

发电厂电力拖动系统的节能研究

刘 琨, 刘 念, 冉 立, 崔东君, 田冰冰, 朱传华

(四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065)

摘 要:随着厂网分开,发电企业市场化程度的加剧,电厂的发电煤耗、厂用电率已成为发电厂考核的重要指标,直接关系到电厂的经济效益和企业竞争力。现代发电厂的厂用电占发电总量的 5%~10%,而电力拖动系统消耗的电量就占到其中的 90%以上。分别从电动机供电电能质量、电动机选择及更换、电动机的改造、电动机监控和维护以及电动机运行角度出发,提出了电动机节能措施,最大程度地降低了电厂电力拖动系统的损耗,起到了良好的节能效果。

关键词:发电厂;电力拖动;节能

Abstract: With the separation of power plants and power grids, the marketability degree of electric generation enterprises aggravating, it has become an important indicator for power plants that how much coal and electricity the power plants consume by itself, because it has much to do with economic benefit and competitive power of power plants. It is true that 5%~10% electricity is consumed by modern power plants itself, while the electric power drive system on the power consumption of which accounted for is more than 90%. Some energy-saving methods in following five perspectives are proposed: the electrical energy quality of power supply, the selection and the replacement of electric motor, the innovation of electric motor, the monitoring and maintenance of electric motor and the operation of electric motor, which can minimize the loss of electric power drive system in power plant to have a good energy-saving effect.

Key words: power plant; electric power drive; energy saving

中图分类号: F407.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)02-0088-04

1 问题的提出

进行电力企业的市场化改革、打破垄断、引入竞争、提高活力,已成为世界各国电力工业发展的趋势。中国从 2001 年开始也放松对电力市场的价格管制,厂网分开,竞价上网,市场竞争程度开始逐步加强。随着电力工业改革的进一步推进,垂直垄断的电力系统中各个实体的传统角色在电力市场环境下发生了变化,从原有的垂直垄断的电力系统中分离出来的若干发电公司与独立发电厂等共同成为发电市场的竞争主体。发电公司的分离与独立,赋予了发电领域激烈的竞争,发电公司要想在竞争中取胜就必须加强自身在发电环节中的效率监管,努力提高发电效率,减少自身损耗以减少单位电量的生产成本,从而在竞价上网时有更多优势。

近年来中国政府加强了对“节能减排”的监管与倡导。据有关资料显示,2007 年一季度,工业特别是高耗能、高污染行业,占全国工业能耗和二氧化硫排放近 70%的六大行业增长较快,而电力行业首当其

冲。可见,加强电力行业的“节能减排”对建设资源节约型、环境友好型社会有积极重大的意义。

发电厂的生产过程完全是机械化和自动化的,它需要许多以电动机拖动的机械为发电厂的主要设备和辅助设备服务。现代发电厂的厂用电占发电总量的 5%~10%,而其中电力拖动系统消耗的电量则占到其中的 90%以上。所以,采取相应的措施对发电厂电力拖动系统实施节能降耗就成为一个重要课题。

2 电力拖动系统节能措施

2.1 从电动机供电电能质量角度

1) 尽量保证运行电压水平在电动机铭牌值,最大偏移不要超过 5%。

虽然电动机的最大设计运行电压允许有 10% 的偏移,但大的偏移电压会严重地降低效率、功率因数和电动机寿命。当电动机的实际运行电压低于设计运行电压的 95% 时,会严重地导致效率低下和运行温度升高,这将极大地减少电动机的绝缘寿命。同样地,当电动机的实际运行电压高于设计电压时也会减

小功率因数和效率。

2) 尽量减小三相电压之间的不平衡度。三相电压的不平衡度应保持不超过 1%, 因为过大的不平衡度会导致电动机的定额量降级, 这必然影响其运行效率。

国际电气制造业协会 (NEMA) 对三相电压不平衡度定义的计算公式为:

$$VB = \frac{VMA - VMI}{VAV} \times 100\%$$

其中: VB 为三相电压的不平衡度; VMA 为三相电压中电压最高相电压值; VMI 为三相电压中电压最低相电压值; VAV 为三相电压的平均值;

影响电压平衡的因素有: 其中一相上加有单项负载, 三根线大小不完全相同和线路故障等。不平衡电压不仅降低了电动机效率而且加剧了配电系统的损耗。

3) 采取补偿措施保证高的电动机运行功率因数。发电厂厂用电动机需要大量的无功功率, 如果补偿措施不力会导致电动机正常运行时功率因数严重降低。低功率因数会降低电动机设备本身及其外部配电系统的效率。

发电机发出无功要消耗有功, 增加成本, 厂用电系统内的无功电流增加了设备的发热。在发电厂中采用就地无功补偿技术就成为一种好的改善功率因数方法。通过并联电容器组是常用的方法, 但要注意的是要采取相应的措施使电容器组的投入快速而无冲击。另外, 安装功率因数静补装置的方法也应用较多。该装置主要由交流滤波装置及容量可无级连续调节的感性无功设备组成, 可进行滞相运行。

4) 保证供电电源较低的谐波率。电动机的设计运行条件是 50Hz 的正弦波形, 如果电压波形畸变过甚也就是谐波率过高将严重影响电机运行效率。

抑制谐波的方法主要有两种: 一种是减小的方法, 即采用无源滤波器, 它是利用 L-C 谐振特性, 形成对某一频率的低阻抗特性, 从而减小流向电动机的谐波电流; 二是让补偿装置提供反相的谐波电流, 以抵消变频器所产生的谐波电流, 即有源滤波器。

5) 选择高效、大小合适的变压器以减少电能变换过程中的损耗。老的、欠载的和过载的变压器通常是效率低下的。

6) 对配电系统进行定期检查, 识别并排除配电损耗。

接线点的接触不良和对地短路等故障会引起电能损失、产生谐波并减小系统可靠性。应对线路进行定期检查以排除这些故障带来的额外损耗和对系统的其他种种不良影响。有许多公司生产的电子监控器和红外摄像机就是针对这种问题而研制的。

7) 减小配电系统的电阻。给长期处于满载运行的电动机供电的电力线缆应选择得足够大甚至过大些, 这样可以最小化线路损耗和线路上的电压降。

2.2 从电动机选择及更换角度

1) 选择大小合适的电动机, 杜绝“大马拉小车”的不良现象, 使电动机负载率不低于 80%。另外, 从转子效率考虑, 鼠笼式电动机较绕线式电动机优先选择; 从功率因数考虑, 高速电动机较低速电动机优先选择; 从电压等级考虑, 负载较大时, 高压电动机较低压电动机优先选择。

2) 在经济状况允许的情况下尽量选择节能电动机。节能电动机虽然比普通电动机价格高出 20% 以上, 但从长期运行并综合考虑节能效果角度看, 总费用将会少于普通电动机, 尤其是对于发电厂中终年运行时间很长的电动机。

3) 选择与运行速度匹配的电动机。发电厂中风机类和泵类电动机的耗电量占到整个厂耗电量的比例很大, 它们的能量吸收对速度是非常敏感的。比如, 如果它们的运行速度比额定值高出 2%, 吸收的电能将增加 8%。因此, 在选择和更换泵类和风机类电动机时, 选择与负载相匹配、能满负荷运行的电动机是很重要的。

4) 在现役电动机报废之前, 提前选取替代品将其替换。对设备中的所有电动机进行评估, 综合考虑更换成本、节能和可靠性等对经济效益有影响的因素, 对现役电动机更换为效率更高的和运行工况允许情况下型号更小的电动机。

5) 对于电动机的重绕和更换的选择。电动机的重绕可能会导致效率和可靠性的降低。对于故障电动机是修理还是更换是一个比较复杂的问题, 主要考虑的因素有: 重绕成本、重绕后的损耗、节能电动机的价格、电动机大小、原始效率、负载系数、年运行时间、电价和认定的投资回报标准。

这个问题的一些经验处理如下:

① 大于 30 kW 并且运行时间超过 15 年的电动机, 由于效率已赶不上当前电动机, 所以最好更换掉; 如果重绕电动机的费用高于新的节能电动机的 50% ~ 60%,

那么就选择更换新电动机。更高的可靠性和效率将弥补新电动机高出的价格。

②选择高质量的绕组。使用符合 ISO 9000 国际标准的、清洁的、经多次验证质量可靠的产品。如果重绕质量足够高就可能达到电动机的初始效率,但如果电动机的铁心被损坏或是重绕工艺不精致将会导致严重的效率降低。

③如果重绕的花费超过了一台新节能电动机的 50% ~ 65% 就选择更换新的。高可靠性和效率将会使溢价很快收回。

5) 优化传动设备效率。合理安装和维护轴、皮带、链条、齿轮等传动设备以较少传动过程中的能量损耗。

2.3 从电动机的改造角度

2.3.1 更换磁性槽楔

在修理电动机时,若将普通绝缘槽楔更换成磁性槽楔,可以改善电动机气隙磁势波形,减少空载电流,改善功率因数,降低电动机铁耗,降低温升,减少电磁噪声和振动,延长电动机使用寿命,提高电动机效率等。目前,常用的磁性槽楔有代号 349 号的铁粉层压板磁性楔和模压磁性楔。模压磁性楔由还原铁粉按一定比例与环氧树脂混合,加入少量酚醛玻璃纤维作补强材料经热压制成。因此,具有较高的抗劈强度、电介性能、耐热性能和磁性能。采用模压成型的磁楔与 349 号粉层压板磁性相比,它的精度较高,打入槽内有一定的紧度,加工方便。

2.3.2 采用节能型风扇

由于离心风扇形成较大的涡流,使风扇效率不高,并产生很大的通风噪声。对于保持单一旋转方向的电动机,采用机翼型轴流式风扇,配以空气动力性能良好的风罩,可大大提高风扇效率。在保持同等风量情况下,风扇外径缩小,风阻减小,损耗明显降低,可获得显著的节能效果,同时降低了电动机噪声。由于满载电流下降而降低了电动机温升从而延长了电机的使用寿命。

2.3.3 采用新的绝缘材料增大导线截面积

对于沥青云母带浸胶绝缘的高压电动机,在定子线圈大修时采用环氧玻璃粉云母带(B级胶带)绝缘。由于沥青云母带绝缘是经浸胶处理的,槽绝缘单面厚度较厚,而 B 级胶带对地绝缘经过热模压固化成型,槽绝缘单面厚度减薄。由于槽绝缘厚度的减薄,铜线截面便可以增加。将沥青云母带绝缘电动机改为 B 级胶

带绝缘后,平均铜线截面积可增大 15% ~ 20%,电动机温升也有所下降。对于以前生产的低压电动机,现定子线圈大修重烧时,也使槽内绝缘变薄,在保持槽满率

不变的前提下可适当加粗导线,电动机效率可提高 1.5% ~ 4%。因此,连续运转的电动机年节电费相当可观。

2.4 从电动机监控和维护角度

1) 按照电动机生产厂商建议和标准的工业技术要求制定监测和维护计划,定期对电动机进行预防性监测和维护以发现潜在故障以使电动机可靠性和效率最大化。每天或每周的巡查内容包括对电动机的噪音、振动和温度的检查。大约每年要对电动机进行两次绕组和绕组对地的阻抗测量以识别绝缘故障。

2) 根据电动机使用说明恰当润滑电动机。要选用高质量的润滑油对电动机润滑并防止脏东西和水的污染。

3) 为每台电动机都单独建立维护档案,保存好每台电动机的技术规范、修理、测试和维修数据,按时间顺序记录下如对电动机绕组阻抗等参数的测试结果。这些资料不仅会帮助维护人员识别出有潜在机械和电气故障的电动机,而且是修理故障电动机必要的参考资料。

2.5 从电动机运行角度

2.5.1 串级调速节能

将异步电动机运行时转子线圈中的感应电势通过滑环引出,经三相整流桥整流为直流电,再由三相全控桥将其逆变为与电网频率相同的交流电,经变压器变压后将转差功率回馈电网起到节能效果。目前已有许多厂家开发出了此类产品。

2.5.2 变压调速节能

当异步电动机轻载时,降低其输入端电压可以实现节能。因为供给电动机的电能除了一部分转变为输出功率外还有一部分固有损耗,这部分损耗中最主要的是铜损和铁损。铜损是由于电流流过电动机绕组而产生,与电流成正比;铁损是由于转子铁心中的磁化电流而产生,与供电电压成正比。当负荷下降时如果适当降低电源电压就可以减少铁损,同时电流随之下降也减少了铜损。

利用单片机或其他微处理芯片为硬件基础,通过检测电动机的供电电压和电流的过零点可以获得它们的相位差即功率因数角。以功率因数为变压依据,

保证功率因数不变即可实现不同负载下电动机供电电压的变化,从而实现变压调速节能。

另外在实际应用中,当电动机的负载率低于 50% 时,可以将 Δ 接法的异步电动机改成 Y 形接法。此时,电动机的相电压变为原来的,此方法也具有较好的节能效果。

2.5.3 变频调速节能

据统计,中国火力发电厂的风机、水泵等辅机约有 35 万台,装机容量 750 多万 kW,年耗电能 400 多亿 kW·h 占厂用电能量的 70% 左右。发电机组的负载是随电网用电设备负荷的变化而变化的,当用电负荷量发生变化时,发电机的出力必须跟着改变以满足系统的需要,否则,系统的平衡受到破坏,发电机组的正常运行就会受到影响。为了改变风机的出力,现在都是采用挡板或阀门来调节。其风机的调风挡板的开度往往在 40% ~ 60%,这种调节方式会浪费大量的电能,而采用高压变频调速则可以有效节约电能,降低生产成本。另外,采用高压变频器还可以保证压力恒定,使系统稳定运行,提高整个系统的效率,同时也能延长电动机和风机以及阀门的使用寿命,降低资本投入。

由于其他节能方法在节能方面的相对有限性,而变频调速在节能和其他诸方面的优势,已成为最具开发潜力和市场前景的节能方式。国内外许多公司、企业加快了对变频器的研制,电压等级更高、性能更优良的变频器频频问世,不断给电力拖动领域注入活力。目前已有国内许多家电厂对锅炉引风机、送风机等进行了高压变频调速技术改造,取得了很好的节能效果,在较短时间内就收回了全部投资,经济效益非常显著。

3 发电厂电力拖动节能的发展方向

随着近年来电力工业不断发展,尤其在变电站自动化领域电气保护控制装置发展很快,随着电力自动化技术实用化程度的不断提高,在发电厂内采用微机

保护测控装置,构成更完善的分布式控制系统(DCS)的条件已经成熟。而属于自寻优技术的专家集群全方位自动化控制系统(ECS)不仅包含了 DCS 系统,同时还在 DCS 基础上增加了专家集群仿人控制等 15 项功能,成为更具活力的系统。

ECS 是集各专业专家群体和智慧,在变频器、仪表传感器、DCS、PLC、通讯等硬件基础上,借助多变量控制,智能控制、现代控制理论等基础理论,实现数据采集、计算机监控、故障诊断,按照管理规程、操作规程,完成对生产过程、生产设备的全方位自动化控制,达到提高生产率、降低成本、节约能源的目的。

这种趋势必将领航发电厂电力拖动节能技术向自动化程度和效率更高的方向发展。

4 结 语

减少发电厂厂用电中电力拖动系统的损耗,切实做好电力拖动系统节能方面的工作,不仅会给发电厂带来很好的经济效益,提高其在发电行业中竞争力,而且也积极响应了国家号召和政策,取得良好的社会效益,应该在今后的电力生产发展中积极推行。

参考文献

- [1] 姚春球. 发电厂电气部分 [M]. 北京:中国电力出版社, 2004.
- [2] 谢应璞. 电机学 [M]. 成都:四川大学出版社, 1994.
- [3] 顾绳谷. 电机及拖动基础 [M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [4] 舒服华,王艳. 电机节能降耗技术和方法探讨 [J]. 电机技术, 2008, (3): 39-42.
- [5] 崔学深,罗应立等. 周期性变工况条件下异步电机节能机理和节能途径 [J]. 中国电机工程学报, 2008, 28 (18): 90-97.
- [6] 施金良,汤仕龙等. 基于神经网络模型参考自适应的电机节能控制研究 [J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2006, (6): 57-59.

(收稿日期 2008-10-20)

欢迎在《四川电力技术》宣传你的产品