

高压电机变频技术在云浮发电厂的应用

郑 权

(广东粤电云河发电有限公司, 广东 云浮 527328)

摘 要: 针对火力发电厂节能降耗问题,采用高压电机变频技术对锅炉辅机进行改造,对变频器的运行环境、各厂家产品的可靠性和变频器的3种接入方式进行了分析。通过改造前后效果对比,得出了不同辅机应用变频器后的节能效益。改造结果表明:使用高压电机变频技术,选择合理的接入方式,能取得很好的经济效益,达到节能降耗的目的。

关键词: 高压电机; 变频; 接入方式; 节能降耗

中图分类号: TM621.7 **文献标志码:** B **文章编号:** 1672-3643(2012)06-0008-05

有效访问地址: <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2012.06.003>

Application of high voltage motor frequency conversion technology in Yunfu Power Plant

ZHENG Quan

(Guodong Yuedian Yunhe Power Generation Co., Ltd., Yunfu Guangdong 527328, China)

Abstract: Aiming at the problem of energy saving and loss reducing, using the high voltage motor frequency conversion technology, improves the auxiliary equipment of boiler, analyzes the operation environment, the reliability of the products from various factory and the 3 kinds of connection modes of the converter, through comparing the effect before and after the improvement, concludes the energy saving benefit of different auxiliary equipment after used the converter. The improvement result shows that using high voltage motor frequency conversion technology and choosing rational connection mode, can obtain well economic benefit and reach the aim of energy saving and loss reducing.

Key words: high voltage motor; frequency conversion; connection mode; energy saving and loss reducing

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2012.06.003

云浮发电厂位于广东省大西关——云浮市的河口镇,电厂总装机容量1 120 MW,其中1、2期为2×125 MW(A厂)+2×135 MW(B厂)的常规煤粉炉机组,3期为2×300 MW(C厂)循环流化床锅炉机组,A、B、C厂机组分别于1991年、2001年和

2010年投产。电厂既是产能大户,同时也是耗能大户。近年来,节能减排的呼声日益高涨,各行各业节能减排工作也开展得如火如荼。变频技术在这种背景下应运而生,并得到了长足发展和广泛应用。云浮发电厂的单机容量相对较小,供电煤耗较

收稿日期: 2012-09-21

作者简介: 郑权(1978),男,工程师,从事火力发电厂锅炉运行技术管理工作。

高,厂用电高,只有节能降耗才能提高企业的竞争力,高压电机变频技术提供了很好的节能降耗渠道。

1 变频技术的节能原理

变频器是利用电力半导体器件的通断作用将电源的频率由工频变换为另一频率的电控制装置。我们现在使用的变频器主要采用“交—直—交”方式(VVVF变频或矢量控制变频),即先把工频交流电源通过整流器转换成直流电源,然后再把直流电源转换成频率、电压均可控制的交流电源以供给电动机。变频器的电路一般由整流、中间直流环节、逆变和控制4个部分组成。整流部分为三相桥式不可控整流器,逆变部分为IGBT三相桥式逆变器,且输出为PWM波形,中间直流环节为滤波、直流储能和缓冲无功功率^[1]。

高压电机变频调速通过改变输入到交流电机的电源频率,从而达到调节交流电动机转速的目的。根据电机学原理,交流异步电动机转速由下式确定:

$$n = 60 f(1-S)/p \quad (1)$$

式中: n — 电动机转速;

f — 输入电源频率;

S — 电动机转差率;

p — 电机极对数。

由式(1)可知,电动机的输出转速与输入的电源频率、转差率、电机的极对数有关。

交流电动机的直接调速方式主要有:

(1)变极调速(调整 p);

(2)转子串电阻调速或串级调速或内反馈电机(调整 S);

(3)变频调速(调整 f)。

其中高压电机变频调速的优点多,得到了广泛的应用。

根据流体力学的基本定律可知:风机(或水泵)类设备均属平方转矩负载,其转速 n 与流量 Q 、压力(扬程) H 以及轴功率 P 具有如下关系^[2]:

$$Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2 \quad (2)$$

$$H_1 / H_2 = (n_1 / n_2)^2 \quad (3)$$

$$P_1 / P_2 = (n_1 / n_2)^3 \quad (4)$$

式中: Q_1 、 H_1 、 P_1 — 风机(或水泵)在 n_1 转速时的流

量、压力(或扬程)、轴功率;

Q_2 、 H_2 、 P_2 — 风机(或水泵)在 n_2 转速时的相似工况条件下的流量、压力(或扬程)、轴功率。

由式(2)、式(3)、式(4)可知,风机(或水泵)的流量与其转速成正比,压力(或扬程)与其转速的平方成正比,轴功率与其转速的立方成正比。当风机转速降低后,其轴功率随转速的三次方降低,驱动风机的电机所需的电功率亦可相应降低。当风机原用进口挡板节流调节时,如果原选型余量大,此时若改用降低转速调节出力,是非常节能的。

从上述分析可见,调速是风机、水泵节能的重要途径。

2 高压电机变频器的应用

2.1 应用高压变频器的辅机

云浮发电厂A、B厂4台机组共有6 kV高压电机62台,C厂2台机组有44台。经评估,有变频改造潜能的高压电机共有18台,分别是:

(1)1号、2号锅炉送、引风机各2台,共8台;

(2)1号~4号脱硫增压风机,共4台;

(3)1号~4号机组循环水泵,每台机组改1台,共4台。

以上合计A厂和B厂共16台。

C厂一、二次风机、凝结水泵原设计安装有变频器,有改造潜能的为2台机组循环水泵,合计4台。

云浮发电厂首先应用变频调速的6 kV辅机为1号锅炉2台送风机,并于2006年10月投入运行。到目前为止,A、B厂16台已经全部改造完成;C厂5号机组2台循环水泵已实施,6号机组2台循环水泵待实施。

2.2 高压电机变频器的接入方式

高压电机变频器接入电机系统方式有多种,云浮发电厂采用“一拖一带手动工频旁路”、“一拖一带自动工频旁路”和“一拖二带手动工频旁路”3种方式。

2.2.1 “一拖一带手动工频旁路”的接入方式

为了充分保证系统的可靠性,为变频器同时加装工频旁路装置,变频器故障时,将变频器停止运行,电机可以直接手动切换到工频下运行。如

图1所示该工频旁路由3个高压隔离开关(刀闸)QS1、QS2和QS3组成(其中QF为原有高压开关)。QS2不能与QS3同时闭合,在机械上实现互锁。变频运行时,QS1和QS2闭合,QS3断开;工频运行时,QS3闭合,QS1和QS2断开。

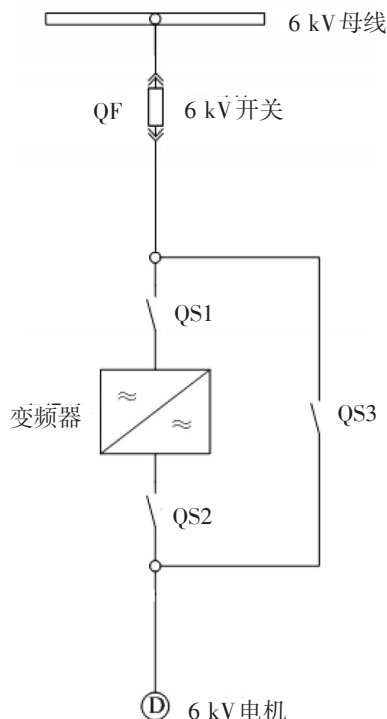


图1 “一拖一带手动工频旁路”接线

云浮发电厂1号、2号机组送、引风机、增压风机、循环水泵均采用这种接入方式。

这种方式的优点是整个系统只需1个6 kV高压开关,成本较低;缺点是变频故障跳闸后,对应辅机立即停运,对机组的稳定运行会造成一定影响,且转为工频旁路运行时需要就地手动操作刀闸,耗时较长。

另外,1号~4号机组循环水泵的可靠性还采取了变频器长期连续运行、工频长期备用的方式,当运行中的变频器故障跳闸后,联动工频泵运行。

2.2.2 “一拖一带自动工频旁路”的接入方式

5号、6号锅炉一、二次风机原设计也采用“一拖一带手动工频旁路”的接入方式,和上述1号、2号机组送、引风机等相同。但因为一、二次风机变频功率非常大(一次风机变频额定容量为3 550 kVA,二次风机为2 500 kVA),且各厂家变频器质量良莠不齐,一、二次风机变频跳闸频繁,对机组整体安全运行威胁较大。今年,该厂已将6号炉一次风

机变频改为了自动工频旁路的方式,5号炉一次风机也正在进行改造。

自动工频旁路方式接线如图2所示。

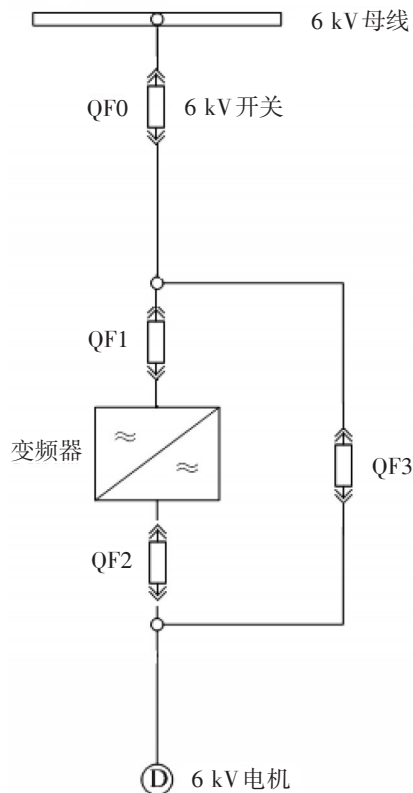


图2 “一拖一带自动工频旁路”接线

当高压开关QF0、QF1、QF2合闸,QF3分闸时,一次风机为变频状态;QF0、QF3合闸,QF1、QF2分闸时,一次风机为工频状态。

这种方式的优点是当变频故障跳闸后(QF1和QF2跳开),PLC立即发指令实现QF3合闸,自动转为工频运行,整个切换过程约(2~3)s,对机组的扰动较小;缺点是高压开关多,投资相对较大。

2.2.3 “一拖二带手动工频旁路”的接入方式

为节约建设成本,同时兼顾可靠性和经济性,5号、6号机组凝结水泵采用“一拖二带手动工频旁路”的接入方式(如图3所示)。正常运行时,一台凝结水泵为变频运行方式,另一台为工频旁路备用,当运行中变频器故障跳闸,则自动联启备用的工频泵运行,保障了系统的正常运行。当变频器处理好以后,也可以将原工频备用泵切换为变频运行方式。该种变频器接入方式灵活性较好。

2.3 变频器对环境的要求

变频器是由大量的电子元器件组成,因此对

环境温度、湿度、粉尘要求相当高。

2.3.1 环境温度

变频器的冷却方式有3种:直接空调冷却、直接水冷器风冷和空调+水冷器风冷结合的方式。通常,其运行环境温度应控制在在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上须降负荷使用,最高不能超过 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,环境温度每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,需降低出力4%。

2.3.2 湿度

要求空气的相对湿度 $\leq 90\%$,无结露,变频器应避免置于太阳直晒的环境中。

2.3.3 粉尘

由于粉尘具有导电性、腐蚀性,变频器在粉尘浓度大的环境中运行,可能会因粉尘聚集在电路板上造成短路或腐蚀,因此,变频器最好在密闭的环境中运行,否则,必须在变频室的孔洞处加高密度的滤网。

3 应用变频技术产生的效益

3.1 1号锅炉送风机变频节能效果

1号炉送风机于2006年10月应用变频技术,

也是本厂最早应用的。据统计,在送风机投运变频器前,1号锅炉送风机厂用电率为0.98%(送风机耗电量占发电量的比率);投运后,厂用电率为0.70%,降低了0.28%。节能效果为 $0.28\%/0.98\% = 28.6\%$ 。

3.2 1号、2号锅炉引风机变频节能效果

投运变频器前,1号、2号锅炉引风机厂用电率为0.90%;投运后,厂用电率为0.26%,降低了0.64%。节能效果为 $0.64\%/0.90\% = 71\%$ 。

3.3 1号、2号汽轮机循环水泵变频节能效果

根据云浮发电厂生产报表,1号、2号机组循环水泵改变频前,其厂用电单耗平均为0.80%;改变频后,厂用电率降低为0.58%,降低了0.22%。节能效果为 $0.22\%/0.80\% = 27.5\%$ 。

3.4 1号~4号增压风机变频节能效果

据云浮电厂生产报表统计,1号~4号增压风机变频节能效果约40%。

3.5 C厂一次风机变频节能效果

6号锅炉一次风机在变频器投运前,风机电流约为250 A,投运后,在相同机组负荷及其他参数基本相同的情况下,电流降为170 A。节能效果为 $(250-170)/250 = 32\%$ 。

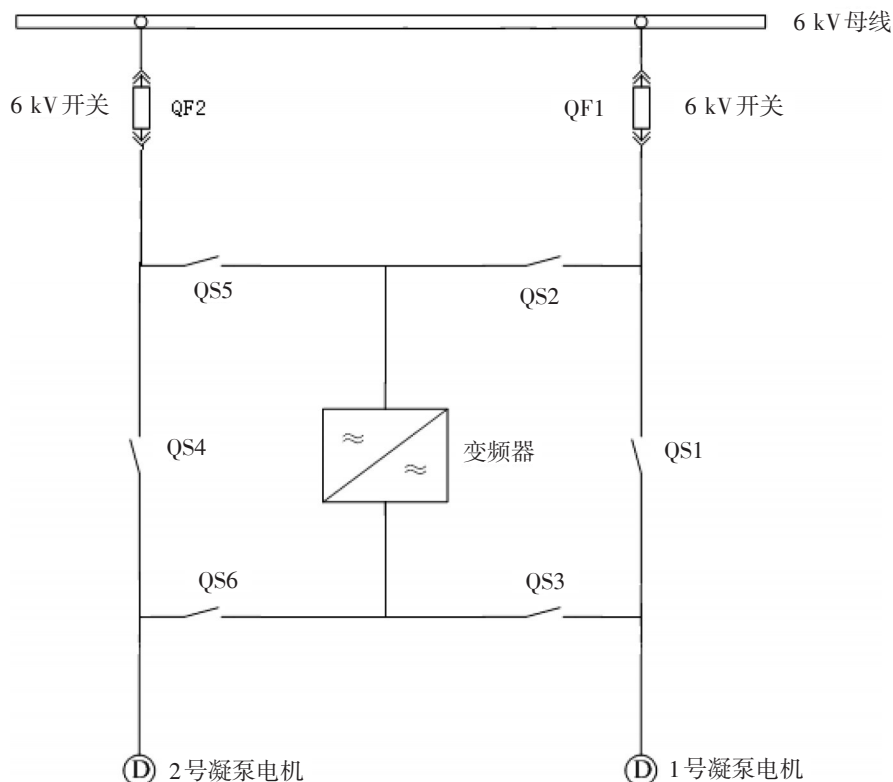


图3 “一拖二带手动工频旁路”接线

经计算,云浮发电厂应用变频技术后,每年节约厂用电消耗成本约合人民币700万元,节能降耗的经济效益相当可观。

应用变频器的节能效果不能一概而论。当原设计为节流调节流量且辅机调节裕量较大时,改为变频调节后节能效果较好;如果原设计辅机裕量不大,基本在全出力状态运行时,则改为变频节能效果不理想;对同一台辅机,应用变频技术后,在接近额定转速(全出力)时节能效果不大,在低转速(低负荷)下节能效果很好。当风机转速降低后,其轴功率随转速的三次方降低,驱动风机的电机所需的电功率亦相应降低。

4 变频器可靠性对比

众所周知,安全是电力生产的基石,没有安全生产,节能降耗就会沦为一句空话。在选用变频器时,尽量选用质量可靠、能长期连续稳定运行的产品最为理想。我厂大型辅机变频器共选用了4个生产厂家的产品,产品性能各有千秋,其可靠性对比如下。

4.1 北京利德华福公司产品

1号锅炉送风机、1号~4号机组增压风机、1号~4号机循环水泵共10台变频器选用北京利德华福公司的产品。从2006年10月应用至今,1号炉送风机变频尚未出现过故障,循环水泵出现过轻故障报警,但未出现重故障跳闸的情况。

4.2 成都东方日立公司产品

1号、2号炉引风机及2号炉送风机共6台选用成都东方日立公司的产品。从2009年4月开始投入运行,至2010年上半年,2台炉引风机先后出现过多次轻故障报警和重故障跳闸事件(主要为控制模块通信故障),送风机没发生过重故障跳闸。经过厂家处理后,最近1年多再未出现过跳闸故障。

4.3 广东明阳龙源电子公司产品

5号、6号机组一、二次风机及凝结水泵均选用广东明阳龙源电力电子公司的产品。5号、6号机

组从2010年6月进入整组试运行期间,一、二次风机均出现过多次重跳闸故障,主要故障原因为功率模块烧损。

4.4 广州智光公司产品

5号机组循环水泵选用广州智光产品,从2012年2月中旬投运至4月,未出现过跳闸。

仅通过比较跳闸次数或故障报警信息判断变频质量未免片面,有失偏颇,变频器运行状况的好坏还与其本身的容量大小、所处的运行环境等等有直接关系。因此,以上分析仅作参考。

5 结论

(1)高功率电机应用变频技术,可以起到很好的节能效果。一般情况下,改造变频前运行余量越大的辅机,使用变频后节能效果也就越好。

(2)变频器的接入方式有多种。“一拖一带手工频旁路”方式简单,投资少,但变频器重故障跳闸后,对应辅机立即跳闸,可靠性较差,且“变频—工频”切换复杂;“一拖一带自动工频旁路”方式需增加3台开关,投资增多,但可靠性好,即使变频故障跳闸,系统将自动转为工频运行,无需人为干预,可靠性大大提高;“一拖二方式”结构复杂,但1台变频器可切换供2台电机使用,投资少,缺点是转换操作复杂。企业应根据自身的实际情况选择合理的接入方式。

(3)高压电机变频器运行条件较为苛刻,选择安装位置时应考虑避开大量粉尘、高温、潮湿的环境。

(4)在选用变频器时,其可靠性应作为重要评判指标,以期在运行过程中能保持长周期稳定运行。

参考文献:

- [1] 李德林.变频器在节能方面的应用和节能原理[J].电气开关,2006(01):34-35.
- [2] 严敬.工程流体力学[M].四川:重庆大学出版社,2007.
- [3] 高压变频调速系统HARSVERT-A系列技术手册[Z].北京利德华福技术有限公司,2006.
- [3] 阎智,宁晓棠.发电机定子铁心损耗试验应注意的问题[J].新疆电力.2004,87(4):14-16.
- [4] 张葆昌,周德贵,程地莲等.高压电气设备试验方法.北京:水利电力出版社.1984.

(上接第7页)

化试验导则[S].

- [2] 邵德斌,应宗明.大型汽轮发电机组定子铁心损耗现场试验探讨[J].福建电力与电工.2007,27(2):38-40.