

微网控制策略研究综述

江苏科技大学 李雅倩

【摘要】由于分布式电源各具特色，储能、负荷装置也不尽相同，为使分布式电源在并网以及脱离主网时实现无缝切换，通常需采用不同的控制策略。本文主要阐述了国内外微网控制策略的研究现状，分析了各种微网控制方法的优点及局限性，探讨了微网控制的研究方向，给出了微网控制策略的一些建议。

【关键词】微网；分布式电源；控制

1. 引言

传统的庞大电力系统在适应负荷变化的灵活性与供电安全性方面存在很多弊端。加之常规能源的逐渐衰竭以及环境污染的日益加重等因素使得全球的目光转向以新能源为主能源的分布式发电(Distributed Generation, 简称DG)技术。

2. 微网的概念

微网是指由多个分布式电源(Distributed Resource, 简称DR)、储能系统、重要负荷和保护装置汇集而成的配电系统^[1]。分布式电源包括光伏电池、风力发电机、燃料电池、燃气轮机、生物质能发电机等。储能系统分为机械储能、电磁储能和电化学储能。各种储能技术因不同的电能转换方式和存储形态，在储能容量、功率规模、功率和能量密度、循环寿命、单位容量和单位功率造价、响应时间以及综合效率等方面有着明显区别。

微网是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统，既可以与大电网并网运行，也可以孤立运行。在联网模式下，负荷既可以从电网或微网获得或输送电能(根据接入电网的准则)。当电网的电能质量不满足用户要求或电网发生故障时，微网与主电网断开，运行于孤岛模式。在孤岛模式，微网必须满足自身供需能量平衡。微网技术克服了DR单独接入主网时对配电网造成的不利影响，其在可靠性、经济性和灵活性方面具有显著优势。

3. 微网控制

3.1 单个分布式电源控制方法

常见的分布式电源接口逆变器控制方法分为恒功率(PQ)控制、下垂控制和恒压恒频(V/f)控制^[1-3]。

(1) 恒功率控制

如图1.1所示，分布式电源接口逆变器采用PQ控制，其控制目的是使分布式电源输出的有功和无功功率等于其参考功率。该控制方法需要系统中有维持电压和频率的分布式电源或电网。

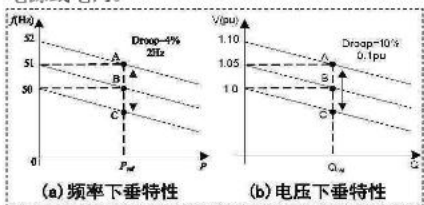


图1.1 PQ控制的原理



图1.2 Droop控制的原理

(2) 下垂控制

下垂控制原理如图1.2所示，它利用分布式电源输出有功功率和频率，无功功率和电

压幅值均成线性关系而进行控制。对等控制策略中的分布式电源接口逆变器的控制。

(3) 恒压恒频控制

原理如图1.3所示，不管分布式电源输出功率如何变化，其输出电压的幅值和频率一直维持不变。此方法一般用在主从控制策略中。

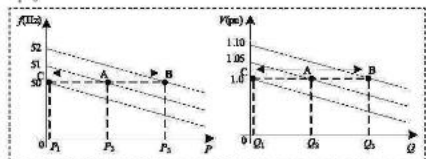


图1.3 V/f控制的原理

3.2 多个分布式电源控制方法

(1) 主从控制策略

主从控制模式是指在微网处于孤岛运行模式时，其中一个DG或储能装置采取V/f控制，用于向微网中的其它DG提供电压和频率参考，而其它DG则可采用PQ控制。

当微网在联网模式运行时，电网可以稳定系统的频率，微网不需要进行频率调节；而孤岛模式运行时，主从控制系统中的主控制单元需要维持系统的频率和电压。在联网运行时微网中所有分布式电源采用PQ控制，即微网不参与系统频率调节，只输出指定的有功和无功功率；在孤岛运行时主单元采用V/f控制维持系统的电压和频率恒定^[12-14]。

常见的主控制单元选择包括下述几种：

1) 储能装置作为主控制单元。这类典型示范工程包括荷兰Continuon微网^[3]、希腊NTUA微网^[4]等。

2) 分布式电源为主控制单元。这类典型示范工程包括葡萄牙EDP微网^[5]等。

3) 分布式电源加储能装置为主控制单元。这类典型示范工程包括德国MVV微网^[6]等。

(2) 对等控制模式

对等控制模式中的微网中所有的DG在控制上都具有同等的地位，每个DG都根据接入系统点电压和频率的就地信息进行控制。同时这种控制方法能让微网具有“即插即用”的功能。采用对等控制策略，要求分布式电源采用本地变量进行控制，不同分布式电源之间没有通信联系^[7-9]。

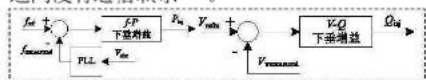


图1.4 f-P和V-Q下垂控制

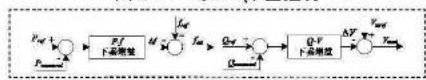


图1.5 P-f和Q-V下垂控制

两种基于下垂特性的典型控制方法在对等控制策略的分布式电源控制中被广泛应用^[10-12]。采用Droop控制可以实现负载功率变化在DG间的自动分配，但负载变化前后系统的稳态电压和频率也会有所变化。一种是f-P和V-Q下垂控制方法，它利用测量系统的频率和分布式电源输出电压幅值产生有功和无功功率。另一种方法是利用测量分布式电源输

出的有功和无功功率产生电压频率和幅值，称作P-f和Q-V下垂控制法，如图1.4和1.5所示。

TimGreen在他的微网控制系统中提出了一种分布式电源接口逆变器的三环反馈控制方法^[17]。内环控制器提高了电能质量、增加滤波器谐振阻尼的同时限制故障电流。尤其指出了采用滤波电感电流作为控制变量能限制逆变器输出的最大电流，为保护逆变器提供了依据。但是采用这种控制方法，分布式电源接入主网时电流变化会影响其端口输出电压的变化，因此电压受负荷扰动影响较大。

(3) 分层控制模式

文献[2]就提出配网调度中心、微网、分布式电源三者的分层协调控制策略的基础上，应用多代理理论，建立了一个由全系统控制协调代理(CAG)、微网控制代理(MGAG)、分布式电源代理(DRAG)以及母线代理(BAG)组成的多代理系统，在保证配电网辐射状运行、满足配电网电压与电流及馈线容量等约束条件的情况下进行供电恢复。

3.3 其他控制方法

文献[18]用粒子群优化(PSO)方法解决继电器协调的问题，制定一个混合整数非线性规划(MINLP)方法。并提出了利用方向性过流继电器保护分散型分布式电源组成的微网。

文献[19]提出了一种阻抗为电阻线的低电压分布式电源控制策略。在电压骤降情况下提出了逆变器接口的虚拟电感输出控制方法，以及当地负载效率功率控制算法。

文献[20]分析采用闭环控制的逆变器输出阻抗受线路参数和控制器参数影响的基础上，进行内环电压电流控制器的设计，电压控制器采用PI控制器稳定负荷电压，采用比例环节的电流控制器提高系统响应速度，并且设计控制器参数使输出阻抗为感性阻抗。在此基础上利用下垂特性设计外环功率控制器，实现微网内多逆变器间的无线通信控制。

文献[21]分析了微网中：(1)可能发生的开关事件；(2)导致分布式电源形成孤岛模式的故障事件。DR包括一个传统的旋转同步机和电力电子转换器接口。后者的单元接口转换器配有独立有功和无功功率控制，以减少孤岛瞬变，保持微网相角稳定和电压质量。

文献[22]提出了分布式电源的主动式孤岛检测方法。该方法是基于横轴(d轴)或纵轴(q轴)电压、电流转换器注入干扰信号然后进行检测。

文献[23]提出了采用根轨迹法和频域法分析传统控制技术来设计控制器的方法。

4. 微网控制策略的研究方向

微网技术作为电力系统的前沿领域，必将发挥其更大的作用。微网控制是其中最关键的技术，它必将融合传统控制理论、智能控制(包括模糊控制、神经网络、小波分析、专家系统等)技术，建立微网系统最优控制的模型。

微网系统具有单个DR的(下转第191页)

2. 利用批处理技术将名为身份证号的照片更名为“姓名+电子注册号”的步骤如下:

第一步: 创建文件夹“电子照片批量更名”, 并放入文件夹“网站图像更新电子照片N张”和EXCEL表“网站图像信息更新表.xls”, 如图5所示。



图5



图6

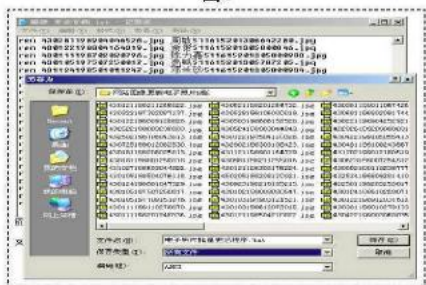


图7

第二步: 在“网站图像信息更新表.xls”电子表格中创建“批量改名指令”列, 并在单元格J4中输入公式“=ren “&C4&”.jpg “&B4&F4&”.jpg”, 拖拽J4右下角复制单元格公式即得J4列数据, 如图8所示。

第三步: 将“批量改名指令”列自J4起

复制粘贴到新创建的TXT文本文件中, 并另存为“电子照片批量更名程序.bat”至路径“网站图像更新电子照片N张”文件夹中, 如图7所示。

第四步: 在“网站图像更新电子照片N张”文件夹中双击“电子照片批量更名程序.bat”, 即完成电子照片的批量更名, 如图8所示。



图8

五、结束语

开放教育隶属成人教育, 学生大部分都是工作的成年人, 空闲时间不多, 也很难组织学生在学校集中办理某些行政手续,

这就要求我们学籍管理人员要尽可能的利用简约快捷高效且低风险的最佳方法来完成各项服务学生的工作。上文中仅为信息技术在学籍管理中很小的一个环节但又是关乎学生切身利益的一个环节的应用小技巧。它不仅能提高办证工作的效率, 更加能够提高学生服务工作的质量。将传统方法需要几个工作日上百学生参与才能完成的事情, 优化到只需要几个小时一个人就能很好的完成, 这让笔者深刻的感受到了计算机信息处理技术的奥妙无穷, 也将继续在管理实践中去探索更多行之有效的好方法。

参考文献

- [1] 赵勇军, 郑慧. 利用Excel实现照片关联重命名的方法[J]. 办公自动化, 2010, 2.
- [2] 马强. 在VFP6中处理照片数据的技巧[J]. 电脑学习, 2003, 3.
- [3] 董彩虹. 电子表格在学籍管理中的应用[J]. 胜利油田职工大学学报, 2005, 19(3).
- [4] 刘细田. 试论电大开放教育模式下的学籍管理创新[J]. 宁德师专学报, 2009, 1.
- [5] 周爱民, 倪慧, 黄阳. 巧用Excel管理学生学籍信息[J]. 现代计算机, 2012, 08(下).
- [6] 李铁华, 张焕生. 浅谈现代远程教育学籍管理[J]. 河北广播电视大学学报, 2007, 6.
- [7] 田红梅. 论现代远程教育学籍管理的特点及战略意义[J]. 厦门电大报, 2008, 6.
- [8] 赵勇军. 利用EXCEL实现照片关联重命名的方法[J]. 办公自动化杂志, 2010, 2.
- [9] 廖咏珠. 电大开放教育学籍管理科学化之管见[J]. 福建广播电视大学学报, 2011, 3.
- [10] 赵晓琴. 巧用批处理批量修改照片名称[J]. 电脑爱好者: 生活百事通: 回音壁, 2011, 5.

作者简介: 杜颖 (1981—), 男, 湖南长沙人, 在读研究生, 助教, 主要从事计算机教学和教务管理。

(上接第189页)即插即用的优点, 因此灵活性高、可靠性高、适用于许多野外作业场合, 包括军事国防工程。

DR包括多种新能源的应用, 不同电源的原电动机部分对微网的影响还需进一步的研究, 而传统的配电网系统的继电保护策略都需改进。

5. 结语

随着不可再生能源日渐减少, 新能源得到广泛应用, DG将不断发展。微网在中国的发展尚在起步阶段, 还处于理论研究水平, 建立真正的微网还需进一步研究和实践。对于不同的DR采用不同的控制策略, 比如对于如光伏、风力发电会受到外部环境的影响, 可采用模糊控制方法, 而像微型燃气轮机 etc 不受环境限制的电源较易控制, 可采用V_f控制。这些控制策略都有待进一步的研究。

参考文献

- [1] 王成山, 肖朝霞, 王守相. 微网综合控制与分析[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(7): 98-103.
- [2] 王守相, 李逸静, 肖朝霞等. 含分布式电源的配电网供电恢复的多代理方法[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(10): 61-65.
- [3] S.C. Bronsbergen. The first Micro-grid in the Netherlands[C]. 2008, 6.
- [4] D. Georgakis, S. Papathanassiou, N. Hatzigiorgiou. Operation of a prototype Microgrid system based on microsources[C]. Power Electronics Specialists Conference, 2004: 2521-2526.
- [5] N. Hatzigiorgiou. Overview of Microgrid R&D in

- Europe[C]. Nagoya 2007 Symposium on Microgrids, 2007, 4.
- [6] B. Buchholz. Dispover. Pilot Installation for Distributed Generation[C]. 2004, 4.
- [7] 赵宏伟, 吴涛涛. 基于分布式电源的微网技术[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20(1): 121-128.
- [8] 陶晓峰. 分布式互补能源微网系统的控制策略研究[D]. 合肥工业大学硕士学位论文, 2010, 4.
- [9] 张洋, 李强等. 光伏一路能联合微网系统工程方案设计[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(23): 212-214.
- [10] 纪明伟, 陈杰, 梁庆磊. 基于电流分解的微网功率控制策略研究[J]. 安徽建筑工业学报, 2009, 17(5): 110-113.
- [11] 董鹏. 微网的控制与保护策略研究[D]. 华北电力大学硕士学位论文, 2009.
- [12] 朱丹. 微网系统逆变器电源的建模与实现方法研究[D]. 合肥工业大学硕士学位论文, 2010, 4.
- [13] C. Whitaker, J. Newmiller, M. Ropp, B. Norris. Renewable Systems Interconnection Study. Solar Energy Technologies Program, 2008.
- [14] G. Quinonez-Varela, A. Cruden. Development of a Small-Scale Generator Set Model for Local Network Voltage and Frequency Stability Analysis[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2007, 22(2): 368-375.
- [15] A.S. Siddiqui, R.M. Firestone, S.G. Ghosh, et al. Distributed Energy Resources Customer Adoption Modeling with Combined Heat and Power Application. Prepared for the California Energy Commission, 2003.
- [16] M. Krok. MicroGrid Design, Development and Demonstration. FY06 Annual Program and Peer Review Meeting, 2008.
- [17] M. Prodanovic, T.C. Green. High-quality power generation through distributed control of a power park

- Micro Grid[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2006, 53(5): 1471-1482.
- [18] H.H. Zeineldin, E.F. El-Saadany, M.M.A. Salama. Protective relay coordination for micro-grid operation using particle swarm optimization. Large Engineering Systems Conference on Power Engineering Conference Proceedings, 2007: 152-157.
- [19] Li Yun Wei, Kao Ching-Nan. An accurate power control strategy for power-electronics-interfaced distributed generation units operating in a low-voltage multibus microgrid. IEEE Transactions on Power Electronics, 2009, 24(12): 2977-2988.
- [20] 王成山, 肖朝霞, 王守相. 微网中分布式电源逆变器的多环反馈控制策略[J]. 电工技术学报, 2009, 24(2): 100-107.
- [21] F. Katiraei, M.R. Iravani, P.W. Lehn. Micro-grid autonomous operation during and subsequent to islanding process. IEEE Transactions on Power Delivery, 2005, 20(1): 248-257.
- [22] Hernandez-Gonzalez, Guillermo, Iravani, Reza. Current injection for active islanding detection of electronically-interfaced distributed resources. IEEE Transactions on Power Delivery, 2006, 21(3): 1698-1705.
- [23] N.L. Sultani, N.D. Hatzigiorgiou. Control issues of inverters in the formation of LV micro-grids. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2007.

作者简介: 李雅倩 (1994—), 女, 江苏镇江人, 大学本科, 现就读于江苏科技大学, 主要从事电气控制、系统仿真等方面的研究。