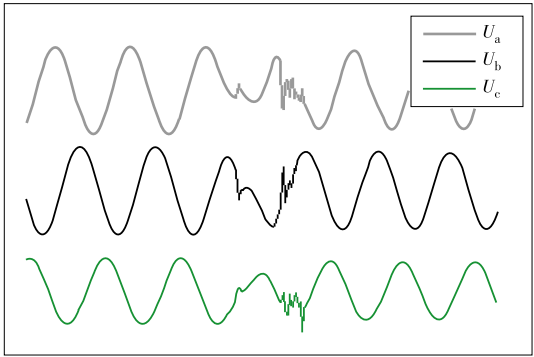


图 8 非计划性离网电压波形(并网点断开
滞后控制模式切换)

(3)并网点开关断开超前储能控制模式切换完成 100 ms。电压波形如图 9 所示,微电网由并网运行切换至离网运行失败。微电网切换为离网运行后,PCS 故障退出运行。观察波形,并网点开关断开后,电压频率不稳,PCS 保护动作,PCS 退出运行。

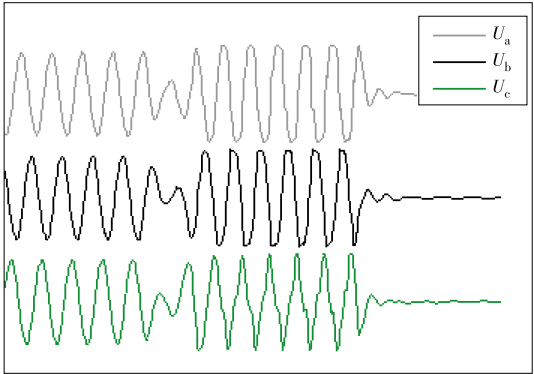


图 9 非计划性离网电压波形(并网点
断开超前控制模式切换)

4.3 计划性并网

(1)并网点开关闭合和储能控制模式切换同时完成。电压波形如图 10 所示,微电网由离网运行切换至并网运行成功,微电网稳定运行。切换过程中的电压波形连续正常。

(2)并网点开关闭合滞后储能控制模式切换 15 ms。电压波形如图 11 所示,微电网由离网运行切换至并网运行成功,微电网稳定运行。切换过程中的电压波形有短暂的畸变。

(3)并网点开关闭合超前储能控制模式切换 100 ms。微电网由离网运行切换至并网运行失败。在并网运行方式下,PCS 故障退出。记录的微电网母线电压波形正常,分析发现,存在大电网和 PCS 同时为电源的时刻,PCS 保护动作,PCS 退出运行。

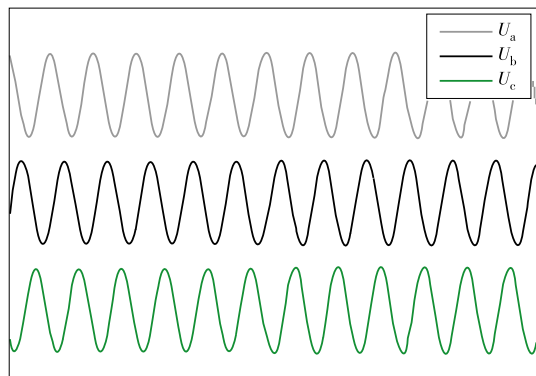


图 10 计划性并网电压波形(并网点
闭合和控制模式切换同时)

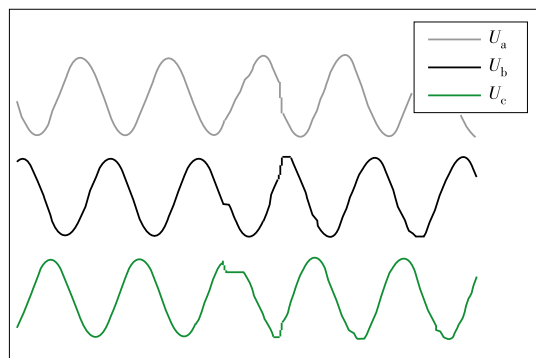


图 11 计划性并网电压波形(并网点
闭合滞后控制模式切换)

5 结束语

经实验室验证,通过时序配合达到并网点开关断开(闭合)、储能变流器控制模式切换同时刻完

(上接第 33 页)所改进。

3.2 制定防范标准

火电厂和烟气治理设施的基建队伍和检修维护队伍,要在国家行业管理部门出台安全规范导则和防范标准前,自主制定企业的专项安全导则和防范标准,高度重视烟气治理设施消防问题的研究和防范。有关单位要从人员的培训、消防硬件设施的投入、规范的管理机制、系统工艺的安全控制等方面,采取系统管控的措施。特别是人员的培训至关重要,从见诸报章的事故案例看,主要问题还是发生在作业人员没有烟气治理设施消防问题的清晰概念,管理人员没有烟气治理设施消防问题的安全警觉,事故单位没有系统的安全防范标准和管理导则等。

4 结束语

一次次血的教训,少则几百万、多则几千万的经济损失,对本就处于经营寒冬期的火电企业更加雪上加霜。目前国内的火电厂烟气治理设施存量非常庞大,在建增量也日益增长,火电厂烟气治理设施消

成,可实现微电网运行方式的无缝切换。并网点开关断开(闭合)超前、滞后储能变流器控制模式切换,都可能造成储能变流器故障退出运行,导致微电网运行方式切换失败。

微机综合保护测控装置已在我国电力系统中大规模应用。微电网的保护、测控功能的实现目前示范性工程也大都如此。利用微机实现微电网运行方式的无缝切换,在未增加成本的基础上,可以达到毫秒级的时序控制,有利于提高微电网电能质量和稳定运行水平。

参考文献:

- [1]王成山,徐洪华.微电网技术及应用[M].北京:科学出版社,2016.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

李培宜(1987—),男,江苏仪征人,工程师,从事微电网保护与控制方面的工作(E-mail: peiyi - li@ sac - china. com)。

欧阳逸风(1989—),男,湖南攸县人,工程师,从事电力系统分析与控制方面的工作(E-mail:yifeng-ouyang@sac-china.com)。

李燕(1984—),男,安徽六安人,工程师,从事微电网保护与控制方面的工作(E-mail:yan-li@sac-china.com)。

孙攀(1985—),男,江苏南京人,工程师,从事微电网保护与控制方面的工作(E-mail:pan-sun@sac-china.com)。

防问题必须要得到尽快的系统防范和管控,希望所有从业者要高度重视这个问题。

参考文献:

- [1]李雪峰. 超临界锅炉尾部烟道再燃烧原因分析及预防措施[J]. 吉林电力, 2017, 45(2): 55-56.
- [2]张学军, 田松峰. 湿式电除尘器运行存在问题分析及解决策略[J]. 神华科技, 2016, 14(6): 93-96.
- [3]吴样, 吴凡. 玻璃鳞片衬里防腐材料在火电厂中的应用[J]. 清洗世界, 2007, 23(6): 29-33.
- [4]屠振文. 玻璃鳞片涂料与玻璃鳞片定性定量分析[J]. 上海涂料, 2011, 49(1): 35-37.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

杜文华(1967—),男,山西平定人,高级工程师,工学硕士,从事火力发电厂生产技术管理方面的工作(E-mail: dwhvq@163.com)。

王伟(1983—),男,山东临朐人,工程师,工学学士,从事火力发电厂环保设施技术管理方面工作(E-mail: xueyin1984@163.com)。