

Energy conservation technology and methods for electric motors in paper mills

>>> WANG Hong-ping¹, WANG Yan² (1. Wuhan Shengxin Paper Mill, Wuhan 430062, Hubei, China; 2. Wuhan Instrument and Electronics School, Wuhan 430074, Hubei, China)

造纸企业电机节能降耗技术和方法

>>> 王洪平¹ 王艳² (1. 武汉胜新造纸厂, 武汉, 430062; 2. 武汉仪表电子学校, 武汉, 430074)

摘要:介绍了造纸生产常用异步电机的节能方法。它主要包括电机的选型、提高功率因素、节能调速、结构改造等,为造纸企业电机节能降耗运行提供参考和借鉴。

关键词:造纸;异步电机;节能;改造

Abstract: Energy conservation methods for asynchronous motor in paper mills are introduced. The methods include selection of electrical motor, enhancing efficiency and power factor, energy conservation and regulating speed, construction improvement and so on, which can be a reference for paper enterprises in energy conservation and consumption reduction for motor operation.

Key words: paper industry; asynchronous motor; energy conservation; reformation

中图分类号: TS78

文献标志码: B

文章编号: 1007-9211(2008)10-0058-04

电机作为电能转换的特定机械,是生产企业中消耗电能的主要设备,它的使用效率直接影响着企业的生产成本和经济效益。目前,我国许多造纸企业由于技术力量薄弱、测试手段落后、管理不到位、节能意识缺乏等原因,存在电机电力消耗大、运行效率较低的现象。本文分析了异步电机的节能降耗原理和常见的一些方法。

1 电机特性曲线分析

1.1 电流-效率特性曲线

电机的电流-效率特性曲线反映了电机效率随电流变化的特征。通过对Y系列电机的分析可知,不同型号的电机额定状态下效率 η 值不同, η 的最大值也不同。用 $\eta/\eta_{\text{额定}}$ 作为电机特性曲线的一个变量,得到如图1所示特性曲线,它能够较好地反映和适用于不同型号Y系列电机运行效率状态。

电动机的效率关系式:

$$\eta = P_2 / P_1 = 1 - \Sigma P / P_1$$

式中: η —效率; P_2 —输出功率; P_1 —输入功率; ΣP —电机总损耗。

$$\Sigma P = P_{cu1} + P_{cu2} + P_{Fe} + P_{mec} + P_{ad}$$

式中： P_{cu1} —定子铜耗； P_{cu2} —转子铜耗； P_{Fe} —铁耗； P_{mec} —机械损耗； P_{ad} —附加损耗。

空载时输出功率 $P_2=0$ ，故 $\eta=0$ 。当负载从零增加时，电机总损耗 ΣP 增加较慢，效率曲线上升很快，直到随负载变化的损耗 ΣP 等于不变损耗 ($P_{Fe}+P_{mec}$) 时，效率达到最大值。如图1所示，电流标幺值 I' 处于 $0.8\sim 0.9$ 附近，效率 η 达到最大值； $I' > 0.6$ 时， η 较高；电流标幺值 $I' < 0.6$ 时，效率 η 开始迅速下降，直至到空载状态降到0。

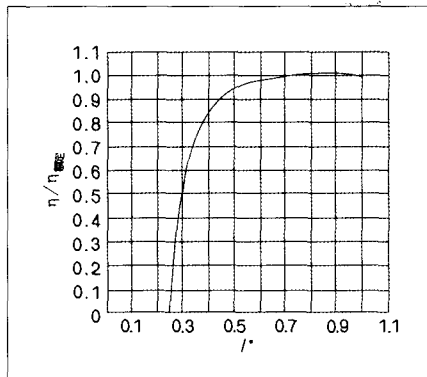


图1 Y系列电机电流-效率特性曲线

1.2 效率特性曲线与功率因数

如图2所示，功率因数 $\cos\Phi$ 与效率 η 随负荷率 β 的增加有相似的变化规律。异步电动机从电网吸取一部分无功电流来建立磁场，这部分无功电流就是电动机的空载电流 I_0 ，它在正常工作范围内几乎不变。在空载时， $I_1 = I_0 \approx I_m$ ，即定子电流 (等于空载电流) 近似等于励磁电流，所以功率因数很低，通常小于0.2。当负载增加时，定子电流 I_1 中的有功分量增加，使功率因数很快上升，当接近额定负载时，功率因数达到最大值，一般约为 $0.75\sim 0.9$ 。

2 电机节能方法

2.1 正确选择类型和容量

Y系列低压异步电机是上世纪80年代初期取代JO系列的产品，防护等级为IP44，B级绝缘，带自冷风叶。20多年过去了，Y系列低压电机逐步淡出市场，取而代之的是Y2系列，其防护等级为IP54，H级绝缘，B级温升，带自冷风叶。Y2系列的优点是防护等级高、运行效率高、过热能力和过载能力明显加强，而且接线盒置于顶部可以调整和改变电缆连接方向。同时，Y2系列电机具有与Y系列电机相同的安装尺寸。Y2系列电机比Y电机采购成本约高10%，但连续运行费用不高。

在满足电机转矩功率的前提下，尽量减小所选用电机的容量，杜绝“大马拉小车”现象，使电机负载率达到80%以上，这样，电能的利用率就会大大提高。

电机选型时还需考虑以下几点：(1)因转子效率的差异，鼠笼型电机较绕线型电机宜优先选用；(2)因功率因数的差异，高速电机较低速电机宜优先选用；(3)因电压等级差异，当负载较大时，高压电机较低压电机宜优先选用。

在打浆系统，有时电机容量在数千千瓦甚至二十兆瓦以上，此时常常选用高压交流同步电动机。同步电动机的功率因数可以调节，可以向电网提供感性或容性无功功率，以改善电网功率因数或者调节电网电压。在不要求调速的场合，应用大型同步电动机可以提高运行效率。近年来，小型同步电动机在变频调速系统中开始得到较多地应用，这些应用的优越之处就是节约电能。

2.2 实行就地补偿、提高远端电机功率因数

对远离厂区的深井泵、排污泵或其他远离电控室且容量较大的异步电动机均可采取无功就地补偿措施。

电机就地无功补偿接线示意如图3。需要说明的是，通常电容器要在电机启动时或启动后滞后几秒再投入。可以利用时间继电器、接触器配合其他保护元件实现对电容器的投切。

无功补偿原理如图4所示。在

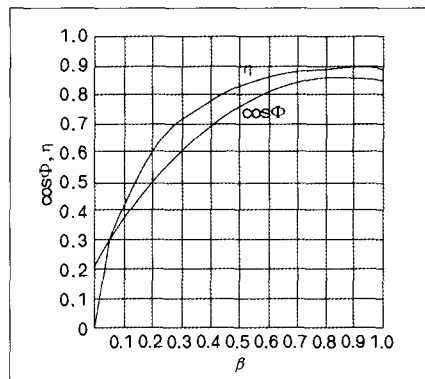


图2 Y系列电机 $\beta - \cos\Phi$ 、 $\beta - \eta$ 特性曲线

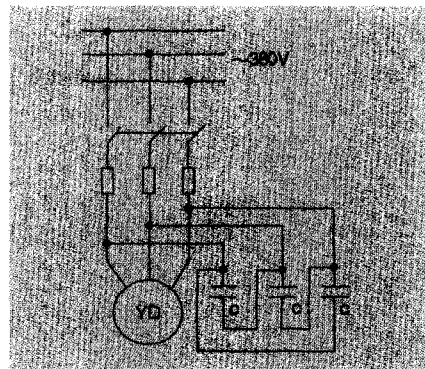


图3 电机就地无功补偿接线示意图

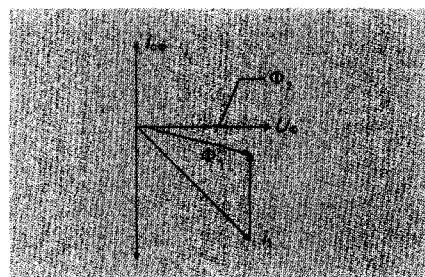


图4 电机无功补偿矢量图

未进行电容补偿前,感性电流 I_1 滞后电压的电角度为 Φ_1 ;接入电容后,电容支路电流为 $I_{c\phi}$,感性电流与容性电流叠加后的结果是总电流滞后电压的电角度变为 Φ_2 。由图可见,并联适当容量的电容不仅由供电线路提供的总电流明显减小,而且线路功率因数也大大提高。这就意味着有效地减少了供电线路的压降和损耗,同时有利于保证电动机的正常出力。

2.3 串级调速节能

如图5所示,传统的串级调速是将绕线式异步电动机转子线圈中的感应电势 SE_2 通过滑环装置引出,经三相整流桥变为直流,再由三相全控桥将其逆变为50Hz(或60Hz)的交流电,通过变压器将转差功率返回电网。这样就可以通过调节逆变桥的晶闸管触发角来调节电机的转速,同时,还可以将转差功率 S_{pem} 被电网再利用。基于上述特点,在风机和泵类机械、大功率飞轮储能装置中应用串级调速系统,有利于其在低速状态下节约大量的电能。

2.4 Δ 接线改为Y接线以节能

对于正常工况是 Δ 接法的异步电机,当负载率低于

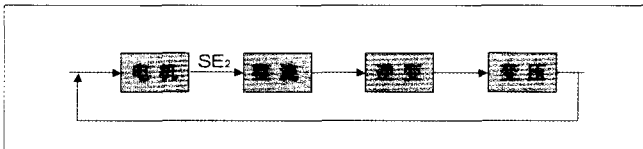


图5 串级调速原理

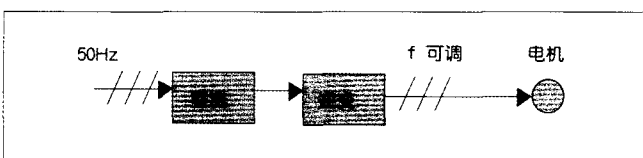


图6 电机变频调速原理

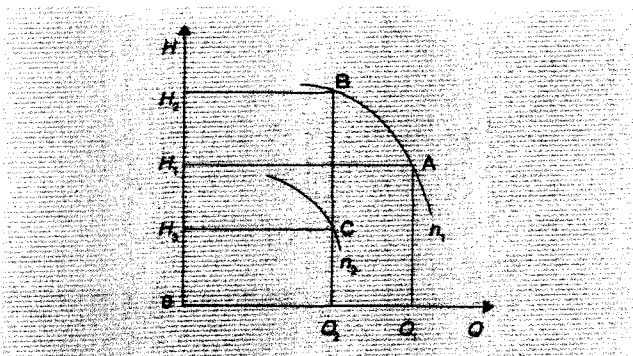


图7 风机(泵)变频调速节能效果分析

50%以下、且又不允许更换成小电机时,可以改为Y形接法或进行 Δ -Y切换运行。在Y接线时,电机的相电压变为原来的 $1/\sqrt{3}$,在保证定子绕组通过相同的相电流的前提下,电机所表现出的功率相当于原功率的58%,此时空载电流减小,负载率相对提高,功率因数提高,所以具有较好的节能效果。当然,一定要注意电机过载保护作相应调整。

2.5 变频调速节能

变频调速是一种先进的控制技术,因其优越的控制特性和显著的节电效果,应用越来越普遍。电机变频调速节能原理如图6。根据交流异步电动机转速公式:

$$n=60f(1-s)/p$$

式中: n —电机转速; f —电源频率; s —转差率; p —电机极对数。

只要改变电源频率 f 就可调节电动机的转速 n 。大型变频装置可在效率基本不变的情况下,通过改变输出电压和频率,平滑地调节电机转速,根据输出量的要求改变输出功率。如对于风机、水泵类负载,根据流体力学原理,风量(流量) Q 与转速 N 的一次方成正比,风压(流体压力) H 与转速 N 的二次方成正比,轴功率 P 与转速 N 的三次方成正比。即 $Q=K_1N$; $H=K_2N^2$; $P=K_3N^3$ 。对风机来说,当所需风量减少,风机转速降低时,其功率按转速的三次方下降。如所需风量下降为80%,则转速也下降为额定转速的80%,而轴功率降为51%。如图7所示,当风量需从 Q_1 减少到 Q_2 时,如采用调节风门方法,管网阻力增加,系统工况点由A变到新的工况点B运行,轴功率 P_2 与面积 $BH_2 \times OQ_2$ 成正比;如果采用调速控制方式,风机转速由 n_1 降到 n_2 ,风压大幅度降低到 H_3 ,功率 P_3 相当于面积 $CH_3 \times OQ_2$ 显著减少,节省的功率损耗 $\Delta P = \Delta H \times Q_2$ 与面积成正比。泵类负载也类似。通过实践统计,风机水泵类调速控制可节能30%左右。所以,当异步电动机应用于风机、水泵、牵引及拖动等负载变化时,若采用变频调速,则可以节约很多电能。而传统的调节方法是改变风机泵类阀门或挡板的开度,那样电动机基本处于全负荷运行状态,从而浪费了大量的电能。

2.6 结构改进

2.6.1 更换磁性槽楔

磁性槽楔是能够导磁的槽楔,即在制造普通槽楔的材料中加入导磁材料,经过热压、固化后形成的。试验证明,开口槽采用磁性槽楔比半开口槽节电效果好,而半开口槽又比半闭口槽节电效果好。如果能将普通绝缘槽

楔更换成磁性槽楔,对改善电动机的特性和节电有一定效果。因为开口槽高压异步电动机改用磁性槽楔后,能使气隙磁密分布趋于均匀,降低齿谐波的影响、脉振损耗和表面损耗,并使有效气隙长度缩短,所以,能够改善电机气隙磁势波形,减少空载电流,改善功率因数,降低电机铁耗、温升,提高电机效率,并减少电磁噪声和振动,延长电机使用寿命等。目前,常用的磁性槽楔有代号#349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,具有较高的抗剪强度、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。

2.6.2 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,在定子线圈大修时可采用环氧玻璃粉云母带(B级胶带)绝缘达到节能目的。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。这样,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,一般平均铜线截面积可增大15%~20%,电机温升也有所下降,功率损耗减小。对于以前生产的低压电动机,在定子线圈大修重绕时,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,电机效率可提高1.5%~4%,因此,连续运转的电机年节电费相当可观。□

参考文献

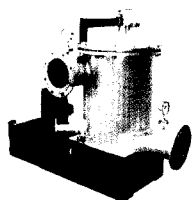
- [1]顾秋心,杨以涵. 电力网及电力系统[M]. 北京:中国工业出版社,1961.
- [2]许实章. 电机学(修订本)[M]. 北京:机械工业出版社,1990.
- [3]同济大学电气工程系. 工厂供电[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1984.

收稿日期:2008-02-04(修改稿)

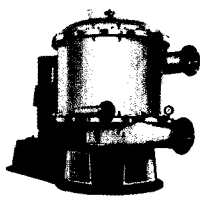


山东诸城市东泰造纸机械有限公司

专业制造筛选设备和筛鼓 采用新型精密铸造不锈钢旋翼, 配用动力小, 出浆量高, 使用寿命长。



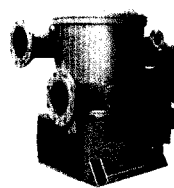
双鼓网前筛



SPM 内流式压力筛



UV 升流压力筛



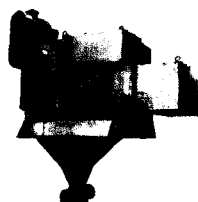
压力式黑液过滤机



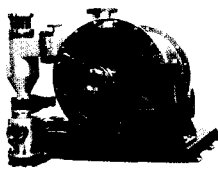
内流式棒条筛



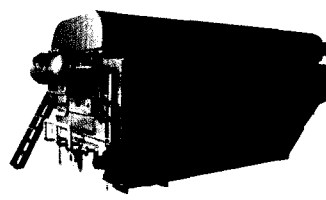
多功能除渣器



木片水洗机



NBSS 单效分离机



溶气气浮污水处理设备

专业生产超级溶气气浮污水处理设备, 投资小, 污水回用或达标排放

公司宗旨: 造精品、创品牌, 为客户创造更高效益 招聘污水处理工程师、销售经理、造纸工程师

地址: 诸城市舜王开发区站前西街8号 电话: 0536-6018669 6017669 13863627175(售后服务) 网址: www.sddongtaijixie.com