

· 基础研究 ·

负载换流式变频器水冷系统及其故障处理

Water cooling system of load commutating converter and its failure treatment

吴书泉, 邵建强

WU Shu-quan, SHAO Jian-qiang

(杭州华电半山发电有限公司, 浙江 杭州 310015)

(Huadian Hangzhou Banshan Power Generation Corporation Limited, Hangzhou 310015, China)

摘要:介绍了负载换流式变频器的基本结构及作用,在此基础上,论述了负载换流式变频器的冷却方式、冷却效果、冷却系统、冷却装置及其元件。对负载换流式变频器的冷却系统出现的故障进行了分析,指出了负载换流式变频器水冷系统在运行中应注意的事项,采取了相应的措施,避免了故障再次发生。

关键词:负载换流式变频器;水冷却系统;故障;分析

中图分类号:TK 414.2⁺1 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2008)09-0021-03

Abstract:The essential structure and function of load commutating converter were presented. Based on this, the cooling mode, cooling effect, cooling system, cooling devices and its elements were described. The failures occurred in cooling system of load commutating converter were analyzed, the matters needing attention in water cooling system operation of load commutating converter were pointed out, and the appropriate measures have been taken, then the similar failure was avoided.

Key words:load commutating converter; water cooling system; failure; analysis

0 引言

杭州华电半山发电有限公司从美国 GE 公司引进 3 套 S109FA 级重型燃气轮机,是国家“西气东输”的配套工程,燃气轮机采用单轴形式。整套燃气轮机的启动利用负载换流式 LCI (Load Commutated Inverter) 变频装置,在启动过程中,LCI 变频器给发电机定子提供了频率可变的三相交流电,同时静态励磁系统 EX2100 给发电机转子提供直流电,这样使同步发电机变为同步电机带动燃气轮机一起转动。随着 LCI 变频器输出功率及电流频率的提高其转速相应上升,在控制系统 MARK VI 的控制下,LCI 变频器拖动燃机完成从对燃机的清吹、点火、暖机、升速及燃机自持的全过程,待转速升至额定转速的 90% 时,LCI 变频器完成启动任务而自动退出。因此,维护好 LCI 变频器对于“日开夜停”频繁启停的燃汽机组来说非常重要。

1 LCI 变频器的基本构成

LCI 变频器主要由 3 相 12 脉冲整流器和 3 相 6 脉冲逆变器及控制器组成。整流器由隔离变压器进行供电,整流器和逆变器通过 DC 链路电抗器连接在一起。最后,LCI 变频器逆变器的输出经 AC 线路电抗器至发电机定子线圈。

从结构上来分,LCI 变频器由 3 个主要柜体组成,分别为控制柜、整流柜和逆变柜。控制柜的主要功能是控制、通讯以及保护。LCI 变频器对外与燃机控制系统 MARK VI、励磁系统 EX2100 相互通讯共同完成对燃机的启动过程,对内控制着整流桥路和逆变桥路的门控触发信号,实现对交流电的频率改变。

整流柜内有 2 组整流桥路,将隔离变压器输出的 2.08 kV 交流电经全波整流成 4.16 kV 的直流电,2 组整流桥共 12 组晶闸管。内部还包含门控放大电路板(将控制过来的门控信号放大成高电压的门控触发电源)以及各种反馈电路板。

逆变柜内有 1 个逆变桥路共 6 组晶闸管,它包含门控放大电路板和各种反馈电路板。

2 LCI 变频器晶闸管的冷却

LCI 变频器的冷却其实是针对整流桥路和逆变桥路中晶闸管的冷却。常见的冷却方式是风冷,在桥路上部或下部安装冷却风扇,强迫空气循环对晶

闸管的冷却鳍片进行表面冷却,但 LCI 变频器在发电机启动过程中电流较大,风冷并不能很好地冷却,LCI 变频器的每个桥路在启动过程产生热量,因此,LCI 变频器采用了效果更为突出的水冷。桥路的冷却管路图如图 1 所示。

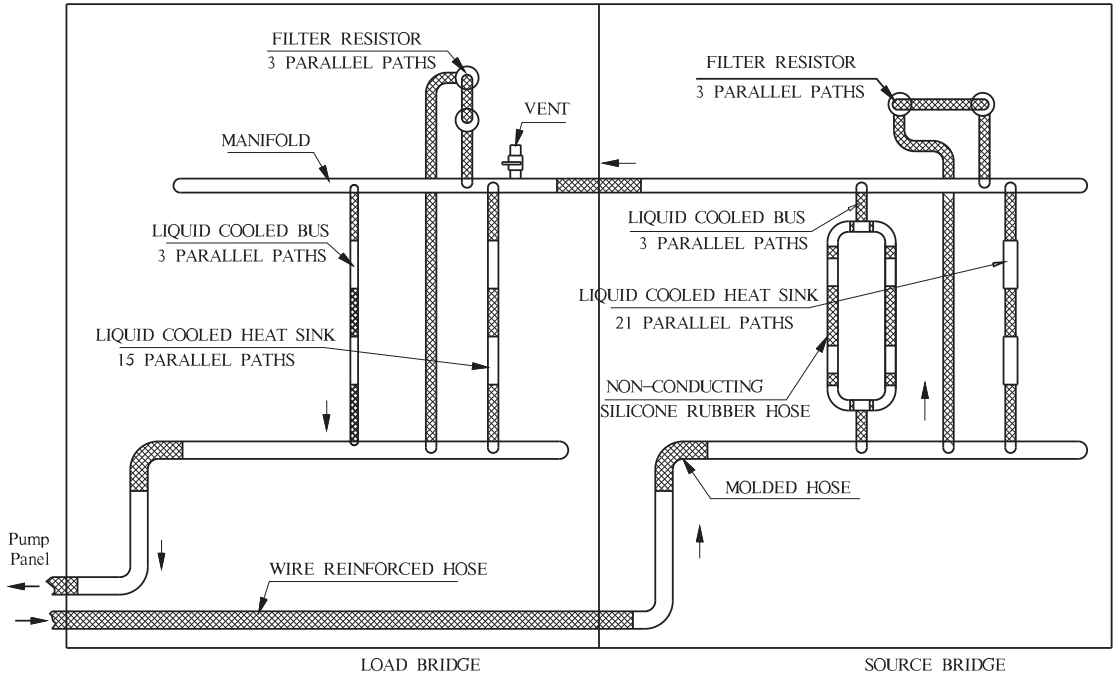


图 1 桥路的冷却管路

GE 公司提供的 LCI 变频器水冷却装置由 1 个外圈循环与 1 个内圈循环组成,冷却水泵采用并联方式,一主一备,出口分 2 路,一路至外圈循环,另一路至内循环。外圈循环的冷却水通过软管先经板式热交换器(由闭式水冷却),到整流桥路的下部冷却水母管,再通过软管接到晶闸管的散热片内带走热量,水继续流向桥路上部的冷却母管,再流经逆变桥路冷却后排出,回到冷却水泵的进口,该回路的主要作用是高效冷却。内循环冷却水经过滤器、去离子器、水箱最后回到冷却水泵的进口,该回路的作用是提高水质,使之达到使用要求。

LCI 变频器对水质及水循环的效率要求较高,一是水的电阻率要大于 $1 \text{ M}\Omega/\text{cm}$,由于散热片导通电流,冷却水的绝缘问题是此冷却系统的关键问题,若绝缘不合格,会造成各个晶闸管的短路;二是冷却水走外循环的效率要高,回路不能有堵塞现象,板式冷却器的冷却效率要高。

3 LCI 变频器冷却泵柜系统

LCI 变频器冷却泵柜结构图如图 2 所示。

冷却泵柜主要元件的作用有以下 4 个方面。

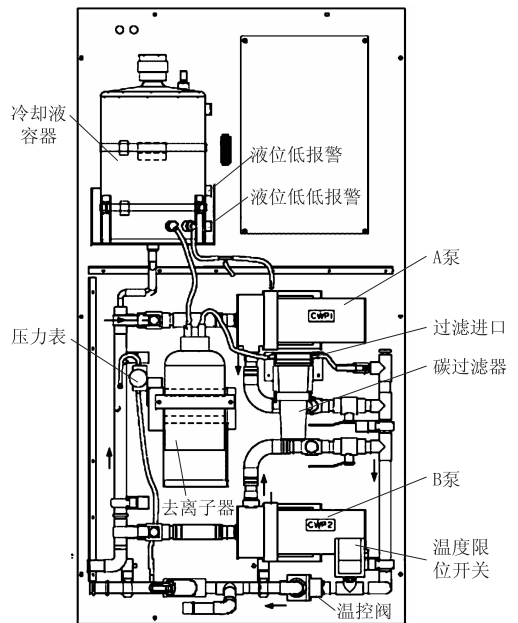


图 2 LCI 变频器冷却泵柜结构

(1)冷却水泵。给冷却水提供压差,使之建立内、外循环。

(2)去离子器。除去冷却水内的离子,增大冷却水的电阻率。

(3)温控阀。控制冷却水到外部热交换器的流

量,将冷却水温度控制在 18 ~ 30 ℃ 之间。

(4)防止冷却水太冷,使得在冷却水母管上结露,水滴滴到桥路设备上,造成绝缘下降。

4 LCI 变频器冷却系统系统图、元件及参数

LCI 变频器冷却系统系统图如图 3 所示。

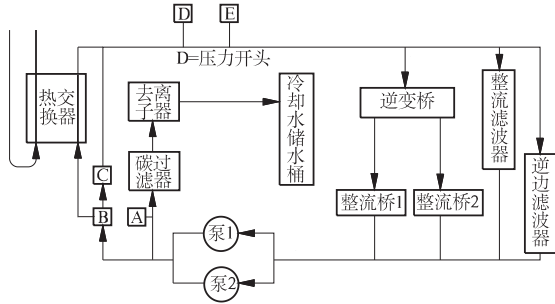


图3 LCI 变频器冷却系统图

由图3可知,LCI变频器冷却系统为2个闭式循环组成。内圈循环的作用是补水、去离子和过滤。A元件为电阻/温度传感器,它将冷却水的温度和电阻传到控制系统,当电阻率小于 $1\text{ M}\Omega/\text{cm}$ 时发电阻率低报警,当电阻率小于 $0.5\text{ M}\Omega/\text{cm}$ 时禁止启动LCI变频器(LCI变频器在运行中,冷却水的电阻率会随温度的升高而降低,降低到 $0.5\text{ M}\Omega/\text{cm}$ 以下,跳LCI变频器,中断启动)。外圈循环的作用是冷却各个桥路和滤波器。B元件为温控阀门,它调节冷却循环和去外部热交换器的分流流量。C元件为手动三通阀,在温控阀门A故障的时候,手动调节分流流量。D元件为压力开关检测管路上的水流压力,管路水流的正常压力为 $103\sim 276\text{ Pa}$,当压力小于 103 Pa 时,联锁切换泵。E元件为压力表,表前有个手动阀门,接通手动阀门后就能显示压力值。

LCI变频器冷却水系统主要技术参数如下:泵数,2 EA;泵功率, $1\ 470\text{ W}$;泵体积流量, $113.6\text{ L}/\text{min}$;泵压力, 345 kPa ;正常温度范围, $0\sim 40\text{ }^\circ\text{C}$ ($104\text{ }^\circ\text{F}$)。

5 LCI 变频器冷却系统的运行及维护

(1)发电机组不论是否停机,LCI变频器的冷却系统必须长期投入运行,且定期进行巡检,确保其压力、电阻率合格。

(2)冷却水电阻率是必须严格控制的参数,因此,需要在冷却水中兑入5:1的丙乙二醇,其作用是提高电阻率和防冻。由于冷却水容器是与大气相通,如果内循环(流经去离子器)不循环,冷却水的电阻率将会下降,不能维持在一个高电阻率的状态。

这决定了2台冗余泵中的1台必须长期运行。

(3)周期性的换泵运行,确认2台泵互为热备用。

(4)注意液位报警。液位高报警说明加入的冷却水太多,导致了泵的进口压力太大,需要排放。液位低报警提醒运行人员需要加入冷却水。液位低报警跳LCI变频器,以防止泵打空泵、干转,需紧急加冷却液,否则,无法运行启动LCI变频器。

(5)电阻率低报警。说明冷却水的电阻率很低,可能出现的原因有去离子器的化学介质失效(需要更新)、内循环管路堵塞不畅通(泵没有形成压差)和未能带动冷却水循环等。

(6)温度高报警。说明冷却系统冷却效果不好,可能出现的原因有去外部热交换器的流量小(或没有)、外圈循环管路堵塞和管路内存在空气等。

(7)压力低报警。说明管路冷却水流小,循环不畅通。

(8)冷却水必须使用经过处理的化学除盐水。

6 现场出现故障分析及处理措施

(1)杭州华电半山发电有限公司#2 LCI变频器带发电机启动,当发电机转速达到70%时,出现温度高报警,跳LCI变频器装置。检查过程中发现冷却水泵运行正常,电阻率在LCI变频器启动前正常,启动中随温度的升高而有所降低。由于泵和电阻率均是正常的,因此,确定冷却水内圈循环正常。在启动中泵一直没有切换,这说明管路上冷却水流压力正常,推出外圈循环管路也正常。因此,技术人员认定外部的热交换器存在问题。经过对外部热交换器的检查,热交换器没有问题。既然热交换器检查后没有问题,因此,能引起温度高报警的只能是外圈循环出现了问题。在检查压力开关的时候发现,送到控制器的接点为常闭接点,经确认为接线错误,改正接线后,发现2台冷却水泵在不停地切换,说明压力开关动作,管路上的压力小于 103 Pa 。因此,外圈循环管路中的确存在问题。重点检查外圈管路上的温控阀门和手动三通阀。发现温控阀门和手动三通阀出现了问题。温控阀温度调节能力不好,去外部热交换器的流量很小,而手动三通阀门的阀芯位置装错,不管选择阀门处于哪个方向,去外部热交换器的那路都不通。通过对这2个阀门的更换及检修,故障解除。

其实该故障在出厂安装前就存在,但由于调试阶段在冬季,温度较低,温度没有达到跳机的值,

因此一直没有发现。

(2) LCI 变频器的电阻率低而常报警。最初怀疑原配去离子器的滤心树脂失效,对去离子器进行更换后,发现电阻率依然没有上升的趋势。因此,作者怀疑冷却水的水质有问题,进而对冷却水进行全面更换,依然没有效果。经过对内圈循环系统全面检查后发现是碳过滤器出现了堵塞,更换该元件后,电阻率上升。

7 结论

作者通过对此次故障的处理积累了一些经验和体会,主要内容总结如下:

(1) 要检查内圈循环是否有堵塞的简便方法是断开与去离子器的软管接头,按接头的堵头看是否

有高压力的冷却水射出,如有则说明循环正常,若没有则说明内圈循环出现了问题;

(2) 在换冷却水的时候,要注意在冷却水母管上(逆变柜内)的排空小阀门需要打开,这样,才能使在换水的过程中压出整个闭式循环内的空气。如果有空气存在会影响电阻率的上升,还会影响对桥路的冷却效果。

(编辑:王书平)

作者简介:

吴书泉(1979—),男,浙江建德人,杭州华电半山发电有限公司工程师,从事发电厂检修管理方面的工作。

邵建强(1964—),男,浙江杭州人,杭州华电半山发电有限公司工程师,从事发电厂检修管理方面的工作。