

[高压变频]

高压变频技术在火力发电中的应用

文/浙江旺能环保股份有限公司 尤先锋

火力发电在国内发电产能中依然占有很大比重，然而在其生产过程中仍存在巨量的损耗与浪费。概述了国内发电形式并着重提出了针对火力发电能源损耗的变频解决方案，还有单元级联型高压变频器的原理及应用。

我国是人口大国，也一直都是能耗大国，据统计，2015年我国年发电总量居世界第一位，共达56 184亿kW·h，其中火力发电可达到产电总额的70%以上。

到了21世纪初期，尽管太阳能、核能越来越被社会推崇，它们也确实具有清洁，高效，可持续等诸多优势，我国各项规划也偏向于发展新能源发电，但鉴于国内丰富的煤炭资源以及庞大人口带来的耗电需求，我国依然以火力发电为主流，直到近几年，火电的占比才开始以不到1%的速度缓慢下降。

所谓火力发电，一般指利用煤炭、石油和天然气等燃料燃烧时产生的热能加热水，使水变成高温、高压水蒸气，然后由水蒸气推动发电机进行发电。不过在这个看似简单的发电过程中，存在着巨大的能源损耗，据统计：火电厂每年产电总额中有近10%用于自身的消耗，这因此也成为了我们节约能耗的重大突破口。

我国火力发电厂能耗分析

根据国家《电动机调速技术产业化途径与对策的研究》报告显示，我国发电总量的66%以上最终应用在电动机上。且截止至2015年电动机装机容量已超过4亿kW，其中高压电动机约占一半。对于高压电动机而言，有70%左右的负载是风机、泵类、压缩机。实际应用火力发电厂主要

有以下九种风机和水泵：送风机、引风机、一次风机、排粉风机、脱硫系统增压风机、锅炉给水泵、循环水泵、凝结水泵和灰浆泵。这些风机、水泵设备在火力发电厂中种类繁多，应用广泛，功耗甚多，其平均耗电量能占到发电厂用电总量的45%。

但是对于应用于电厂中的风机、水泵负载而言，其运行功率往往过剩，导致大量能源被白白浪费，降低了发电厂的产能效率，究其原因，有如下几点。

1. 运行方式技术落后

据调查，我国火力发电厂中除少量采用汽动给水泵、液力偶合器及双速电动机外，其他水泵和风机基本上都采用定速驱动，阀门式挡板调节。在变负荷的情况下，采用调节泵出口阀开度（风机则采用调节入口风门开度）的控制方式，达到调节流量得目的，满足负荷变化的需要。然而当现场工艺只需求小流量时，其泵或风机继续且只能以额定的功率，恒定的转速运转，尤其是在机组低负荷运行时，其入口调节挡板开度很小，引风机运行的电功率大部分将被风门节流而消耗掉，造成巨大的能源损失和浪费。

2. 运行实际效率低下

从实际运行效率上来说，在机组变负荷运行时，由于水泵和风机的运行偏离高效点，偏离最优运行区，运行效率自然不高。据调查显示，我

国50 MW以上机组锅炉风机运行效率低于70%的占一半以上, 低于50%的占20%左右。这是因为, 我国许多大中型水泵与风机是套用定型产品, 没有按照需求对应设计, 导致选型是分档而设, 间隔较大, 一般只能使用近似型号的产品, 进而造成风机、水泵实际运行过程中运行效率低, 能耗高。此外, 在设计选型时需要考虑裕量, 因而往往要加大保险系数, 进一步降低了运行效率。

降低火电厂能耗方案分析

综合各方面因素, 我们可以从以下3个方面减轻火电厂能耗。

1. 提高锅炉效率

现代火电厂的大容量锅炉效率一般在90%~94%, 其在运行过程中存在以下能源浪费: 排烟热损失, 机械不完全燃烧热损失, 散热损失, 灰渣热损失等。

对此, 可以采用设计煤种或接近设计煤种, 保障锅炉的燃烧效率, 如果入炉煤质量很难达标, 我们也可以通过掺杂的方式尽可能节省煤耗; 此外, 火力发电厂中锅炉排烟热损失是各项损失中最大部分, 影响该损失的主要是排烟氧量及排烟温度, 这两个指标有些许偏差都会降低锅炉效率, 因而我们可以使用更为精确的仪表, 测量反馈值, 提升控制精度进而节省煤耗。

2. 降低汽轮机热损耗

随着科学技术的不断发展, 新型融合高新技术的汽轮机已经面世, 而由于不同等级的汽轮机热损耗不同, 国家现已鼓励使用大容量、高参数、热电联产机组来降低能源损耗; 其次也可以通过控制其运行方式, 防止汽轮机辅助设备故障停机造成热耗升高; 第三, 更改其运行参数, 通过调整主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热蒸汽温度等系列参数, 控制汽轮机在理想条件下运行, 也能起到降低热损耗的功用。

3. 降低发电厂用电量

发电厂本身就是耗能大户, 各种高压大功率的风机、水泵、空压机负载需要的能量占电厂发电总量的10%左右, 过去我们这些负载都是接在电网侧工频满载运行, 这样一刀切的运行方式不光带来了巨大的能耗损失, 同时也对电动机, 对负载造成极大的损害, 严重降低了使用寿命与安全可靠。对此, 我们通过采用高压变频器的方式, 通过改变其运行频率, 控制其转速最终控制

其输出功率, 根据实际工艺的需求对应其运行状态, 进而达到节能的终极目标。

单元级联型高压变频器

高压变频器的原理: 即通过整流逆变环节, 将电网侧工频电压转化为频率可调的电压, 通过控制其输出频率来最终控制电动机的运行功率, 达到节能目的。

而单元级联型高压变频器是现在国内市场应用范围最为广泛的高压变频设备, 采用电压叠加原理设计: 每个功率单元输出电压为0~690 V, 如图1所示, 这样每一相电压可以达到3 450 V, 线电压为6 kV。如图1所示。

配件方面, 高压变频器采用顶尖且精准的三芯合一 (FPGA、DSP、ARM), 三种芯片各司其职, 保证了其运行时的高效性能; 完备的输入输出电压电流检测系统更是进一步保障了其工作状态的稳定与安全; 灵活的温控系统在避免系统过热的同时也节约了能源的损耗, 种种迹象显示: 单元级联型高压变频器业已成为一个成熟而重要的产业。如图2所示。

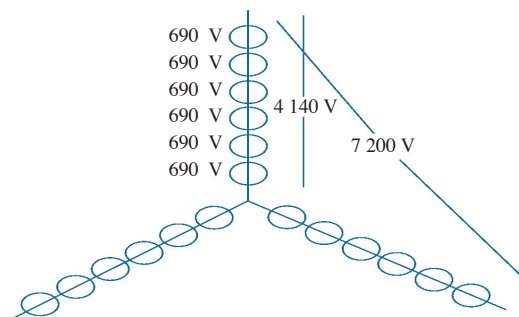


图1 单元级联型高压变频器原理拓扑图

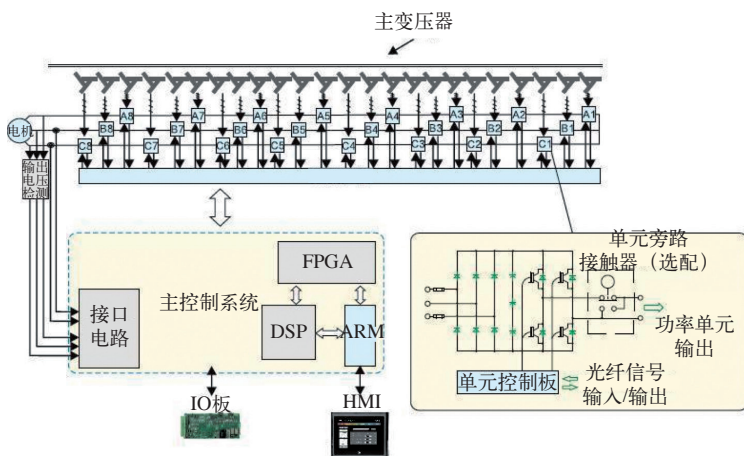


图2 单元级联型高压变频器系统拓扑图

单元级联型高压变频器优势

以额定功率2 000 kW的一次风机为例：电动机实际运行频率在35~45 Hz之间，取中间值40 Hz，则与工频50 Hz相比，其实际功耗为额定功耗的0.512左右（功率比为频率比的三次方），电厂风机一年365天，每天24 h运行，则每年可节约8 970 240 kW·h，根据国家规定电价，0.5元/kW·h，可以为电厂节约40万元的经济支出；此外变频调节后，由于负载电机不必长时间满载运行，其机械损耗和电损耗也大大降低，故而延长了电动机的使用寿命，又进一步节约支出成本。

而发电厂现场的大功率高压风机、水泵众多，累计起来节能成果十分可观。

除此之外，国内外高压变频器高端厂家诸如德国西门子、ABB、利德华福和苏州汇川，其产品还具有众多其他应用优势。如图3所示。

1. 飞车起动功能

由于现场情况要求，电动机不停止运行的情况下，变频器将根据电动机实际转速的反馈信号正常起停，避免因误生产，或因频繁启停增加电动机损耗。

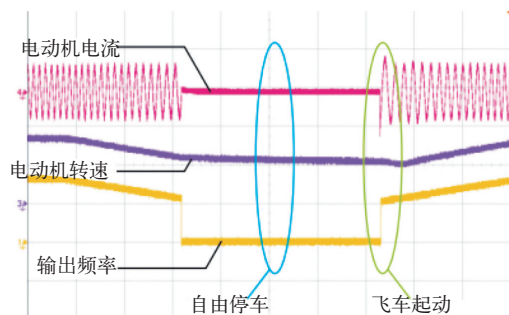


图3 飞车起动分析图

2. 软起动

在高压场合如果直接将电动机工频起动，会对电网侧造成巨大冲击，对电动机负载也会有巨大的损耗，而软起动的根本就是保证电动机在安全范围内的小电流条件下，顺利起动，保障高压网测和电动机双方的安全。

3. 控制电源冗余设计

高压变频器采用双回路控制电源切换系统，即除用户提供的控制电外，变频器的变压器二次侧也会提供低压控制电，二者通过电气回路互锁，保障在用户控制电突然中断时系统正常工作。此外，高压变频器还配有UPS（不间断电源），确保在突然断电时依然可以维持半小时的控制电输出，安全可靠。如图4所示。

