流体输送设备输入功率的测量与分析

黄灵仙
(浙江大学, 杭州 310027)

Measuring & Analysis of Input- power of the Fluid Transport Installation

Huang Lingxian
(Zhejiang University, Hangzhou 310027)

【摘　要】 阐述化工生产流程中流体输送设备的作用以及在化工实验中其输入功率准确测量的必要性。介绍在有关的化工原理实验中兼作原动机和测功机的特种电机, 提出用直接法准确测取该原动机的输出功率也即流体输送设备输入功率的具体方法, 并对该法的测量精度作简要分析。

【关键词】 流体输送设备　特种电机　功率测量
中图分类号: TM35　　文章标识码: A
文章编号: 1004- 7018(2000) 01- 0033- 03

【Abstract】 This test expound the action of the fluid transport installation in technological process of chemical industry, and the necessary of the measuring input- power accurately in test of chemical industry. Afterwards, it introduce the special motor used of twice motive power and power- measuring instrument in test of chemical industry, and the concrete method of accurate measuring the input- power of the fluid transport installation directly. At last, it carries out an analysis for precision briefly.

【Keywords】 fluid transport installation　special motor　power- measuring

1 前　言

在化工生产过程中, 流体在反应容器之间的输送必须借助于输送设备, 以克服输送过程的机械能损失或提高位能、流体的压强等。在化工生产或实验流程中的液体泵(最常见的是离心泵) 就是流体输送设备较常见的一种。作为化工生产或相关化工实验中的主要动力部件, 流体输送设备的工作特性准确与否将直接影响化工过程各操作参数和化工实验结果的准确度。

离心泵的特性曲线包括泵的扬程与流量的关系、泵的输入功率与流量的关系和泵的效率与流量的关系等[1]。在特性曲线测定过程中, 泵的输入功率也即原动机的输出功率是一个重要参数。在现有的实验过程中, 通常采用间接测量法来获取泵的输入功率。即先通过电表测得原动机的输入功率, 再通过原动机效率—功率曲线(η- P 曲线) 查得此功率状态下的电机效率, 然后根据原动机的输入功率和电机效率求得电机的轴上输出功率, 也即泵的输入功率。这种方法虽然简单, 但显得过于粗糙, 其准确度显然不够理想。主要原因就是电机效率求取的准确度不够理想。电机效率是输出功率与输入功率的比值, 其曲线是在一定的测试条件下取得的。输入电压的波动和波形的畸变、环境温度的差异、测量电表的精度、电机的联接安装条件等因素都会造成电机实际效率曲线的严重偏离。为此, 我们改用直接测量法来测取电机的轴上输出功率, 以避免电机效率因近似性和不可靠性而引起的实验数据误差, 从而提高泵输入功率的准确度。

2 测功系统结构及原理

2.1 测功系统结构

测功系统结构框图如图 1 所示。

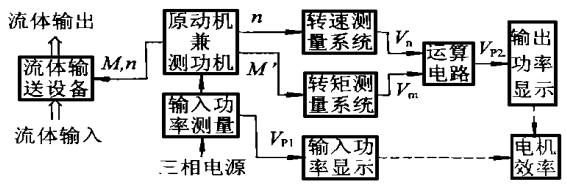

图 1　测功系统结构框图

2.2 测功系统原理

原动机的输入功率 P_1 可以通过电工仪表(如瓦特计等) 很方便地测取。但想要测取泵的输入功率, 也即原动机的输出功率 P_2 可没有如此方便。

收稿日期: 1999- 11- 29

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

因为它是原动机通过转动轴传递到泵的机械功率。

根据电机学原理[2], 电机轴上的输出功率为:

$P_2 \approx P_{em} = M_{em} \cdot \omega$

式中, P_2 为电机轴上的输出功率; P_{em}为电机的电磁功率; M_{em}为电机的电磁转矩; ω 为电机转动的角速度。

由上式可知, 我们只要能分别测得电机的输出转矩 M_{em}和电机的转动角速度 ω, 就可得到电机的输出功率 P_2。对于电机转动的角速度 ω, 我们可以通过测速装置(如测速发电机、光电测速仪等)获得; 而转矩 M_{em}的获得相对比较困难。

电机的定子线圈通以三相或单相交流电后, 就会在电机的气隙中产生旋转磁场, 并在电机转子的"鼠笼"中产生感生电流。此感生电流在气隙磁场中又会产生电磁力。电磁力的作用结果使电机的转子得到一电磁转矩 M 并沿着磁场旋转方向旋转, 同时使电机的定子受到方向相反的反作用力和电磁转矩 M'。又根据力学理论[3], 电机转子对定子反作用所产生的反转矩的大小等于定子对转子作用所产生的转矩而方向相反, 即 $M' = -M$。

也就是说, 我们只要测得电机转子反作用于定子上的反转矩 M', 就可得到电机轴上的输出转矩, 进而获得电机的轴上输出功率。我们为了直接测取电机的反转矩 M, 要求原动机能兼作测功机。因此该原动机的结构与普通电机有所不同, 是经特殊结构设计的特种电机, 如图 2 所示。

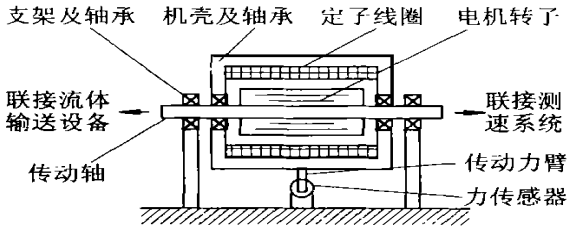

图 2　测功机结构图

该特种电机的最大特点就是它的定子是悬空的, 而且可以旋转。我们在电机的正下方设置一压(拉)力传感器, 以便测取电机定子受到的反转矩 M'。

由于电机的转子是旋转的, 而电机的定子因为压(拉)力传感器的缘故实际是静止的。因此, 测取 M' 要比测取 M 要容易得多。所以, 在实际的应用中, 我们采用先测取 M' 和 ω, 然后再求取电机在转动轴上输出的机械功率。在我们所研究的实验系统中, 电机的输出功率也就是流体输送设备(如离心泵)的实际输入功率。

3 流体输送设备输入功率的测量

3.1 测量系统

电路如图 3 所示。

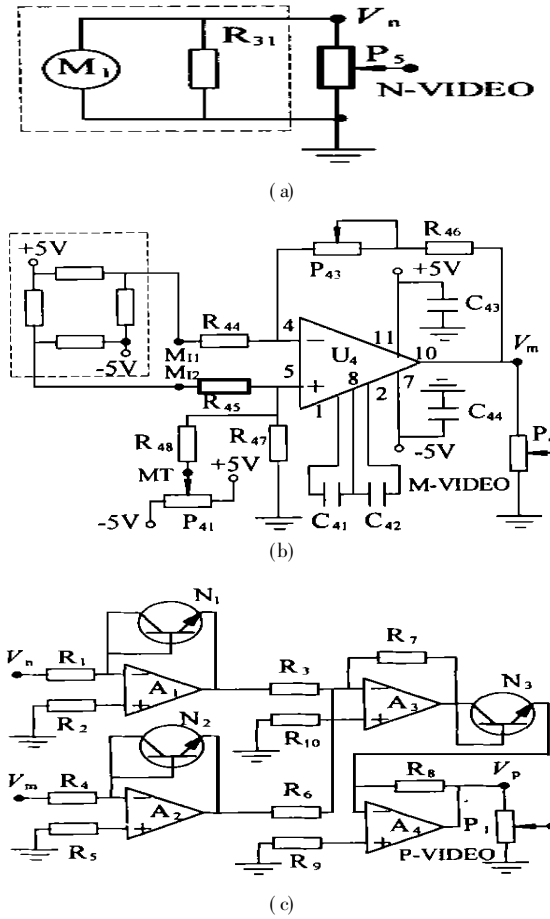

图 3　测量系统电路图

3.2 有关参数的测量和校调

(1) 转速测量: 图 3a 中, M_1 为测速元件。V_n 为测速信号; N- VIDEO 为转速数显接口。转速信号 V_n 由与测功机相联的测速元件 M_1(如 30CY- 1 型测速发电机) 获得。其再经过可调电位器 P_5 分压后由 N- VIDEO 端输出到转速数显表以显示其转速。显示值可通过可调电位器 P_5 得以校调。

(2) 转矩测量: 图3b 中, M_{I1}、M_{I2}为力传感器的信号输出端; U_4 为运算放大器; V_m 为转矩信号; M- VIDEO 为转矩数显接口。转矩信号 V_m 由测功机下方的压力传感器的输出信号(M_{I1}; M_{I2}间的电压差) 经运算放大器 U_4 放大后获得。其再经过可调电位器 P_{46}分压后由 M- VIDEO 端输出到转矩数显表以显示其转矩。显示值可通过可调电位器 P_{46} 得以校调。值得一提的是, 由于压力传感器本身存在静态偏差, 当实际转矩为零时, 其转矩数显值并非为零。为此, 在运放 U_4 的同向输入端增设一路

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

由电阻 R_{48} 电位器 P_{41} 和 + 5V、- 5V 电源组成的转矩校零电路。校调信号 M_T 在 - 5V ~ + 5V 的范围内连续可调。通过调节可调电位器 P_{41} 获得所需的校调信号以抵消压力传感器固有的静态偏差,使转矩测量电路具有准确的数显结果。

(3) 功率测量: 图 3c 中, V_n 为转速信号; V_m 为转矩信号; A_1、A_2、A_3、A_4 等组成一乘法电路[4]: V_P 为功率信号; P- VIDEO 为功率数显接口。功率信号 V_P 由转速信号 V_n 和转矩信号 V_m 经乘法电路运算放大后获得。其再经可调电位器 P_1 分压后由 P- VIDEO 端输出到功率数显表以显示其功率。显示值可通过可调电位器 P_1 得以校调。

4 测量精度分析

(1) 转速精度: 转速的精度主要取决于测速元件的线性度。象 30CY- 1 型测速发电机的线性度为 1%,可满足一般测量的精度要求。由于测速发电机的转子直径都较小(如 30CY- 1 型测速发电机的转子直径为 Φ3mm),因此测功机的安装精度要求较高。否则,将会引起转速信号的跳动而影响精度,同时也会影响测速发电机的使用寿命。

(2) 转矩精度: 转矩的精度主要取决于两个方面。一方面是压力传感器的线性度,另一方面是测功机电机的静摩擦转矩。在标称范围内,压力传感器的线性误差 ≤0.3‰, 一般可以不予考虑。而测功电机的静摩擦转矩可以通过测量环节予以修正。只要其重复性良好,经过修正后的转矩具有相当高的精度。这也是该系统精确度的关键所在。

(3) 功率精度: 功率的精度是转速精度和转矩精度的乘积,因而它的精度相对转速或转矩的精度从理论上说都要略低一些。但是,只要控制好转速和转矩的精度,功率的精度也能得到很好的保证。

5 结束语

该测功系统能直接测取电机的输出转速和轴上输出转矩。以此所求得的电机输出功率是直接的实际输出功率。它克服了以往通过电机的输入功率和所提供的效率曲线而间接求得电机输出功率所存在的不可靠性和实验条件的离散性。该系统的改进和应用,有助于提高实验数据的准确度和可靠性。对于流体输送设备输入功率的准确测量,这是一种实用可行的测量方法。这种方法尤其适用于功率较小的流体输送设备的输入功率测量。

参 考 文 献

1 谭天恩. 化工原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 1990

2 许实章. 电机学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982

3 周衍白. 理论力学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985

4 李清泉, 黄昌宁. 集成运算放大器原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1980

黄灵仙, 女, 1965 年生, 讲师, 从事化工原理的实验教学和实验设备的研究、开发工作。

(上接第 18 页)

$$B_{ped1} = \frac{4}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} B_{ped}(\theta)\sin\theta d\theta \qquad (17)$$

则分别得直轴磁链 Ψ_{red}、Ψ_{ped} 为:

$$\Psi_{red} = 2\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{N_S}{p_n}L_a r_g B_{re1} \qquad (18)$$

$$\Psi_{ped} = 2\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{N_S}{p_n}L_a r_g B_{pe1} \qquad (19)$$

由此得直轴励磁绕组与定子 d 绕组之间的等效互感 M_{ed} 为:

$$M_{ed} = \frac{\Psi_{ed}}{I_e} = \frac{\Psi_{red} + \Psi_{ped}}{I_e} \qquad (20)$$

将式(12) ~ (19) 代入式(20) 得:

$$M_{ed} = \frac{12}{\pi^2}\sqrt{\frac{2}{3}}\mu_0\frac{N_S N_e}{p_n}L_a r_g\left(\frac{1}{L_g} - \frac{1}{L_{mg}}\right)\left(\alpha + \frac{1}{2}\sin 2\alpha\right) \qquad (21)$$

4 总 结

混合励磁同步电机作为一种新型性能优良的同步电机,对其研究刚刚起步,本文仅从结构、工作原理及参数计算上给予分析描述,其他方面的研究正在进行之中。

参 考 文 献

1 唐任远. 现代永磁电机理论与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997

2 王成元. 矢量控制交流伺服驱动电动机[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995

3 Yasuyuki Sugii. Applicability of Various Motor to Electric Vehicle[J]. Proc. of EVS, 1996(12): 757- 764

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net