

浅析风电并网对电网影响

风力发电的主要特点是随机性与不可控性，主要随风速变化而变化。因此，风电并网运行对主电网运行带来诸多不利影响。分析风电场并网对电网影响是风电事业发展的关键技术问题，同时也是电网部门安全、经济运行的一个新课题。

一、风力发电机的类型

分析风电并网的影响，首先要考虑风力发电机类型的不同。不同风电机组的工作原理、数学模型都不相同，因此分析方法也有所差异。目前国内风电机组的主要机型有3种，每种机型都有其特点。

1.1 异步风力发电机

国内已运行风电场大部分机组是异步风电发电机。主要特点是结构简单、运行可靠、价格便宜。这种发电机组为定速恒频机，运行中转速基本不变，风力发电机组运行在风能转换最佳状态下的几率比较小，因而发电能力比新型机组低。

同时运行中需要从电力系统中吸收无功功率。为满足电网对风电场功率因数的要求，多采用在机端并联补偿电容器的方法，其补偿策略是异步发电机配有若干组固定容量的电容器。

由于风速大小随气候环境变化，驱动发电机的风力机不可能经常在额定风速下运行，为了充分利用低风速时的风能，增加全年的发电量，近年广泛应用双速异步发电机。这种双速异步发电机可以改变极对数，有大、小电机2种运行方式。

1.2 双馈异步风力发电机

国内还有一些风电场选用双馈异步风力发电机，大多来源于国外，价格较贵。这种机型称为变速恒频发电系统，其风力机可以变速运行，运行速度能在一个较宽的范围内调节，使风机风能利用系数 C_p 得到优化，获得高的利用效率；可以实现发电机较平滑的电功率输出；发电机本身不需要另外附加无功补偿设备，可实现功率因数在一定范围内的调节，例如功率因数从领先0.95调节到滞后0.95范围内，因而具有调节无功功率输出的能力。

1.3 直驱式交流永磁同步发电机

大型风力发电机组在实际运行中，齿轮箱是故障较高的部件。采用无齿轮箱结构能大大提高风电机组的可靠性，降低故障率，提高风电机组的寿命。目前国内有风电场使用了直驱式交流永磁同步发电机，运行时全部功率经A-D-A变换，接入电力系统并网运行。与其他机型比较，需考虑谐波治理问题。

二、风电并网对主电网运行的影响

由于风速变化是随机性的，因此风电场的出力也是随机的。风电本身这种特点使其容量可信度低，给电网有功、无功平衡调度带来困难。

在风电容量比较高的电力网中，可能会产生质量问题。例如电压波动和闪变、频率偏差、谐波等问题。更重要的是：系统静态稳定、动态稳定、暂态稳定、电压稳定都需要验证。

当然，相同装机容量的风电场在不同的接入点对电网的影响也是不同的。在短路容量大的接入点对系统影响小。反之，影响就大。

定量分析风电场对主电网运行的影响，要从稳态和动态两方面进行分析。稳态分析就是对含风电场的电力系统进行潮流计算。在稳态潮流分析中，风电场高压母线不能简单视为PQ节点或PU节点。含风电场的电力系统对平衡节点的有功、无功平衡能力提出更高要求，要分别分析含风电场电网在电网大、小运行方式下，是否满足系统的安全稳定运行的各种约束。

由于不同的风电机组的工作原理、数学模型都不相同，因此，对不同类型风电场的潮流计算方法也有所差异。对于

异步发电机组组成的风电场。采用风电场、主系统分别迭代的方法：首先要设定风速，取值范围为风机切入风速到切出风速之间。考虑尾流效应，利用RAHMAN模型计算出各台风机轮毂处风速。根据各台风机功率风速曲线，计算出各台发电机出力 P ，以及整个风电场 P 。

再设风电场的电压初始设定值 U_0 ，在不考虑风电场内部电压损耗的情况下，所有风机出口电压都设为 U_0 ，从而根据 U_0 、 P 计算出各台风机的无功功率 Q_i 以及整个风电场的 Q 。由于风电场已经计算出 P 、 Q ，因此可视为PQ节点，代入主系统进行潮流计算，得出风电场电压 U ，将设定值 U_0 与计算值 U 进行比较，修正设定值，重新重复迭代，直至计算收敛。

由双馈异步发电机组组成的风电场：当双馈异步发电机恒功率因数运行时，要先根据风力机转速控制规律计算转差率 S ，再计算风电场发出或吸收的无功功率 Q ，然后以PQ节点形式代入主系统进行潮流计算迭代。当双馈异步发电机恒电压运行时，以PQ节点形式代入电力系统进行潮流计算。在某个设定风速的计算完成后，改变设定风速，进行新一轮的计算。

从上述计算过程可以看出，稳态含风电场电力系统潮流计算的结果，实质上是一个各风速下系统的潮流计算分布情况表。其中风电场零出力、最大、最小出力等3种情况需要着重关注。

动态过程分析，一般采用仿真的方法。要考虑异步发电机、双馈异步发电机等不同发电机的模型以及风速、风力机、桨距调节等环节，用仿真程序PSS/E、PSCAD、Matlab/Simulink、PSASP等进行分析。分析的关键是各种风力发电机模型的选用。

分析风电并网对主电网的影响，还需考虑风电场无功问题。风电场无功消耗包括：异步风力发电机消耗，双馈异步发电机和直流永磁同步机没有此部分；风机出口升压变压器，由于整个风电场升压变数众多，有成百上千台，叠加起来数量不小；风电场升压变电站主变压器消耗等。对于由异步风力发电机组成的风电场，应考虑电压稳定性问题。如有必要，可采用动态电压控制设备。

三、风电并网的经济影响

风电场的发电成本加上合理的利润，构成风电的价格。2006年施行的《可再生能源法》中规定，电网企业必须全额收购可再生能源电量。费用高于常规能源发电平均上网电价，其电价之间的差额附加到销售电价中分摊。

据统计，全国已建风电场的电价水平在(0.46-1.2)元/(KWh)之间。目前，国内风电上网电价大概分为：成本利润电价；特许权招标电价；全省统一电价等三种。与火电相比，风电上网电价较高。

风电场出力的随机性，可能造成如负荷跟踪、频率控制、备用容量、无功功率和电压调节等电网辅助服务的成本增加，从而影响了电网企业的效益。

四、结束语

近年来，中国风力发电事业的高速发展有目共睹，随着风电装机容量的不断增长，风电并网对主电网所带来的技术和经济影响越来越大，该领域的研究无论是对风电发电商，还是对电网公司都愈显其战略重要性。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/121868.html>