储能式发电机在风力发电中的应用及发展

摘要：简述了风力发电的现状及瓶颈，提出储能技术是克服其瓶颈的手段之一。讨论了储能式发电机及其与风力机的匹配问题，最后展望了储能式发电机的发展前景。

1、风力发电的现状与风电发展的瓶颈

当前像立式电风扇那样的水平轴螺旋桨式风力机在全中国遍地竖立起来了，在网络上看到：“2005年，中国还只有50万kW的风电装机容量，但在当年《可再生能源法》实施之后，风电产业连续4年实现新增装机容量翻番，2008年中国风电装机1221万kW，已成为亚洲第一、世界第四的风电大国，仅排在美国、德国、西班牙之后。”这就看到国家的政策威力是如何之大，同时也看到了企业是多么渴望发展。网络上还说“风电不稳定而且成本高，这影响到风电并网，世界能源理事会中国国家委员会副秘书长李隆兴说，风电并网最大的问题在于风电具有不稳定性和不可控性，风电上网成本要高于火电和水电，因此对电网来说，风电不是好电。这也就增加了风电并网的难度。”这里说到了风电两个根本的薄弱点：成本和稳定性。

关于成本，最近网上说多数新成立的风电公司都是从国外购买水平轴螺旋桨式风力机的图纸，而水平轴螺旋桨式风力机又不是风能利用率很高的风力机（请看笔者的“垂直轴流体动能转换装置”一文，上网输入此名称即能查到），制造成本高效率又低，发出来的电的电价自然就高了。令人感到遗憾的是我国偏偏就是有那么多的企业，宁可大量重复投资、追逐蝇头微利也不愿冒些风险去争取更先进更高效的新技术、新产品带来的第一桶金。一些企业家对于在自己的产品上打上“madeinchina”（中国制造）非常满足甚至还有些沾沾自喜，殊不知买来的图纸生产其实是在替外国人打工。真正应当令我国的企业家感到骄傲不应当是“madeinchina”而应该是“designinchina”(中国设计)和“creationinchina”(中国创造)。要想自立于世界民族之林，不提倡中国制造和中国发明肯定是不行的。至于风电的不稳定性，则是因为风速的多变引起的。风电必须上网才有意义，但电网是有技术指标的，你发出来的电忽高忽低，时而还频率不稳，人家怎么用你的电，风电不稳定事实上已经成为我国风电事业发展的瓶颈。

现在大量的水平轴螺旋桨式风力机是生产出来了，全国上下也都竖立起这些水平轴螺旋桨式风力机来了，但矛盾也随之而来了，上网难，上不了网就赚不到钱，就亏本、还不了贷款就得负债。

2、储能技术是克服瓶颈的手段之一

当前，在风力机用发电机方面最前卫的当推“双馈异步发电机”了，这是一种在风力机输出轴上增设一个附加旋转磁场，这个附加旋转磁场的转速，或称频率是可控的，可使风力机输出轴的转速加上附加磁场的转速之和等于工频（或是1/2、1/4、、1/8工频，视直驱式发电机的磁极对数），从而保证了安装在不动的基础上的发电机定子发出频率稳定的交流电，因为，旋转式风力机要保持最高的风能利用率，就必须保证尖速比为最佳尖速比，而尖速比是风力机转子转速与风场风速的一个比值，风场的风速是不稳定的，而要求尖速比不变，这就意味着要求风力机转子的转速必须随着风速的变化而变化。因此用双馈异步发电机就能够解决上网中交流电的频率保障问题。

用了双馈异步发电机，风能最高利用率保障了，输出频率也保障了，但穿过风力机叶片扫掠面积的风能功率，或者说风力机截获风能并保持以最高的利用率向发电机输入轴输出的机械功率都是与风速的3次方成正比的（见图1最上部的计算公式），这就是说风速变化1倍（如加大到2倍），发电机输入轴输入的功率变化将达到8倍。这意味着发电机发出来的电力变化的相对幅度扩大了。也就是说双馈异步发电机只解决了效率与频率的问题，却不能解决输出电力的稳定性问题。

对付电流波动的问题，在小功率情况下，人们是有办法的。即使输出的直流电波动小些的办法是加设滤波电容，因为滤波电容有削峰填谷的作用。交流电经过二极管的整流，变成了波动很大的直流电，波动很大的直流电还不能用，因为它会造成噪声背景和破坏电子电路的正常工作。因此必须滤波，经过滤波，波动的直流电波形大大减小了，这主要是因为电压高时，电容吸收电流，抑制了输出电压的上升，而当电压低于平均值时，电容又放出电流，使输出电压不至于迅速下降，因此输出的直流电平稳多了。

用电容能抑制波动，然而在风力发电上也用电容不行，因为这要用太多的电容，造价高占地广不说，而且性能稳定可靠容量足够大的电容在技术上也不容易做到。如果大功率电力也能够储能，对于风力发电机来说，就能够克服风电上网的最顽固的不稳定瓶颈。

图1是描述带有储能器的风力发电机平缓风电波动的原理图。

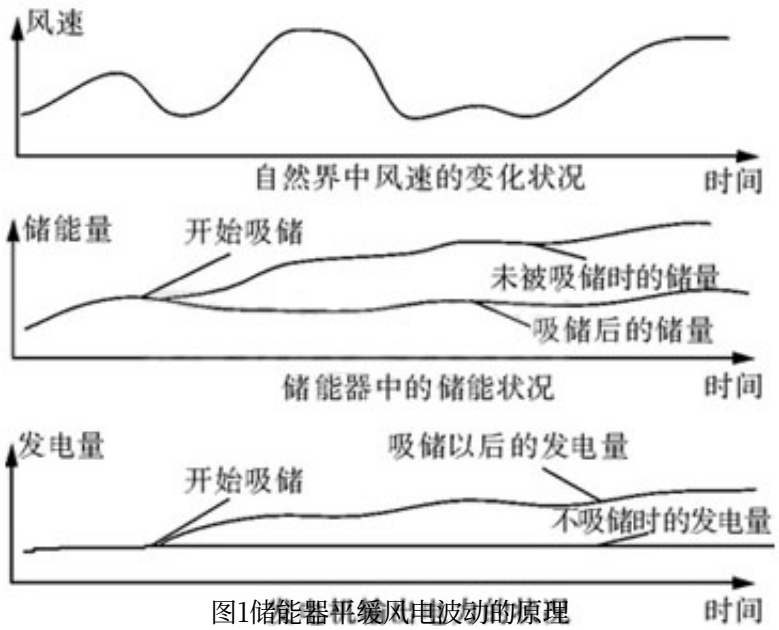

图1储能器平缓风电波动的原理

图1中有3个坐标系，横坐标都是时间坐标，并且3个坐标系是对应的。最上边的纵坐标是风速，它反映了自然界风速的变化状况，从而也反映了风力发电机输出的能量变化情况。从图1上部的计算公式可以知道，变化的幅度只有过之而无不及。风力发电机发出的电力，例如以直流电的形式被送到由储能器和发电机组合（储能式发电机）的装置中，储能式发电机的发电能力是可以被控制的。因此，如果发电机以低水平平稳发电，它的发电量将如最下面的坐标系（发电机输出电力的状况）中最下边的水平线的规律平稳发电，即如图中标志的“不吸储时的发电量”发电，与此同时储能器（中间的坐标系）将多余的能量储存起来，即图中标志的“未被吸储时的储量”储存能量。当储存器的能量储存到一定的水平后，如果发电机开始增加发电量，也就是从储能器中开始吸取储存的能量，它的发电量将如下边的坐标系中标志的“吸储以后的发电量”发电，这条曲线是平稳增大的。与此同时，储存器中的储能水平也发生变化，表现为图中标志的“吸储后的储量”储存能量。此图的曲线变化规律未必精确，但基本反映了相对变化的规律。

此图表明，用了储能式发电机，风力发电机发出的波动性极大的电流将得到极大地平缓控制，平缓的电力输出，这就意味着风电上网最后的瓶颈能够得到克服了。

3、储能式发电机

电动自行车的充电电池便是一种储能器。但充电电池的容量太小也太重，用在风力发电上显然不行。

事实是如此大容量的储能器还不能普及，甚至还没有实用的产品可以使用，能够储能的装置，不是价格昂贵，就是体积极大。笔者曾经试图用液压蓄能器的方式解决储能问题，结果一计算，发现一个100kW·h的储能器占地要75～100m^2，并且挖地15m。期间还使用了一些专门设计的液压元件。由此可见，气-液式蓄能器无法承担大容量的电力储存的问题。

最近笔者尝试计算了另外一种储能装置，一台标称储能量为1MW·h的储能式发电机，算出的结果是最大时储量达到1228.9kW·h，最小为822kW·h，即可调范围为400kW·h，包括发电机在内的整个储能式发电机质量大约为80t，其中储能部分为62t，其余为发电机部分和基础辅助部分，外形尺寸大约是长3m、宽3m、高3m。对于中、小型的风力发电机，其实有100kW·h以下的储量也就够了，因为它可以大大减缓发电的波动问题，而这样的储能式发电机也就20t左右，可以安装在水平轴螺旋桨式风力机的塔架上或垂直轴风力机的机座上，取代双馈异步发电机。

储能式发电机的储能量不等同于风力机的装机功率，也就是说1MW·h不等于只能匹配1MW的风力发电机，储量与功率是完全不同的两个概念。1MkW·h的储能器可以连续不断地吸收稳定输出1MW的风力发电机长达一个小时之久的发电量。400kW·h的可调范围意味着储能器在吸储风电波动部分相当于400kW的功率输出长达1h后再开始加大发电机的输出（事实上是控制在一个能够接受的缓慢波动情况下的输出，无需等到储能器达到极限储量后再释放的）。也就是说400kW·h的可调量能够持续吸收稳定输出4MW的风力发电机发出的电力达0.1h，即6min之久，如果在这6min中不断地加大发电机的发电量，那么可以不停地工作下去。也就是说标定1MW·h的储能式发电机可以与几个兆瓦的风力发电机匹配工作，并且这些风力发电机是在满负荷的情况下工作的。如果一般不可能达到满负荷工作，则更

可拖带更多的装机容量。当然储能式发电机中的发电机容量能够承受得起大功率输出。由此可见，储能式发电机要比双馈异步发电机更适用于风电利用，是人们大力发展可再生能源形势下出现的创新产物。

储能式发电机的连接方式可以有多种，见图2，可以一边上网一边将波动部分储存起来，积聚到一定程度以后输出（图2中上半部分）。也可以全部送到储能式发电机平缓输出（图2中下半部分）。

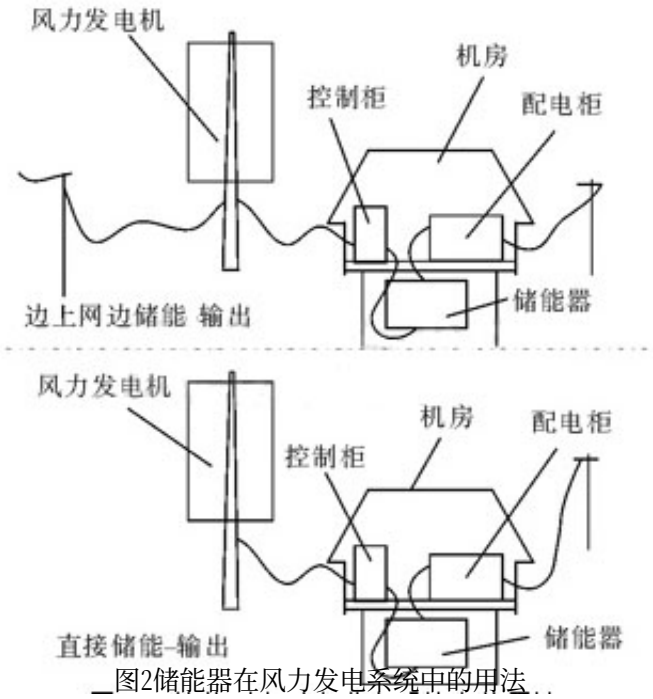

图2储能器在风力发电系统中的用法

储能式发电机的控制也远比双馈异步发电机要简单，甚至只要PLC就能控制，当然用PC会更好，因为后者可以把更多的综合因素考虑进去，虽然用PLC也能做到，但计算能力无疑是用PC更好。

4、储能式发电机前途无量

储能式发电机的用途远不止在风力发电上，因为这涉及电力储存，这是百年来电业界希望解决的问题。

在浙江安吉，建有亚洲最大的天荒坪抽水蓄能发电站，电站总装机容量180万kW，投资近百亿元。电站建设钻透了整个一座大山，地下厂房、上、下水库落差607m，电站上水库天篁湖是一个人工建造的高水湖泊，蓄水湖面积达28万m^2，是一个昼夜水位高低变幅29m多的动态湖泊，上水库蓄能能力1046万kW·h，其中日循环蓄能量866万kW·h，年发电量31.6亿kW·h。即使这样电网上的峰谷电还相差很大，因此电力部门用峰谷电差价的办法来转移人们对于电力的需求。

笔者现在只做了一个1MW·h的储能装置初步计算，经过攻关，集中各方面的人力、物力、智力，有可能做到单机装机容量更大些的储能器，它们将在能源事业上大放异彩，事实上这完全可以成为一个新兴的产业，或者成为水轮机或大型发电机企业的一种新产品。可能会有这样的一天，大功率的储能器群能取代如天荒坪抽水蓄能发电站那样的储能装置（便是按照笔者上面的计算，承担天荒坪抽水蓄能发电站的功能，也只需天篁湖的一半面积就够了，这无论如何要比抽水蓄能式调峰系统节约、高效、安全、环保），来调节城市电力系统的峰谷电。毕竟将水抽到数百米的高山顶上再放下来发电，无论是技术还是效率都不能算先进或科学进步，在没有办法的情况下唯此能解决问题。

电力储存也不仅是电力部门才需要，现在绿色交通呼声甚高的电动汽车，其核心技术也是储能的问题，从网络上看这个难关现在已经呼之欲出了。其实这也还是一个储能式发电机的问题。

完全可以确信储能式发电机用途广阔，不仅风电事业需要它，能源事业也需要它，汽车制造也需要它，甚至企业出于经济考虑利用谷电廉价的特点用储能式发电机保存电力以便白天使用也可以用到它。用途不同的储能式发电机有不同的构造。其实呼之欲出的储能式发电机并不是在完全陌生的环境中探索，而是在一堆成熟的技术中寻找组合。双馈

异步发电机是外国的知识产权，早些让储能式发电机投产则可以成为这方面我国自主的知识产权。而更重要的是这将解决风电上网最后的关卡，彻底解决风电上网的瓶颈问题。笔者认为研究的那种储能式发电机最合的是发电设备公司类的企业，如大型发电机或水力发电机、水轮机企业，因为这样的企业无需增添更新加工设备就可立即上马。笔者还认为如果把更先进的发电技术融合进去，有可能大大提高储能器的储量，扩大储能器中能量的利用率、减轻装置的质量。

5、结论

电力储存是一个历史性课题，但是由于技术水平等原因一直停留在蓄电池这样一个低效率、低容量、质量重的水平上，不能得到广泛而实际的应用，而现实中又必须要用到大量电力储存的问题，因此才有用抽水蓄能办法来解决峰谷电这样的实际问题。随着社会的进步，随着人们对于可再生能源的开发利用，特别是在风力发电方面，因为风电波动性大造成风电上网的瓶颈，人们开始努力寻找解决克服风电瓶颈的方法，储能器问题的提出就是在这样的形势下形成的，也是由于人类技术的进步，笔者发现应用当前的前沿技术成果，完全可以制造出一种储能式发电机。完全可以预见，储能式发电机有着无限广阔的前景，它的问世必将成为能源事业不可或缺的生力军，它不仅可以平缓风电波动的瓶颈，而且有可能取代风力发电上面的双馈异步发电机类的能量输出装置，并且可以在电力事业大显身手。而社会的需要又必定会促使其更深刻的发展，期盼着储能式发电机能在我国诞生。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/90602.html