

# Application of Frequency Conversion and Energy Saving Technology in Air Compressor

Wei Hua Zhang

Suzhou Qinglin Automation Technology Co., Ltd. Engineering Department, Suzhou, Jiangsu, 201612, China

## Abstract

Air compressors are important general machinery in various sectors of the national economy, and they are a major power consumer in factories. To achieve the economic operation of air compressors, it is necessary to control the variable operating conditions of the air compressors, which requires accurate and effective adjustment of the air compressors. Electric motor-driven air compressors often use two adjustment methods: throttling regulation (inlet throttling and outlet throttling) and variable compressor component regulation. For throttling regulation, there is a lot of energy waste, and the regulation performance is not ideal, especially when the air separation system operates under variable conditions, energy waste is more serious, and there is a risk of surge. The paper adopts frequency conversion technology to achieve variable frequency speed regulation of asynchronous motors, realizing energy-saving optimization control of air compressors.

## Keywords

SVPWM; air compressor; energy saving; frequency converter; PLC

## 变频节能技术在空气压缩机中的应用

张卫华

苏州青林自动化科技有限公司工程部, 中国·江苏 苏州 201612

## 摘要

空气压缩机是国民经济各个部门中的重要通用机械, 其是工厂的耗电大户。要实现空气压缩机的经济运行, 必须控制空气压缩机的变工况, 这就需要对空气压缩机进行准确而有效的调节。电机拖动的空气压缩机常采用节流调节(入口节流和出口节流)和变压缩机元件调节两种调节方式, 对于节流调节来说, 存在着大量的能源浪费, 而且调节性能也不太理想, 特别是在空分系统变工况运行时, 能源浪费更为严重, 还有发生喘振的危险。论文采用变频技术实现异步电动机变频调速, 实现了空压机节能优化控制。

## 关键词

SVPWM; 空气压缩机; 节能; 变频器; PLC

## 1 调研分析现状

论文的分析对象为某纺织厂, 该厂拥有4组250kW空压泵站, 2个20m<sup>3</sup>储气罐, 要求气压保持在6MPa, 正常情况下为3组泵站运行供气, 1组泵站休息。经过调研, 现场存在问题如下: ①电能损耗严重; ②调压繁琐; ③压力波动大; ④设备陈旧、故障率高; ⑤运营成本高; ⑥维护保养不方便。

执行以下方案解决: ①改变工频为变频PID调节方式; ②系统模型及PID控制器设计; ③系统理论仿真; ④实际应用。

## 2 恒压力控制系统建立

当前车间的压力控制靠人工调整, 根据设备数量投入多少来人工投入电机的数量来增减压力。现在管道加压力传感器实时检测管道压力反馈给设定压力进行PID实时调节。PID运算后给变频器输出频率信号实时调整压力, 如图1所示。

工厂电压380V, 采用380V变频调速器SVPWM方式, 控制算法成熟, 全数字化控制方式。其性能可以同直流电机相媲美。矢量控制将定子电流在空间上分解成相互独立的励磁电流和转矩电流, 控制难度得以简化, 控制效果比较好。就现在的情况来看, SVPWM得到了广泛的应用, 它的优点是: 控制算法简单、数字化等特点。矢量控制技术是最为常用的一种, 其性能可以同直流电机相媲美。矢量控制将定子电流在空间上分解成相互独立的励磁电流和转矩电流, 控制难度得以简化, 控制效果表现得比较好。

【作者简介】张卫华(1979-), 男, 中国江苏苏州人, 工程师, 从事运动控制研究。

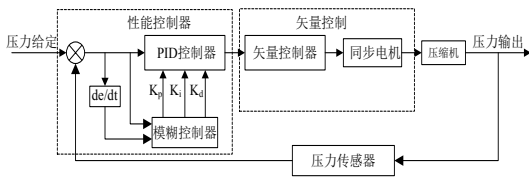


图 1 空气压缩机恒压力控制系统框图

### 2.1 压缩机建模分析

考虑到工厂控制压力的精确度没那么高，太精确的压力控制会额外增加很多成本，故采用一阶惯性环节即可，把滞后的两个惯性环节串联建立数学模型式（1）。

$$G(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (T_1 > T_2) \quad (1)$$

### 2.2 PID 控制器的设计

论文中选择  $K=22$ ,  $T_1=10$ ,  $T_2=1$ ,  $\tau=4$ , 则近似模型为：

$$G(s) = \frac{22}{(10s+1)(s+1)} e^{-4s} \quad (2)$$

### 2.3 仿真稳态测试

经过测试，图 2 稳态曲线，系统响应较快，25s 左右到达稳态，压力变化低。

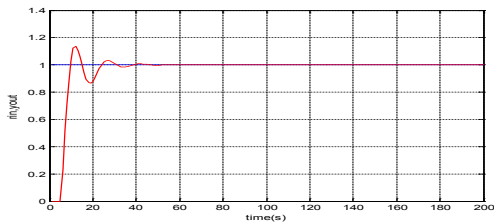


图 2 稳态曲线

### 2.4 仿真扰动测试

负载的突然变化导致了转子转速接近百分之零点一的降低，然后再过大约 0.4s 变趋近稳定状态，励磁电流变化如图 3 所示，转速变化曲线见图 4。

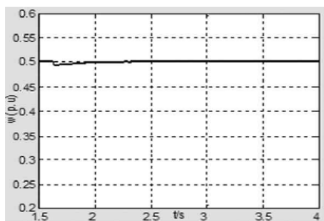


图 3 励磁电流变化

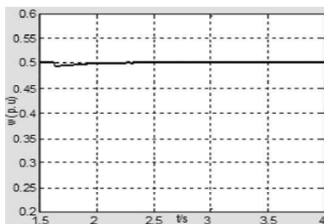


图 4 转速变化曲线

符合系统设定调速要求，可以为系统的控制设计提供理论参考。

## 3 实际应用

经过理论分析采用三菱变频调速器进行项目改造：由于不同时段对压缩空气的需求量不同，4 组泵都处在工频运行，产生能源浪费，并且在加泵去泵切换时空气压力极其不稳定，泵组的直接工频切换对电网也产生很大冲击。考虑到 4 个泵的工作要切换，现采取三菱 FX3U 系列 PLC+ 三菱 FR-F700 系列变频调速器的控制系统。压力需求最小时只由变频器带动 1 台压缩机运行。气量增大时当变频器达到 50HZ 工频时该压缩机切换到工频电源，另外 1 台压缩机切换到变频运行，用气量再增大时当变频器达到 50HZ 工频时变频器带动的压缩机再切换到工频电源，用气量减少时则把工频的压缩机关掉，以此类推达到恒压力控制。图 5 为控制系统架构图。

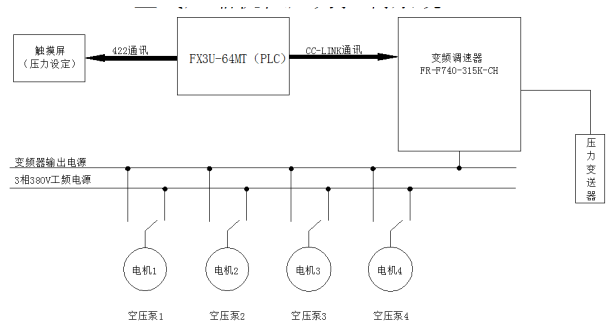


图 5 空气压缩机恒压力控制系统架构图

### 3.1 采用三菱电机制造的 FR-F700 系列风机水泵专用变频调速器

除具有高性能 PID 控制器功能外，还具有最佳励磁控制功能，加减速特性好，节能效果佳等特性。具体优点如下：

- ①适合风机泵类负荷的曲线，如图 6 所示。
- ②最佳励磁控制功能，如图 7 所示。
- ③反转时直接启动功能：因外界因素使得风机反转也可以直接启动。
- ④除恒速区域外，加减速也具有良好的励磁特性。如图 8 所示。
- ⑤变频器本身高精度 PID 调节器，变频器本身可以直接接入压力变送器进行控制。变频器接线如图 9 所示。

- 可以根据设备的转矩特性设定最适合的 V/F 曲线。
- 和最佳励磁控制配合，可以取得更好的节能效果。

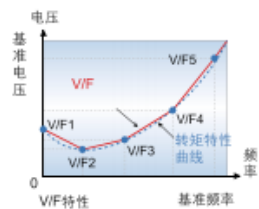


图 6 适合风机泵类的负荷曲线

