

机电一体化应用行星齿轮调速与变频调速的分析

华爱萍

(仪征技师学院 211400)

摘要: 本文从火电厂采用液力耦合器控制的火电厂汽轮机动力传动系统中, 对其进行了节能改造, 并对两者的适应性进行了分析。结合实例, 结合实际使用实例, 从安全、适用范围、节能等方面, 认为火电厂液力耦合器调整的节能改造方案是否采用了行星传动或变频传动。利用火电厂液力耦合器调整的电热式给水机组的节能改造, 使用了变频法, 其节能率高, 可调范围宽, 更适用, 而且有充分的安全保障。采用火电厂液力耦合器调整机组对机组进行的节能改造, 采用了变频调速器。

关键词: 行星齿轮调速; 变频调速; 液力耦合器

Analysis of planetary gear speed regulation and variable frequency speed regulation

Hua Aiping

(Yizheng Technician College 211400)

Abstract: This paper transforms the power transmission system of thermal power plant and analyzes the adaptability of both. Combined with the examples and the actual use examples, from the aspects of safety, applicable scope, energy saving, etc., whether the energy saving transformation scheme of hydraulic coupler adjustment in thermal power plant adopts planetary transmission or frequency conversion transmission. The energy saving transformation of the electric heating water supply unit adjusted by the hydraulic coupler of the thermal power plant uses the frequency conversion method, which has high energy saving rate, wide adjustable range, more applicable, and has sufficient safety guarantee. The hydraulic coupling of thermal power plant is used to adjust the energy saving transformation of the unit, and the variable frequency regulator is used.

Key words: planetary gear speed; variable frequency speed; hydraulic coupling

液力偶调速器是电站机组的重要辅助设备, 由于液力耦合器具有比恒定转速泵+调节阀的无级变速优势, 所以从 70 年代后期, 国内逐渐出现了进口的国产设备。基于成本效益的问题, 国内的液力耦合器在一段时间内得到了普遍的使用。电机是电站辅助机械中最大的一台机组, 它配备了液力耦合器, 但是它的供油量却很大, 这将直接关系到整个工厂的经济技术和节能效果。燃煤电站锅炉采用全配置的液力耦合器式变频式电泵, 消耗电力在单位总功率的 2.5%~4% 之间 (因纯凝、供热、空冷、压力等因素而异), 是机组辅助机中最大的耗电装置[1], 尤其是空冷机组, 能耗高达 10% 以上。以普通 330 MW 亚超临界燃煤电厂为例, 2 个给水马达的功率等于 6 个风机的功率之和, 消耗了大约 35% 的电力。电力输送系统消耗电力, 除常规需求之外, 由于液力耦合器滑动调整引起的热量损耗, 将会对电厂的煤耗和发电成本造成一定的影响。按照工业惯例, 在选用锅炉的给水能力时, 应以最大持续工况为依据, 以保证在较长时间保持额定出力, 使泵由静态向常态运转, 辅助设备的标称输出功率一般要高于标称工作功率 10%。要使该装置在不同负载条件下工作, 并使辅助装置的功率超过其真实输出功率, 必须调整辅助装置的输出功率。此外, 机组或辅助机组均有最优的经济运转轨迹, 不同的装置特性、不同的调节手段和方式, 会造成不同的实际操作条件, 从而使装置的运行偏差发生偏差, 从而造成不同的能源损耗, 因此, 对泵进行改进是十分有意义的。它是一种节能高效的交流变频技术, 已在许多行业中得到了广泛的使用。采用变频调速装置代替液力耦合器来实现对锅炉给水系统的改造, 可能是既要考虑到投入, 又要节约电力。变频调速与液偶式间接调速不一样, 它是由变频器控制的, 它可以根据进水电机的电源频率来调整进水泵的速度, 从而使电机的运行速度一直保持在一个很高的水平。另外, 电机的功耗与供油泵的速度成正比 (虽然不一定和理论上的能量完全一致, 但它的节油是肯定的), 如果将液力耦合器的工作模式换成机械传动, 那么它的热量损失就会消失。采用变频调速装置对进水泵电机进行了控制, 可以减少对泵机组的电力消耗。为此, 将变频器的节能技术改造列为首选的最佳方案, 用于电厂的电力系统的节能改造。

1. 锅炉给水泵调速液偶改变频

1.1 液力耦合器调节的给水泵组能量损耗

根据目前的设计规范, 选用的锅炉给水泵的功率要高于 ECR 的标号 20% 以上。当发电机在正常工作时, 即使在额定负载下, 电力泵的剩余电量也有 20%。根据电机的设计原则, 如果电机的输出功率超出了电机的标称, 那么它的动力系数和效能就会与电机的最优运行状态相去甚远, 从而会造成更多的电能损失, 从而使其与标称的功率发生偏差。液压耦合器也是有能耗的, 约占 25%~40%, 这是由于液压传动系统在液压传动中的工作机油和摩擦引起的。通过增加供水泵电机的高压变频装置, 可以达到对泵转速的控制, 从而达到节流控制的目的。在泵和风扇相似原理中, 电动机的动力与速度的 3 次方成比例是一致的, 在构成泵后, 由于泵和风扇的相似规律发生了变化, 电动机的速度降低了, 但是能量的衰减却是 12%~40% (相当于 100%~60% 的机组负载)。

1.2 液偶调节的给水泵改变变频调速方案

我国的给水系统采用了变频调速器, 在电站中有两种典型的运用: 一是“纯电调”的改进型; 二是采用“电液并存”的方式进行改造。纯电调技术具有如下优势: 一是达到了最大的节约效率, 减少了 0.85%~1.0% (年平均负载 60%~85%); 第二, 其转速调节幅度 (25~100%) 与原给水泵机组改型之前一样, 且在全工作状态下的安全性。特别适合 300 MW 以上的机组采用纯电调节。电液共轨改造, 增加了泵马达的变频调速, 液偶保持, 在泵机组运转时, 液偶保持液力耦合器的作用。这种方法的优点在于, 其结构的变化比较容易, 总体上比单纯的电调节方法节约了 25% 的能量。在极限条件下, 比如, 设备发生较大的甩载, 其安全性较以前有所下降, 频率调速器的范围仅为 60%~100%, 液偶调速维保能力为 25%~100%。我国供水泵纯电力调速系统已经连续 14 年 (电动机额定功率 5.4 MW/6 kV), 而纯电调技术的最大机组 11 MW/10 kV, 安全运行也有 5 年时间。

2. 锅炉给水泵液偶调速改一体化行星齿轮调速

2.1 液偶调节给水泵改行星齿轮调速方案

在给水泵变频节能改造方案作为首推最优方案大量应用于火力发电厂电动给水泵节能改造之时, 一种全新的机电一体化的变频器调速系统已经取代了传统的液力耦合器, 将传统的液压耦合器换成了整体的行星齿轮调速器, 而根据这一技术, 该技术是一种新型的

传动系统,它的整体效能可以达到90%。根据上述结果,公司提出了一种新型 VECO Driver/RE450-F5-42 的机电一体化行星传动系统与 VFD 的 VFD 交流变频器相比,其效率比高压变频器高 2.5%~3%。如果是这样的话,那么在使用这种新型的行星传动装置取代高压变频装置来进行液偶式的泵站,无疑会更加的节省能源,但是在得出这个结论前,还有一些重要的技术问题需要进行研究。

2.2 机电一体化行星齿轮调速方案分析

首先,将锅炉给水泵的液偶式和行星式变速器作了比较,指出了采用了行星式换挡代替了传统的液偶式换挡方式,若不增加变频式换挡,则从能源消耗的角度来分析,原来的供水泵电机损耗仍然是原来的。原因很明显,泵电机没有经过改造,依旧是原来的运转模式,所以消耗的能量并不会降低。其次,就算行星传动系统的工作效率高,但它的节能效果也不过是行星传动系统和液压耦合器的一种,它的最大节省能源消耗是液体偶合消耗的 25%,而用行星传动系统来代替液压耦合器,则需要进行更多的技术对比,因为液压耦合器的速度要比传统的行星传动系统慢得多。而液体偶可变速度调节的幅度为 25%~100%,这要视行星传动机构能否与液体偶机的速度调节区域一致而定。在变矩机转速控制的范围为 55%~105%时,在启动阶段应认真研究其工作模式,内容涉及管道、再循环阀门、并泵模式等。此外,将二者进行比较时,应选用相同的边界条件、相同的工作环境、相同的功能,并将其与高压变频设备的使用效能进行比较,结果表明,这一关系具有一定的误导作用。水泵机组的节能改造,是一种系统性的改变,每一种装置的性能都会随着功能的改变而改变,从而影响到整个系统的能量消耗。即使高压变频调速器的效率低于行星传动系统的 2.5%~3%,但是由于变频调速器对进水泵电机的速度进行了调整,因此,对泵电机的能耗可以构成对整个泵站的损失的 75%。电机的变频器是有一定的节能性和理论依据的,无论它的设备有多高的效能,它所产生的能量最多也就是对整个泵系统的 25%左右。因此,在没有明确的功能的情况下,讨论单个设备的性能,如何让使用者产生直观的印象,机电集成的行星传动比电机的变频电机更加省油,这不仅仅是技术上的区别,更重要的是,它会违背常理。最后,选用了一种新型的机电式行星传动调速器。其实这还不止于此,给水泵的液偶输入轴和输出轴都是两个轴的,横向距离超过 400 毫米,而且,这需要大量的设备和基础来进行改装,这需要大量的设备和基础,这就造成了以下问题:1)在设备和项目方面,行星传动装置的成本要高于液压耦合器;2)这样的改装,是否考虑到了什么时候可以回收费用;3)是否要对行星传动系统进行长期的维修和维修费用进行评估。以上的问题,都是因人而异的。根据全国几百个增容的变频调速装置比较,三年,最多五年,就能收回投资费用。用行星传动系统进行换挡,其费用恢复周期要比用变频泵换电方式节省的多。

2.3 节能效果比较

结合我国近 200 个供水泵调速器变化频率的实例,对比了液偶调速器的能量消耗情况,采用最节电效率的全变频调速器方案,其节电效率要高 75%。

3. 机电一体化行星齿轮调速方案衍生问题

3.1 增加额外设备

在将行星齿轮调速装置更换为传统的液压耦合器的时候,它的转速在 55%~100%之间,如果是直接启动,则电机的启动电压不受控制,对电力系统的冲击很大,长期下来,电动机的启动电流大,很可能会出现电机启动电流大的问题,电机的工作原理与液体偶合器的工作原理是一样的,即使是行星齿轮传动的传动比传统的液压偶合传动系统要高,但由于液压耦合器的驱动电流大,造成电机故障,电动机维修成本高,且修复周期长,影响机组安全运行,所以此种方案进一步需要增配固体软启设备,液压偶件其实还有一个很大的作用,那就是“联轴器”,而这一联轴器也是一个联轴器,与液体偶阀的作用原理是相同的,虽然行星传动比液体传动更高效,但转速在 55%~100%之间,而液体偶的转速在 25%~100%之间。以行

星传动系统取代原来的液压耦合器,而不是在泵马达上加装了一个高压恒温启动,在实际工作中,采用了固态软启方式,不仅多花了不该花的费用,还增加许多本不应该增加的维护成本,实不可取。

3.2 安全裕度降低

机电一体化行星齿轮装置是由 DCS、VCU 和对应的低压变频电机组件部件进行通讯来调整驱动轴的速度。由 DCS 从外界规定的速度标称,由 VCU 对其进行加工,并将其转换成转矩的标称。转矩的标称是通过马达组件进行的,并且通过设定的频率和电流。伺服马达将力矩经由行星托架传送到行星轮,从而设定对应的驱动速度。两个变频器中,只要有一个发生了问题,整个系统就会完全失控,与传统的高压变频器不同,多了两台,就会有更大的失败几率。此外,高压变频器还具备单位旁通的作用,也就是说,当变频器中的一个部件出了问题,它就会进行旁通,不会对 HVF 造成任何的干扰,但是当它出了问题之后,它就会立刻停止工作,没有任何的防范,因此,使用这种方式的安全性要远远低于高压变频器。

3.3 造成能量浪费

该传动机构将驱动电机的固定的输入速度转化为工作机器的变化速度。行星传动机构的作用源自动力分布原则。请在传动链条上选用 2 个切换接头。该系统采用切换式连接方式,将该伺服马达与主传动轴啮合,利用两台变频调速器调节的变速伺服马达,藉由齿轮传动系统进行动力传输。由于其自身的结构特点,它的速度调整幅度仅为 55%~100%,并且还设有一个旋转点(当设有低压变频器的调整时,该行星齿轮的额定速度比),两个伺服马达可以将该驱动轴调整到最高速度或最低的位置,因此,根据调整要求,低压变频器根据调节需求以回转点为界限存在电机模式与发电机模式 2 种状态(2)。马达方式的从动速度是在前部和后部之间,而马达的工作方式是以驱动行星支撑的。这里,安装的随动马达的动力限制了全传动系统的调整区域;在旋转速度比旋转点时,采用发电机工作方式。这些设备约束着一个行星支撑,并将电力经由四象限的低频率转换器反馈到电力供应。这样,当行星齿轮设备的输出轴旋转速度比旋转点发电机运转的时候,该伺服电机将用于限制行星支撑件的频率变换器给网络供电,最终,该系统将电力回馈给网络的最主要的动力来自于该系统,该系统将部分电力从电力系统中输送给该系统,该系统中的某些电力将会根据工作状态由该服务器电机输送给该系统,从能源均衡方面来说,该系统不会出现任何损耗,但该系统的工作效率和工作效率都不会达到 100%。

结束语:

综上所述,1)在我国的技术上取得了持续的突破和发展,其可靠度和维修方便,能够充分地保证电网的长时间使用和使用的安全性,并且在满足变频泵的调速器性能上要好。2)投入成本:高压变频器的功率比行星齿轮慢,变频器的变频器在变频器中的应用要比传统的变频器要节省 75%以上,并且在调整时不会出现任何的能源回馈现象,也不会因为传输效率的问题而造成能源的浪费。3)从投资、安全、节能和施工等多个角度出发,采用高压变频设备进行节能改造,其效果优于采用机电一体化的行星传动系统。

参考文献:

- [1]杨德荣,鹿占洲,荆凯,等.基于行星齿轮传动的高可靠性全范围机电一体化调速装置:.
- [2]刘宏.水泵电机变频调速应用与分析[J].有色冶金节能,2002,19(3):8.
- [3]曾宪德.变频调速装置对水泵电机的节能分析与应用[C]//全国建筑电气设计技术协作及情报交流网年会.全国建筑电气设计技术协作及情报交流网,2001.
- [4]刘应诚,杨乃乔.液力调速与变频调速的技术经济分析[C]//全国循环流化床燃烧技术工业应用研讨会.中国电机工程学会,2001.
- [5]宋杰.工业电气自动化控制中变频调速技术的应用分析[J].工程技术(引文版),2016,000(002):00134-00134.