

[海上平台]

海上平台大功率水冷变频器的技术讨论

文/陈 鑫 郭明荃 冯可梁 杜银昌 田志强
海洋石油工程股份有限公司设计公司

目前海上平台大功率压缩机及电动机使用频率变多,大功率变频器的设计和选型变得普遍。对于大功率变频器来说,冷却方式一般需要水冷却,而大功率水冷变频器在海上平台使用较少,还有一些技术问题需要研究。以东海某平台为例,对海上平台大功率水冷变频器进行讨论。

目前海上平台产量增多,用电设备的功率也随之变大,大功率压缩机和泵的变频设计成为设计重点。而大功率变频器作为变频的最佳方式,是海上平台普遍的设计方案。对于国内外大部分变频器产品,功率超过6 000 kW以上,一般采用水冷作为变频器的冷却方式。大功率水冷变频器在海上平台应用较少,很多选型设计问题还需要深入研究。

东海某平台湿气压缩机的功率达到8 500 kW,需要使用变频装置,本文对此设计方案进行讨论。

变频方式的选择

海上平台对于变频装置的选择一般有高压变频器和液力耦合器两种方案。本文对两种方案进行技术比较。

(1) 调速范围

变频器调速范围宽,在100:1~1 000:1之间;液力耦合器调速范围窄,在4:1左右。

(2) 调速精度

变频器可在0.1 Hz调速,有精度高、稳定性高的优点。液力耦合器调速精度差,转速波动差,调速与压力不能成正比。而精度高意味着所传动的风

机的风压、风量或水泵的扬程、流量相对稳定。

(3) 效率

变频器为97%(20%负载以上),液力耦合器的效率与调速成正比。负载的转速越低,效率越低。

(4) 起动性能

变频器为软起动,不会对配电网和电动机负载造成冲击,起动电流可以控制在额定电流以内。液力耦合器为全压直接起动,对配电网和电动机负载冲击大,起动电流一般为额定电流的6~8倍。

起动电流对配电网的冲击是平台设计可靠性的重要参考标准。

(5) 维修工作量

变频器维修工作量小,平均1年进行一次保养维护。液力耦合器维修工作量大,打坏齿轮和漏油是常事,维修次数较频繁。

(6) 成本

变频器的价格较液力耦合器价格高。

根据上述比较,对于平台变频方案,高压变频器的优点多,更适合作为项目中变频方案。但大功率变频器的选型设计还有很多问题,比如冷却方式的配合、换热器的材质等。

高压变频器的设计选型注意事项

对于海上平台，变频器的设计很普遍，但对于大功率的高压变频器，市面上的国内外产品一般采用水冷冷却的形式，因此也带来很多问题。

1) 海洋平台安装空间非常狭小，平台上盐雾大，室内屋顶有滴水，要求装置具有三防保护（防潮、防霉及防盐雾），并且对垂直滴水要有防护。

2) 当变压器空载合闸或外部故障排除后电压

恢复时，由于铁心中的磁通不能突变，变压器的铁心将严重饱和。此时在变压器线圈内将出现很大冲击电流，即励磁涌流。本平台高压大功率变频器前端需要10 MV·A左右移相变压器，励磁涌流幅值可以达到变压器额定电流的6~8倍，变压器的励磁涌流的抑制怎么考虑？系统一次接线示意图如图1所示。

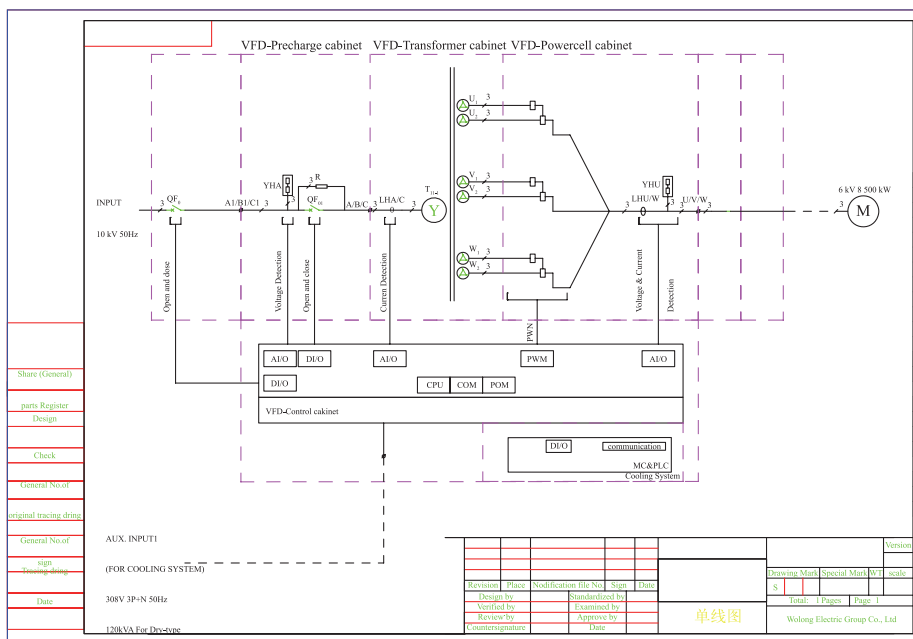


图1 系统一次接线示意图

3) 水冷却装置的选择上面，作为变频器内部循环采用哪种介质？换热器的材质选用怎么考虑？变频器现场图如图2所示。



图2 变频器现场图

4) 变频器的冷却是水冷却，但外循环的管线连接位置如何考虑？

5) 变频器的内部电容怎么选用，才能满足海上条件及减少维修？

6) 由于变频器散热量很大，需要考虑并校核变频器房间通风能力。

7) 压缩机的控制盘及高压变频器的电源需要不间断电源，应如何考虑供电电源？

8) 变频器作为一个独立的用电设备，如何考虑可靠运行？整流逆变功率模块等需要哪些功能？

高压变频器选型设计的方案

结合本项目的特点及海上平台环境的特殊性，对于高压变频器的选型应做到以下几点。

1) 对于变频器的防护，需要做到机柜内部的所有绝缘件喷涂三防绝缘漆，柜体防护等级要在IP23以上，并且对于内部损伤最严重的线路板需要采用防潮绝缘图层来满足海上环境。在润滑油橇体、干气密封控制盘及变频器橇体设备上，设有电加热器，能够满足流体过程中防冷凝的需求。

2) 对于变频器前端变压器的励磁涌流问题,励磁涌流抑制方法主要是串联电阻法和选相位合闸法。串联电阻法指变压器合闸时,在变压器的一次输入端与配电网间串联适当电阻,可以限制冲击电流,待冲击电流衰减到额定电流之内时,再将限流电阻切除。串联电阻法能有效限制冲击电流,有利于合闸冲击电流的快速衰减。选相位合闸法,从变压器励磁涌流的影响因素可知,变压器励磁涌流的大小与合闸的初相角有很大关系。通过控制三相合闸的时间,即控制三相开关合闸的初相角来削弱励磁涌流的幅值。

结合项目的实际情况,本项目采用的是串联电阻法方案。整个电过程分为两步,首先馈电开关闭合,旁路开关断开,高压电源通过限流电阻给变压器励磁和直流电容充电,充电完成后,闭合旁路开关将限流电阻旁路,变频器完成预充电和上电过程,有效地消除变压器上电产生的励磁涌流冲击。高压预充电原理图如图3所示。

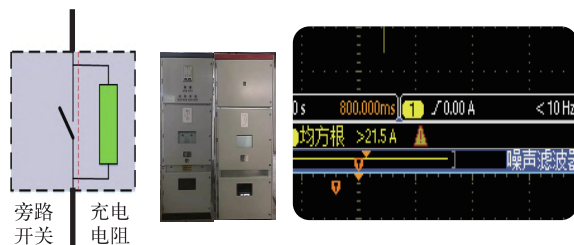


图3 高压预充电原理图

3) 对于水-水冷却方式,变频器内部去离子水闭式循环为功率器件冷却。

4) 考虑到项目特殊性,将板式换热器通过管路外置于水冷装置,防止由于管路漏水而导致海水侵入设备内部。

5) 变频器内外循环热交换器的材质选择,如外循环为海水,交换器材质需要使用Ti合金;如外循环为淡水,交换器材质可以使用不锈钢316 L。

6) 根据平台特殊性,确认变频器配套的整流变压器采用干式变压器,空冷(空调冷却)变频器采用水-水冷却器,采用闭式循环冷却方式,功率单元采用水冷功率单元,整体散热功率约为120 kW,主要散热量在变压器上,变频器热量由水带走。

7) 变频器内部电容应采用膜式电容,是一种自修复式电容,在项目规格书中体现,能大大减少维

护更换频率。

8) 压缩机用变频器中,压缩机的UCP和变频器的UPS电源需求大,宜厂家单独设置压缩机UPS放在UCP内,能减少平台UPS的电池数量,节省空间。

9) 为满足设备高效可靠运行,对于发生短路等故障时不会对平台上端断路器产生影响,整流逆功率模块需要具有如下完善的功能。

过电压保护:要求功率模块在母线电压异常的情况下及时进行保护。母线直流电压超过允许电压的高限(2 700 V)。

欠电压保护:母线直流电压降到允许电压的底限(1 470 V)。

温度预警:要求功率模块在工作情况下,实时监测工作温度的变化情况。单元温度超过上限(80°)。

缺相保护:要求在功率单元熔断器熔断后,能够及时有效进行反馈。

驱动保护:要求驱动电路能够有效地控制IGBT,同时能够进行IGBT短路保护、高级有源钳位、驱动电源欠电压保护。能够反馈IGBT驱动状态。

变频功率单元原理示意图如图4所示。

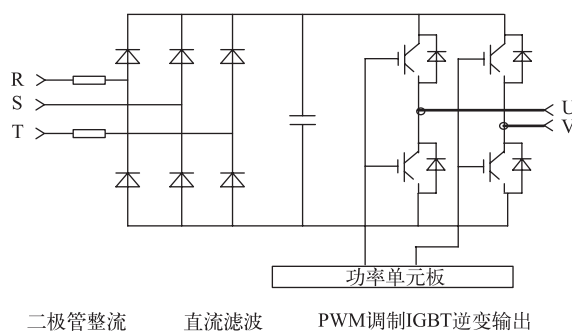


图4 变频功率单元原理示意图

结束语

根据对东海某平台的湿气压缩机变频方式的讨论可知,海上平台宜采用高压变频器作为大功率设备的变频方式,并且针对大功率变频器的各个注意事项做了针对性的选型研究,得到一套适合平台上高压变频器的设计方案。EA

(收稿日期:2022-02-11)