

基于能量枢纽的综合能源系统特征分析研究

文/国网河南省电力公司开封供电公司 曹翀 南钰 郑昱

对综合能源体系中能源枢纽典型组成进行研究，对风电、光伏和储能等方式进行建模方法的研究，分析不同类型能源的运行特征，通过该研究掌握基于能量枢纽的综合能源系统的运行特征，解决多种能源互联运行问题。

综合能源是我国未来能源的重大发展战略，受电力行业广泛关注。与传统电力系统比较，综合能源系统与运行策略、用户行动和需求响应等都有显著的区别。综合能源系统的用能需求趋向于多样化，用能规律不好掌握，用能主观性强，用能行为较复杂，随机化加剧。总体看，综合能源需求响应是通过多种类型能源的耦合联动，极大丰富需求响应的参与主体，大大扩展了传统电力需求响应的的时间尺度、市场宽度与地理维度。

能源枢纽是组成综合能源系统的重点环节，是储能、冷/热/电联供和负荷等用能形态的集合体，近年受到电力行业的广泛关注。本文首先对综合能源体系中能源枢纽典型组成进行研究；其次对风电、光伏和储能等方式进行建模方法的研究，分析不同类型能源的运行特征。

基于能量枢纽的综合能源系统组成

基于能量枢纽的综合能源系统中主要的有风电、储能和光伏等，风电、储能和光伏等单元参与系统协同运行的重要环节在于怎么样充分掌握自己的运行特征，由于综合能源系统的各种资源类型多

样，其物理特征不尽一样，相互之间协同运行能力差异大。不同能源单元深入、全面参与系统协同运行时，需要重点探索单元的建模方法、掌握运行特征，成为引导基于能量枢纽的综合能源系统协同运行控制的重要前提。

光伏、风电和储能等单元的建模方法及运行特征

1. 光伏单元建模与运行特征

光伏电池是利用光生伏特效应将光能直接转换成电能的能量转换器，当光照到光伏电池的表面上时，有些光子的自身能量比较弱，进入表面就被接收；有些光子被反射；有些光子投射光伏电池没被接收；还有些光子在距结较远区域被接收，因为只有有在结附近被接收的光子才有光电转换效应，这些光子都不会起作用。

如图1所示，短路电流由太阳辐射强度决定，环境温度一样时，随着太阳辐射强度的变强或变弱，短路电流也会相应变大或变小。

如图2所示，短路电流由太阳辐射强度决定，随着太阳辐射强度的增加或减弱，使得光伏电池的

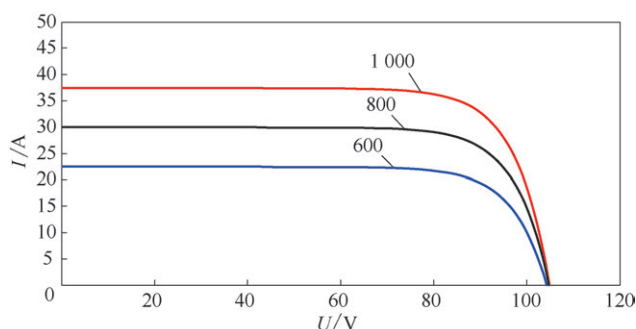


图1 在环境温度相同、太阳辐射强度不同下的 I - V 曲线

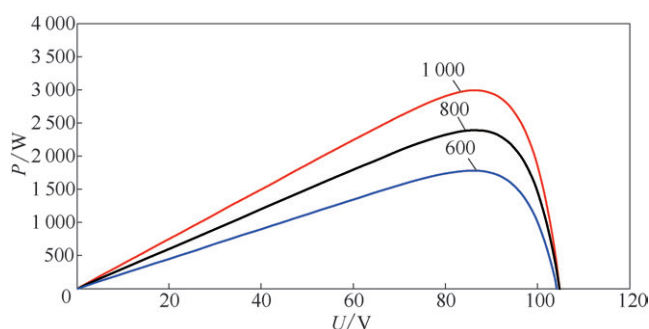


图2 在环境温度相同、太阳辐射强度不同下的 P - V 曲线

输出功率也会增大或减小。在光伏电池环境温度一样时，随着太阳辐射强度的变强，输出功率也会相应变大，反之亦然。

2. 风电单元建模与运行特征

在风力发电技术方面，常见的有定桨距风力发电、变桨距发电和变速恒频发电等。定桨距和变桨距风力机特征曲线如图3、图4所示。

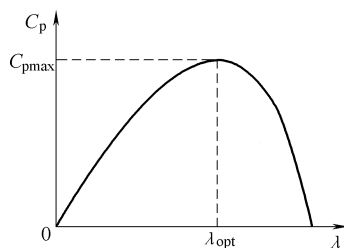


图3 定桨距风力机特征曲线

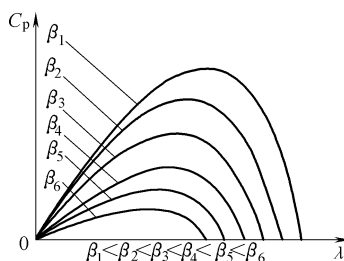


图4 变桨距风力机特征曲线

不同风速下，风力机输出机械功率与转速的关系曲线如图5所示，可以看出每一个风速下存在一个最大输出功率点，当风速变化时，可通过调节得到最佳叶尖速比，即可得到 C_{pmax} ，从而达到最大风能捕获的目的，这也就是变速恒频运行风力发电机组进行转速控制的基本目标。风力机输出转矩与转速曲线如图6所示。

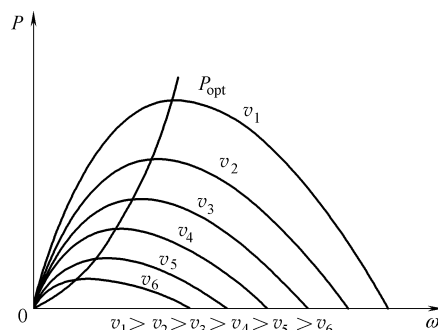


图5 风力机输出功率与转速曲线

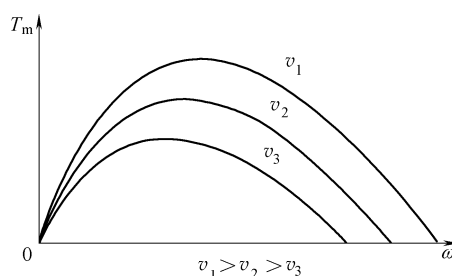


图6 风力机输出转矩与转速曲线

3. 储能单元建模与运行特征

蓄电池储能系统能支撑无功补偿装置工作，有助于抑制闪变、电压波动，也能处理网络高峰负荷时的用电需求。

(1) 铅酸电池 (Lead Acid)

铅酸电池是最古老、也是最成熟的蓄电池技术，它的使用可以追溯到18世纪中期。尽管铅酸电池有能量密度低、寿命短的缺点，但它却是低成本的通用储能技术，可用于汽车启动、照明及点火 (Starting, Lighting, and Ignition, SLI) 和蓄电池供能UPS。

(2) 镍镉/镍氢电池 (NiCd/NiMH)

镍镉电池比铅酸电池有更高的能量密度和更长的循环寿命，在20世纪70~90年代被广泛采用，近年来逐渐为锂电池和镍氢电池所取代。跟镍氢电

池相比,镍镉电池有以下几方面不足:①循环寿命短;②记忆效应显著;③镉的毒性使它的回收使用工序繁杂;④能量密度低;⑤放电曲线平坦,负温度系数可能造成电压控制充电时的热击穿。基于上述原因,镍氢电池在20世纪90年代和21世纪初是电动汽车和混合动力电动汽车电池的首选。它的高自放电率是不足之一。

(3) 锂电池 (Li-Ion)

锂电池具有能量密度高、无记忆效应以及自放电率低等优点,主要用于移动设备,如笔记本电脑、相机和移动电话等。锂电池能量密度的特征在电动车等领域得到广泛应用,锂电池的能量密度大约是 $200 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$,是镍镉电池、镍氢电池的2倍。锂电池的缺点是价格居高不下,因为锂资源的紧缺导致。

基于能量枢纽的综合能源系统运行特征关键技术

1. 光伏发电系统运行特征关键技术

光伏发电中最大功率点跟踪控制技术是比较受关注的,重点在智能控制、低成本等方面提出改进。如图7所示,在最大功率点的左边,输出的功率随着电压的变大而变大;在最大功率点的右边,输出的功率随着电压的变大而变小。

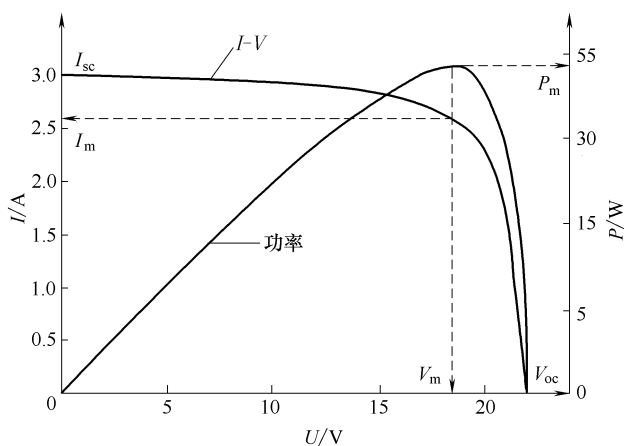


图7 光伏电池的特征曲线

2. 风能发电系统运行特征关键技术

因为在捕捉风能的过程当中,在当前风速下发电机转速值在风能曲线中对应的功率点的值是由永磁同步发电机输出功率的多少来决定的,所以,对风力发电机来讲,节制输出的有功功率,本质上便是节制风力发电机组中发电机的转速,永磁同步发电机转速的节制机能对风力发电机来讲起着重要的作用。

3. 储能发电系统运行特征关键技术

复合储能体系的PQ优化方针是平抑微网中风机输出的功率波动,蓄电池响应慢、能量密度大,而超级电容器响应快、功率密度高,由超级电容器、蓄电池依次完成功率波动中的高频、低频方面的抵偿,以制止蓄电池多次充放电,提升储能系统的使用效率。

基于能量枢纽的综合能源系统运行模式研究

基于能量枢纽的综合能源系统中风电、光伏和储能等不同类型的能源单元的调节能力不同,协同运行时系统整体性能与分布式发电状况、储能状态等设备运行工况等因素密切相关,同时受到各单元自身物理特征的约束,充分、全面甄别复杂工况下基于能量枢纽的综合能源系统运行模式,以及针对不同运行模式提取对应的切换条件是实现系统稳定运行的关键难点问题。

结束语

通过本文研究,能够掌握基于能量枢纽的综合能源系统的运行特征,解决多种能源互联运行问题,进一步提高可再生能源的接入渗透率,提升供电可靠性,保证系统整体高效运行。EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告