

光伏产业结合微电网 解决消纳难题



大家好，很多专家对光伏和微电网在宏观方面做了很多的解释，我主要就光伏微电网以及能源互联网对于我们清华这边课题组做的一些研究向大家汇报一下。

光伏发电现在近几年的发展来看都是属于一个快速持续的发展过程，在全球的范围来看，2015年的时候装机容量能够达到200GW的装机容量，我国2015年预计能够35000千瓦的容量，我国占到全球的18%左右。光伏电网系统，随着光伏并网系统的容量越来越大，对电力系统的很多方面都有影响一是功角稳定，有功频率特性，电压稳定、电能质量小扰动稳定等等。

加入电力系统以后，对这个潮流会发生改变，所以系统的功角稳定也会发生变化。对于我们来讲，如果我们按照很详细的光伏单元，来进行建模，研究对电力系统的影响也是可行的，但是因为大型光伏电站有数量众多的电器等等，所以我们有必要建大设型光伏电站的模型，主要进行了两部分的研究内容，第一部分是静态特性建模，第二部分是光伏电站动态特性建模。

在静态特性模型方面主要是考虑在局部阴影下面，光伏阵列的输出特性，这个主要是从两方面进行研究的，第一是考虑如果我们光伏阵列受到一个静态局部阴影影响，输出特性是什么样子的？考虑这个云层或者是建筑物的遮挡，这个阴影属于动态的话，这个光伏阵列输出特性又会变成什么样子的。这个大型光伏电站的动态模型，主要是从三个方面来进行研究，第一是单元式的光伏系统的等值模型研究，第三是逆变器聚类等值，第三是在前两个基础上，进行整个光伏电站的在线分群方法。在不含低电压穿越的光伏电站的基础上，我们做一部分含低电压穿越的光伏电站模型。

对于光伏电站的静态特性模型，在光照非均匀的情况下，伏安特性成阶梯状，P-U特性属于多峰值，随着光照的复杂程度，越复杂峰值的数目会增加，在第二个部分内容动态局部阴影下光伏阵列输出特性研究方面，分两步，第一部分是动态阴影数学描述下面研究光伏阵列的P-U特性的规律，在得出P-U特性规律的基础上，第二步进行光伏阵列输入输出模型的参数，最终得到光伏阵列的输出输入模型。

我们从电网的角度来看，可能对于比较关心的在PCC处有一个外特性，我们进行建模的目标需要拟合公共联合处的动态特性，我们核心建模的思想就是根据光伏机组有相近程度来分群，关键问题就是如何选取分群指标，选去分群指标的时候满足两个条件，第一是准确反映动态特性，第二是在线计算量小。通过研究发现逆变器的动态特性很大程度上决定了光伏机组的动态特性，逆变器的控制方式和控制参数决定了逆变器的动态特性。我们建模的思路就是以逆变器的控制参数作为特征距离作为分群的指标进行在线的分群等值建模。

这个是我们进行在线分群等值建模的步骤，第一是首先根据典型工况计算出一个参数灵敏度的数据库，第二步就是根据光伏机组出力在线匹配离群灵敏度的数据库，得到逆变器的特征距离，经过设置合适的指标阈值，在线进行一个分群的等值建模，得到这个分群的群数以后，我们进行一个对于等值参数的计算，最后通过允许的误差以及其他的条件进行一个在线模型的校核。不含低电压穿越的分群等值建模的基础上，我们想进行下一步的研究，思想是一致的，但是在故障穿越的时候所加的故障穿越模型起主要作用可需要根据电压的跌落程度分类讨论，而且考虑控制方式的多样性等等。

这个是不考虑低压穿越时候所做的一个项目当中的必要性和有效性的验证，任何一个工矿出力均匀、出力不均匀、出力分布不均匀负载改变的情况下，都是非常有效的等值方式。

下面我对微电网做一些介绍，刚才吴博士已经介绍的很详细了，我就我们做的一些研究给大家做一个汇报。微电网在很多方面都很有效果，比如说在提高电网对分布式新能源的接纳能力，解决电网抗灾能力以及解决偏远地方的供电能力都有效果，对于微电网的定义，每个国家都有不同的侧重点，对于我国来讲，微电网的定义主要是分布式电源、储能和负荷构成的可控功能系统可平滑接入主网和独立自治运行是发挥分布式电源能效的有效方式之一。

微电网的主要特征一是以分布式发电技术为基础，融合储能、控制和保护装置的一体化电源。二是靠近用户终端负荷。三是接入电压等级是配电网电压等级。四是能够工作在并网或孤岛两种模式。

微电网的研究内容一是分布式电源运行特性、模型构建研究；二是微网的规划设计研究；三是微网多分布式电源协调运行研究；四是微网分层协调控制策略研究；五是微网多元负荷储能技术研究；六是微网的电能质量控制与治理的研究；七是微网经济运行理论与能量管理研究。

下面我着重介绍一下前期所做的微网三层协调控制策略研究的成果。这是我们所做的微电网分层协调控制的架构模型，主要分层三层一个是本地的控制层，也是最底层的控制层，主要是负责负荷实时运行于控制，响应速度快，调节周期非常短。第二个层次是微网运行层，负责电压、频率及联络线功率的无差控制，较本地控制层调节周期长，该层还包括负荷控制和孤岛检测。最高层控制是分析决策层，负责微电网优化运行，调节周期是最长的一个。

从前面微电网分层协调控制架构上面可以实施的具体的控制内容主要有下面几大内容。第一是最底层的本地控制层，包括微电源控制、负荷控制、并网开关控制以及信息交互。微网运行层是运行模式控制、二次控制还有信息交互，最高层次的决策层所能实现的功能主要是机组组合、发电计划机交换计划、能量管理、信息交互，这个信息交互和下面的一层所包含的信息交互。在该种控制方案下，微网由并网切换到孤岛运行模式的过程中能够满足电压、频率的要求，并且在计划孤岛时可以实现电压及频率的平滑切换。

下面我们对优化调度方面所做的案例，在能量管理方面，如果有不同的优化目标将会产生不同的运行方式，特别是各种分布式电源的出力将会发生一些改变。目前对于交流微电网的研究比较夺得，但是近几年来对于直流微电网的研究也是在逐步升温过程当中，直流微电网的研究可能要归结于三个原因：第一个就是我直流微电网可以在接入分布式电源的时候有一个省略了交流微电网逆变的过程，这个对于节约投资是非常有效的；第二就是直流的家用电器的比例越来越高，对于直流微电网，对于用户的节能也是一个很有效的方式；第三就是直流微电网线路投资以及线路的使用效率来讲，转化效率是非常高的。

因此我们这个直流微电网的特点可以归结为以下几个，第一就是直流微电网更有利与分布式电源接入，二直流配电网能更有效的利用分布式电源，三是直流配电网对直流负荷供电更方便。未有更大的供电容量，直流配电网有更好的电能传输效率，直流配电网有更好的经济型。直流配电网能保证高可靠性，直流配电网能保证高品质供电，也符合人们对绿色环保的要求。

在直流微电网的研究过程当中可能存在着以下几个方面的关键技术，第一就是网络结构的设计与优化，第二是直流微电网的电压等级的选择以及优化，第三是电能的变换以及控制，第四是系统的保护可靠设备等等。

我们目前对于直流微电网的研究有四个方面的研究，第一就是直流微电网构建的分析，在优化调度方面主要进行第一个要实现的目标就是网络损耗率达到最低，第二是可再生资源的利用率达到最高，它所需要的约束包括功率平衡，线路容量的约束，以及爬坡率的约束其他要求的数据是负荷预测可再生资源预测等等，最后就是得到一个微电网组件调度方案。在直流微电网分层控制方面，我们也是像交流微电网一样提出三条控制策略，最后在前面所架构的直流微电网的基础上，对于系统小干扰的稳定，以及大扰动动态分析进行了动态仿真，作为稳定性校验的研究。

对于微电网来讲，从几个方面来说他的发展方向，第一就是包容性。对内来讲必须要有效的接纳分布式电源，对外

要与大电网兼容并提供辅助增值服务在技术上要包容发配用多方面先进电力技术。第二方面就是灵活性，主要包括微电网的可控性，需要灵活调度，以及作为大电网的备用电源。第二就是运行模式切换灵活，对于并网或者孤岛运行的时候能够很平滑的切换，三是实现偏远地区的供电，也是属于微电网发展目标之一。第三方面就是定制性，通过对负荷分级，提供分级供电，然后针对于不同用户提供所需的可靠性水平和电能质量。第四方面经济性，我对于微电网所涉及到的利益体，比如说内部用户的利益必须要保证，还有是微电网发电上的保证，还得保证整个电网的经济利益。第五方面自治性要强调微电网稳态、暂态功率平衡和电压频率的稳定，第二是故障前兆及时预警，降低故障概率，对以发生故障自动采取措施进行控制和纠正。以上就是对于微电网的简单介绍。

第三部分是对于能源互联网的介绍。里夫金提出的概念是以可再生分布式能源和互联网为核心，实现分布式能源发电和电动汽车的广泛接入和人人参与的公平交易。从技术层面来讲，更易于理解的是下面能源互联网的概念，综合运用先进的电力电子技术，信息技术和智能管理技术将大量由分布式能量采集装置，分布式能量储存装置和各种类型负载构成的新型电力网络节点互联起来，及实现能量双向流动的能量对等交换与共享网络。

我觉得对于能源互联网的众多参与者来讲，比如说对于政府来讲，他作为一个新型的能源体系，能够更好的兼容原有的供应链系统，而且还能够实现可再生装置能源的接入，满足不同用户的不同需求，对于能源互联网的运营者来讲是一个很开放的交易平台，对于能源互联网的用户来讲，可以满足自己不同的用人需求。

因此能源互联网主要有五大特征，第一就是可再生，第二是分布式，第三是互联性，还有开放型以及智能化。在技术方面主要有下面四个方面的技术特征，第一就是可再生能源的高渗透率，第二是因为加入了很多分布式发电以及需求响应等等元素的大量加入，对于能源互联网来讲就是非常大的非线性的系统，就会具有非线性随机特性。第三是多源大数据特性，这个也是因为参与者众多，而且涉及到的人员种类也很多，对于多尺度的海量数据都会进入到能源互联网当中来，会呈现多元大数据的特性。最后就是因为是在储存能量和信息的融合的状态，在多空间和多尺度上都有关联，可能会成为一个更开放和更复杂的系统，会呈现出多尺度的动态特显。

能源互联网体现的价值主张主要是从迂回经济向直接经济回归，互联网促进经济活动的工序双方实现信息透明、数据共享，提高了资源配置的效率，降低了交易成本。第二是从人们的需求来讲从有限满足人的选择向持续锁定人的需求转变。基于大数据发现用或需求，实现从原有的单一次服务向持续满足并激发新需求转变，大幅度提高满足用户需求的程度。

能源互联网与传统能源网的区别从以下几个方面体现。第一是多能源，传统能源网是电、热、冷能源网络是独立运行，能源互联网是多种能源协同互联。需求侧来讲，是刚性负荷，用户是能源接受者在能源互联网的情况下，我们的负荷变成了一个弹性负荷，分布式能源可以自由接入，用户也可以变成一个能源的生产者。在电网方面以前传统的能源网就是以交流电网为主，现在的能源互联网是交直流柔性电网，广泛采用能量路由器实现互联。

在负荷平衡方面，传统的能源网是实时平衡，能源互联网的情况下，通过多种储能技术实现能量的时空转移，包括实现可调控的容量以及需求响应等等，在热电厂当中我们可以根据相变储能可能会实现供热和供电的联合存储以及高效利用。在运营模式方面也是比较大的改变，传统能源互联网是供电公司只是售电，供热公司只是收供暖费，相当于很独立的运营方式，但是在能源互联网的情况下，区域能源供应上有可能对多种能源进行售卖。在信息交互方面传统的能源网信息量较少，决策比较简单，在能源互联网采用大数据及云计算的技术来满足能源互联网的需求。

基于能源互联网与传统能源网的去，目前对能源互联网的研究有几个内容，第一是能量的控制与协调运行。主要就是冷热电多源于协调控制及储能的充放电控制实现工序平衡，通过价格实现的多能源需求侧响应，提高终端能源使用效率。第二是交直流、需求侧管理等多先进智能技术的引入。第三是信息流、电力流、能源六等多流协同，通过高带宽光线，实现多种数据采集和通信。第四是能量交易，构建能源运营新模式，实现冷热电发配售的新的运营体系。

（演讲人：魏玲 清华大学机电系）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/85807.html>