

300MW 火电机组循环水泵电机变频改造研究

李博¹ 雷海东¹ 董鹏² 刘玉铎¹ 张军²

1 大连发电有限责任公司 2 国家电投东北电力有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11450

[摘要] 本文主要针对300MW火电机组循环水泵电机进行了变频改造相关研究。文章在阐述了改造的背景与必要性的基础上,详细地介绍了改造方案,涵盖增配、拆除和保留设备等内容,并深入地分析技术难点。对改造后的效果和节能效益进行了全面评估,其中包括了显著的节能效果和多方面的经济效益,如降低运行成本、提高设备可靠性和增强调节灵活性等。

[关键词] 300MW火电机组; 循环水泵电机; 变频改造; 节能效益

中图分类号: F407.63 **文献标识码:** A

Research on frequency conversion transformation of circulating water pump motor of 300MW thermal power unit

Bo Li¹ Haidong Lei¹ Peng Dong² Yuduo Liu¹ Jun Zhang²

1 Dalian Power Generation Co., LTD. 2 State Power Investment Northeast Electric Power Co., LTD.

[Abstract] This paper mainly focuses on the circulating water pump motor of 300MW thermal power unit. On the basis of explaining the background and necessity of the transformation, this paper introduces the transformation scheme in detail, covering the addition, dismantling and retaining equipment, and analyzes the technical difficulties deeply. The effect and energy saving benefit of the transformation are comprehensively evaluated, including significant energy saving effect and various economic benefits, such as reducing operation cost, improving equipment reliability and enhancing adjustment flexibility.

[Key words] 300MW thermal power unit; circulating water pump motor; frequency conversion transformation; energy saving benefit

引言

循环水泵作为火电机组的重要辅助设备,其耗电量占厂用电的比例较大。电力行业工作人员通过对循环水泵电机进行变频改造,即可实现对循环水流量的精确控制,从而降低电机能耗,以提高机组的整体运行效率。本文以300MW火电机组为例,对于循环水泵电机变频改造进行了深入研究,希望能够为火电机组的节能降耗提供有益的参考和借鉴。

1 改造背景与必要性

1.1 能源形势与环保要求

当前全球能源形势日益紧张,致使能源价格不断上涨。同时社会对于环保相关的要求也越来越严格,因此火电机组需要降低能耗和污染物排放,才能满足可持续发展的要求。而在这种背景下,提高火电机组的能源利用效率就成为电力行业的当务之急。其中循环水泵作为火电机组的重要耗能设备,对此方面进行节能改造具有重要的现实意义。

1.2 循环水泵运行现状

某电厂为2×300MW供热燃煤发电机组,其循环水系统配备

的循环水泵为高低两档定速运行泵,所以循环水量无法线性调节。因此当机组负荷或外界气温发生变化时,工作人员需进行启停循环水泵来实现流量调节,但这种定量调节方式存在循环水流量浪费的情况,会导致厂用电损失较多。

近年来由于电力能源结构的改变,使得火电板块作为电网调峰的主要支撑对象,机组负荷变化幅度大,且循环泵启停非常频繁。如此频繁的启停对电机的定转子损坏极大,会造成电机定、转子整体性能下降,进而导致电机损坏事件频发。例如在2022年,某电厂4台循环水泵电机均因频繁启停造成了不同程度的损坏,本次损坏总计维修资金达74.48万。而且由于电机维修的工期较长,又发生交叉损坏,所以不仅失去了备用,并且也难以维持调度要求的运行方式和负荷增减的要求。

1.3 变频改造的必要性

1.3.1 节能降耗: 电力工作人员通过对循环水泵电机进行变频改造,能够实现对循环水流量的精确控制,即根据机组负荷和外界气温的变化实时地调整循环水泵的转速,从而使电机功率与负荷匹配,并降低能耗。

1.3.2提高运行效率:若精确地控制了循环水流量,就可以提高机组的热效率,进而降低发电成本。

1.3.3延长设备寿命:工作人员通过减少循环泵的启停次数,即可降低设备磨损,从而延长设备的使用寿命,特别是电机的定转子。

1.3.4增强调节灵活性:以机组负荷变化为根本,实时地调整循环水流量,能够有效地提高机组的运行稳定性和可靠性。如此即可适应电网调峰需求,保证机组的安全稳定运行。

2 改造方案与技术难点

2.1改造方案

2.1.1增配设备。(1)变频器:工作过程中选择合适的变频器是相关人员进行变频改造的关键。本次改造选择变频器时考虑了功率等级、控制方式、过载能力等因素,因此选用合资或进口的高压变频器(2240KVA),共2套。由于该变频器具有良好的性能和可靠性,所以其能够满足循环水泵电机的运行要求。(2)配套旁路柜:本次采用了自动一拖二(接触器)形式的配套旁路柜2套,其主要用于在变频器故障时实现电机的工频运行切换,能够保证机组的正常运行^[1]。(3)空调:为了保证变频器的正常运行环境,本项目配置6套10P空调(含辅材)及1套空调配电箱。(4)模拟量输入模块、输出模块、开关量输入模块、输出模块和热电阻输入模块:上述内容各2套,且选用的是国电智深品牌,主要用于热控组态,以实现对循环水泵电机的精确控制。(5)机柜、电源及附件:该部分内容为1面国电智深控制柜,其能为整个系统提供稳定的电源和控制环境。

2.1.2拆除设备。在本次改造中并没有明确需要拆除的设备。

2.1.3保留设备。(1)循环水泵:本次改造保留了长沙天鹅工业泵股份有限公司生产的1600HLBK-22.7型斜流式循环水泵。(2)电机:电机方面,本次保留了湘潭电机厂生产的YKSLD1500/1000-14/16型高低速电动机。

2.2技术难点

2.2.1变频器选型。(1)功率等级:实践中需根据循环水泵电机的功率,来选择合适的变频器功率等级。在本次改造过程中,循环水泵电机的额定功率为1500/1000KW,因此选用的高压变频器功率为2240KVA,其能够满足电机的驱动需求。(2)控制方式:变频器应具有多种控制方式,如矢量控制、V/F控制等,以满足不同工况下的运行要求。而本次选用的变频器应具备精确的转速控制和良好的动态响应性能,才能使其根据机组负荷变化实时调整循环水泵的转速。(3)过载能力:考虑到循环水泵在启动和运行过程中可能会出现过载情况,因而变频器应具有一定的过载能力。基于此,本次选用的变频器应能够在短时间内承受1.5倍的额定电流,以确保系统的安全稳定运行。(4)可靠性:由于循环水泵电机是火电机组的重要辅助设备,因此变频器的可靠性至关重要。而本次改造选用了合资或进口的高品质变频器,以降低故障率,与提高系统的可靠性。同时电力企业还加强了工程品控及施工管理,从而确保了变频器的安装和调试质量。

2.2.2控制系统设计。(1)自动变频切换工频和工频切换变频过程:电力人员设计了自动变频切换工频和工频切换变频的控制逻辑,以此确保在变频器故障时能够快速切换到工频运行,从而保证机组的正常运行。该过程的具体操作说明如下:一方面是自动变频切换工频过程:电机变频运行时,当变频器接收到“变频切工频”的信号后,会断KM1(KM2)、KM3(KM4),然后合KM5(KM6),以此确保电机工频运行。另一方面是自动工频切换变频过程:电机工频运行时,变频器在接收到“工频切变频”的信号后,其会合KM1(KM2)再断KM5(KM6),最后合KM3(KM4),从而保证电机变频运行。(2)软充电技术:实践中电力人员采用单元软充电技术,能够极大地减小纹波电流,从而改善纹波电流曲线,并降低纹波电流产生的热损耗,最终有效地提高电解电容使用寿命。具体来说,变压器在6kV高压电合上前先由一路380VAC的充电电源加到移相变压器的三次绕阻(额定380VAC)充电。(3)低压整机调试功能:因为变频器具有低压整机调试功能,所以只需一路380V电源即可完成变频器的整机静态调试,当中包含逻辑组态调速、功率单元上电测试。而当变频器故障时,旁路系统会把变频器与高压电隔离开来,再通过低压调试功能,来维修变频器并检测调试,进而达到上高压调试的目的。(4)单元智能旁通功能:变频器采用IGBT智能旁通技术即可实现单元旁路,以此确保设备运行的稳定可靠。其原理是单元旁通后可自行恢复,无需停机复位^[2]。(5)高效通信技术:因为串行比并行方式可靠性提高4倍。所以变频器主控系统与功率单元通讯方式为串行通讯,而不可采用故障率较高的并行通讯方式。(6)芯片性能优化技术:对于变频器主板上的CPU来说,其要求采用变频器专用芯片RenesasSuperH系列,该系列芯片采用高速带硬件浮点处理器,具有高速的DSP功能,256脚贴片封装。

2.2.3电气连接与保护。(1)电缆敷设:敷设动力及控制电缆,当中包括ZRC-YJY-6/6-3×120、ZR-KVVP212×1.5、ZR-DJYP2VP24×2×1.5、ZRC-VV220.6/1kV3×50+1×25、ZRC-VV220.6/1kV3×25+1×16、ZRC-VV220.6/1kV4×2.5等不同规格的电缆,如此能够确保电力传输的安全可靠。(2)高压电缆中间接头及电缆终端材料:通过采用高质量的高压电缆中间接头及电缆终端材料,即可保证电缆连接的可靠性和安全性。(3)保护措施:电力企业应设计完善的电气保护措施,如过流保护、过压保护、欠压保护、接地保护等,从而确保循环水泵电机和变频器在运行过程中的安全。

3 改造效果与节能效益

3.1节能效果

根据比例定律来说,同一台水泵中,当叶轮直径不变、输送的液体不变,但转速由 n_1 改变为 n_2 时,则在不同转速下相似工况点的对应参数与转速之间的关系为:流量与转速 $Q_1/Q_2=n_1/n_2$;扬程与转速 $H_1/H_2=(n_1/n_2)^2$;轴功率与转速 $P_1/P_2=(n_1/n_2)^3$ 。若按循泵最小扬程为14mH₂O计算,那么循泵转速最低可降至323rpm,在此转速下对应流量为13193t/h、轴功率667kW。此时低速运行按照电机效率是92.5%、联轴器效率99%,进而得出循

泵转速降至最低时电机运行功率为728kW,其相较未改变频低速运行节能272kW·h。

3.2经济效益

3.2.1节约大量运行成本。(1)节能降耗带来的成本节约:电力企业通过变频改造,实现了对循环水流量的精确控制,且降低了电机能耗。实践中预计每台机组各进行一台循泵变频改造后,电力企业年节约费用为55.86万元,即表明了该企业大大降低了机组的运行成本。(2)减少维修资金:如果电力企业频繁启停循环水泵电机,就会对电机的定转子造成极大的损坏,导致该企业在电机维修方面付出的资金高昂。其中在2022年某电厂4台循环水泵电机维修资金达74.48万。而通过变频改造,其极大减少了循泵启停次数,进而极大的降低了循泵电机损坏事件发生,也就节约了大量的维修资金。

3.2.2提高设备可靠性。(1)减少设备磨损:传统的定速运行方式需要频繁调节阀门来控制循环水流量,其会导致阀门和管道的磨损加剧,且降低设备的使用寿命。但对其进行变频改造后,相关人员可以通过调节电机转速来控制循环水流量,以此减少了阀门调节次数,降低了设备磨损,从而延长了设备的使用寿命。(2)降低电机故障发生率:因为循环水泵电机直接启动时,电动机定子绝缘与转子铜条及铁芯承受着启动时大电流及电磁力的冲击。所以频繁启动就容易造成电机转子铜条端部断裂,并且随着启动次数的增加还会致使损坏持续加剧。而转子铜条端部断裂后,鼠笼转子内部会产生开路电压,因此在电机启动瞬间时,有很大的转子电流通过铜条,会造成铜条与铁芯燕尾槽放电,最终使铁芯烧损黏连。同时因为鼠笼条断裂后受离心力的作用,会出现局部甩出现象,从而造成定子绕组端部主绝缘被甩出的转子铜排损伤,造成定子绕组损坏等问题^[3]。但纪念性变频改造后,电力企业减少了电机的启停次数,所以降低了电机故障发生率,并提高了设备的可靠性。

3.2.3增强调节灵活性。(1)循环水量线性调节:电力企业进行变频改造后,其循环水泵的循环水量可以实现线性调节。此

时当机组负荷或外界气温发生变化时,其可以通过调节循环水泵转速来实现流量调节,从而减少了原定量调节泵造成循环水流量浪费的情况。(2)适应电网调峰需求:近年来火电板块作为电网调峰的主要支撑对象,其机组负荷变化幅度大。但进行变频改造后,电力工作人员可以根据机组负荷变化实时调整循环水流量,以此提高了机组的运行稳定性和可靠性,且适应了电网调峰需求。

4 结语

基于上述内容而言,300MW火电机组循环水泵电机变频改造是一项具有重要意义的技术升级措施。电力企业通过对循环水泵电机进行变频改造,可解决传统定速运行方式存在的流量调节不灵活、电机能耗高、设备磨损严重等问题,从而实现节能降耗、提高运行效率、延长设备寿命、增强调节灵活性等目标。本次文章所述的改造项目选用了合适的变频器和配套设备,设计了合理的控制系统,以此解决了技术难点,并取得了显著的节能效果和经济效益。同时该项目也为其他火电机组的循环水泵电机变频改造提供了有益的参考和借鉴。相信在未来的发展中,伴随着能源需求的不断增长和环保要求的日益严格,变频技术将会在火电机组的节能降耗中发挥出越来越重要的作用。

[参考文献]

- [1]李传勇.300MW火电机组厂用电分析及节电措施[J].科技风,2019,(03):177.
- [2]贾育康,赵力芬.300MW火电机组厂用电分析及节电措施[J].山西电力,2009,(02):49-51.
- [3]解立锋.300MW火电机组整体启动节电节油的探索[J].科技资讯,2012,(33):136.

作者简介:

李博(1984—),男,汉族,辽宁省朝阳市人,高级工程师,本科,热动力学。