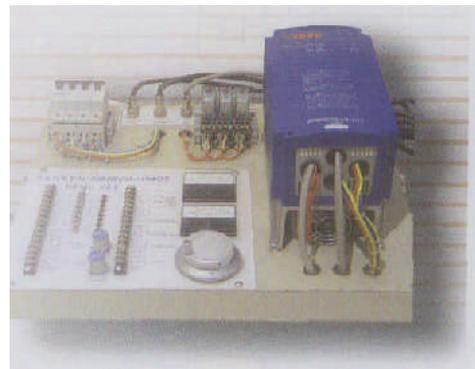


变频器的PID控制(上)



问题1 闭环控制要达到什么目的？

以空气压缩机的恒压控制系统为例,如图1所示。其基本工作过程是:电动机带动空气压缩机旋转 使之产生压缩空气 并储存于储气罐中。储气罐中空气压力的大小取决于空气压缩机产生压缩空气的能力(在本系统中 就是取决于电动机的转速 n_M)和用户用量之间的平衡状况。

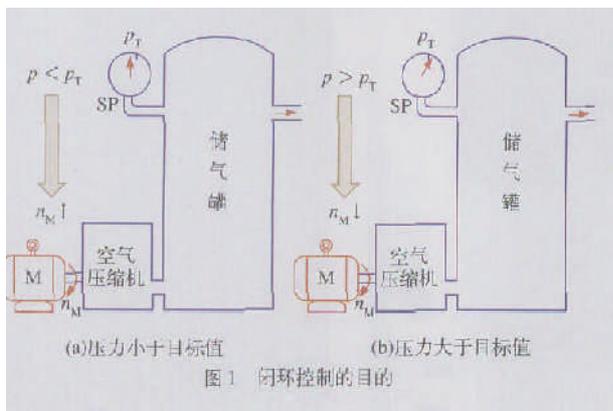
为了保证供气质量 要求储气罐的空气压力稳定在某一个数值上。这个数值 是我们的控制目标 称之为目标压力,用 p_T 表示。

恒压控制对拖动系统的具体要求是:

当用户的用气量增加 储气罐内的实际压力 p_x 小于目标压力 p_T 时 要求电动机加速 使储气罐内的压力上升至目标值,如图1a所示。

反之 当用户的用气量减少 储气罐内的实际压力 p_x 大于目标压力 p_T 时 要求电动机减速 使储气罐内的压力下降至目标值,如图1b所示。

这就是闭环控制所要达到的目的。



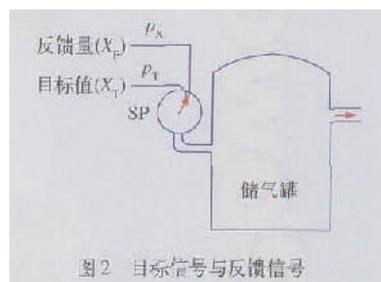
问题2 什么是目标信号？什么是反馈信号？

图2中,与目标压力对应的电信号,称为目标信号,用 X_T 表示。在变频器中, X_T 也称为目标值或给定值。

与储气罐内的实际压力对应的电信号 称为反馈信号,用 X_F 表示。在变频器中, X_F 也称反馈量或当前值。

在恒压控制系统中,要求 X_F 永远无限接近于 X_T 。

$$X_F \approx X_T$$



问题3 怎样实现被控制的物理量稳定在所希望的数值？

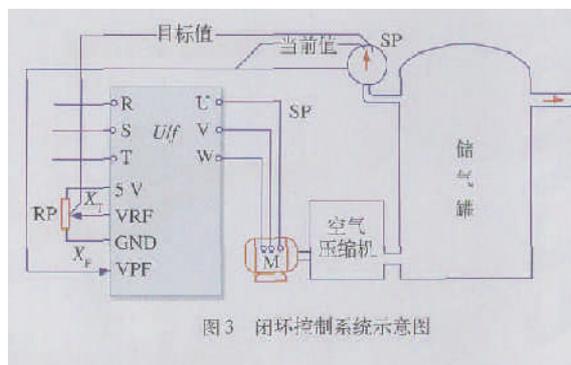
要使拖动系统中的某一个物理量(例如压力)稳定在所希望的数值上 变频器的的工作过程具有两个方面:

一方面 系统将根据给定的目标信号来控制电动机的运行;另一方面,又必须把反馈信号反馈给变频器,使之与目标信号不断地进行比较 并根据比较结果来实时地调整电动机的转速。

所以 变频器必须至少有两种控制信号:目标信号与反馈信号。

仍以空气压缩机的恒压控制系统为例 如图3所示。

(1)闭环控制的信号安排



1) 目标信号 在图3中, 目标信号由电位器RP根据需要人为地给定, 接至变频器的给定输入端VRF。

2) 反馈信号 通过传感器SP测得, 接至变频器的反馈输入端VPF。

(2) 闭环控制的工作过程

1) 空气压力 p_x 不足 $X_F < X_T$ ($X_T - X_F > 0$)

变频器的输出频率 f_x 电动机的转速 n_x 空气压力 p_x , 直至 p_x 与目标压力 p_T 相等为止;

2) 空气压力 p_x 过大 $X_F > X_T$ ($X_T - X_F < 0$)

变频器的输出频率 f_x 电动机的转速 n_x 空气压力 p_x , 直至 p_x 与目标压力 p_T 相等为止。

问题4 为什么要加入比例增益?

(1) 问题的提出

变频器的输出频率 f_x 既然取决于目标信号 X_T 和反馈信号 X_F 的差值($X_T - X_F$)。那么, 能否直接把差值($X_T - X_F$)作为频率给定信号 X_G 呢?

如上述, 闭环控制的目的是使 $X_F \approx X_T$, 或($X_T - X_F \approx 0$)。如果 $X_G = (X_T - X_F) \approx 0$, 则必有变频器的输出频率 $f_x \approx 0$ 。如图4所示, 空气压缩机将停止运转。显然, 这将不可能使储气罐的压力保持稳定。

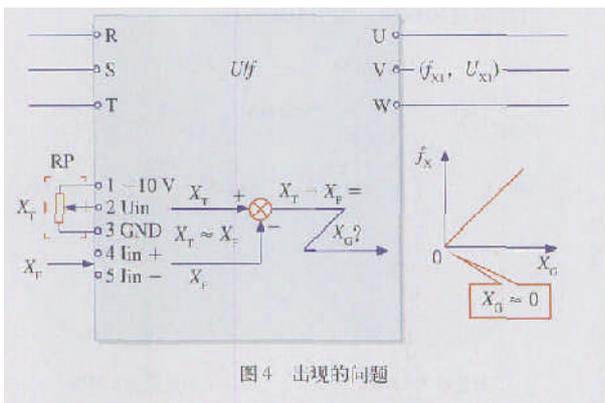


图4 出现的问题

在这里, 一方面, 要求频率给定信号 X_G 与差值($X_T - X_F$)成正比; 另一方面, X_G 又不能直接等于($X_T - X_F$), 这就是问题所在。

(2) 比例增益的引入

根据频率给定信号 X_G 与差值($X_T - X_F$)成正比的特点, 如果将差值($X_T - X_F$)放大 K_p 倍后再作为频率给定信号 X_G , 如图5所示。即

$$X_G = K_p(X_T - X_F) \quad (1)$$

式中, X_G ——变频器的频率给定信号;

K_p ——比例增益(放大倍数);

X_T ——目标信号;

X_F ——反馈信号。

则: 当电动机以某一转速 n_x 运行, 其对应的频率和给定信号分别是 f_x 和 X_G 时, 反馈信号与目标信号之差为

$$= X_T - X_F = X_G / K_p \quad (2)$$

式中, ΔX ——稳态时的控制误差, 也称偏差或静差, 即反馈信号与目标信号之差。

由式(2)知, 比例增益越大, 则静差越小, 储气罐内的压力越稳定。这就是引入比例增益的目的。

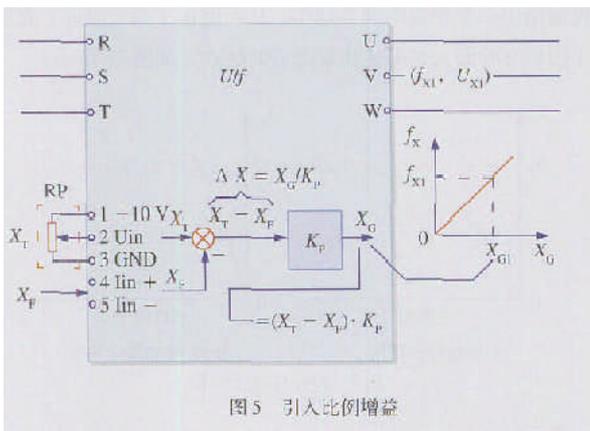


图5 引入比例增益

问题5 积分环节和微分环节起什么作用?

(1) 问题的提出

如上述, 比例增益 K_p 越大, 则静差越小。因此, 为了减小静差, 应加大 K_p , 如图6a所示。

但 K_p 太大了, X_F 和 X_T 稍有差异, 变频器的给定信号 X_G 和输出频率 f_x 以及电动机的转速 n_x 都会迅速变化。到了($X_T - X_F \approx 0$)时, 由于传动系统和控制电路都有惯性, 上述变化不能立即停止, 形成“超调”, 即调过了头。于是又反过来变化, 再次(反方向)超调, 形成振荡, 如图6b所示。

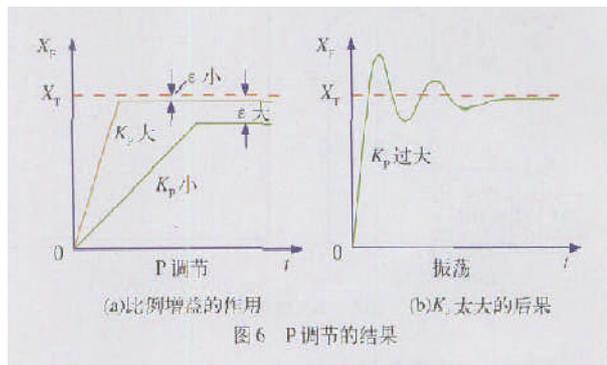


图6 P调节的结果

(2) 解决办法

1) 积分控制 为了消除系统的振荡, 引入了积分环节“i”, 其目的是:

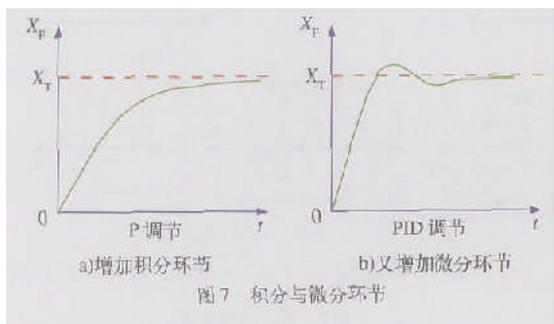
使给定信号 X_G 的变化与乘积 $K_p(X_T - X_F)$ 对时间的积分成正比。意思是说, 尽管 $K_p(X_T - X_F)$ 一下子增大(或减小)了许多, 但 X_G 只能在“积分时间”内逐渐地增大(或减小), 从而减缓

了 X_c 的变化速度,防止了振荡。积分时间越长, X_c 的变化越慢,如图7a所示。

只要偏差 $X_T - X_F \neq 0$ 积分就不停止。所以积分环节还能有效地消除静差。

但积分时间(t)太长,又会发生当用气量急剧变化时被控量(压力)难以迅速恢复的情况。

2)微分控制 微分控制是根据偏差变化率 d/dt 的大小,提前给出一个相应的调节动作,从而缩短了调节时间,克服了因积分时间太长而使恢复滞后的缺点,如图7b所示。

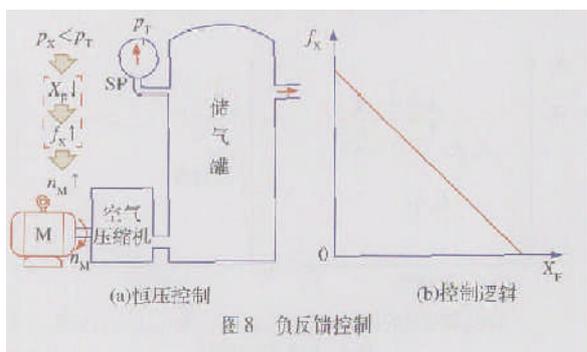


问题6 什么是负反馈?

以图8a所示的空气压缩机恒压控制为例,当压力由于用气量增大而低于目标压力($p_x < p_T$)时,反馈信号下降(X_F)要求变频器的输出频率上升(f_x)以提高电动机的转速(n_x),使储气罐内的压力保持恒定。

这种反馈量的变化趋势与变频器输出频率的变化趋势相反的控制方式,称为负反馈,如图8b所示。

由于闭环控制中,负反馈控制较多,故有的变频器把这种控制逻辑称为正逻辑。



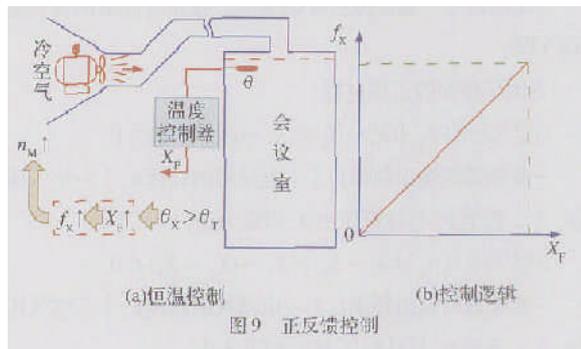
问题7 什么是正反馈?

以图9a所示的房间恒温控制为例,当室内温度高于目标温度($\theta_x > \theta_T$)时,反馈信号上升(X_F)要求变频器的输出频率也上升(f_x)以提高电动机的转速(n_x)加大冷空气吹入室内的风量,使室内温度保持恒定。

这种反馈量的变化趋势与变频器输出频率的变化趋势相同的控制方式,即反馈量的增加使变频器输出频率也增加的

方式称为正反馈,如图9b所示。

有的变频器把这种控制逻辑称为负逻辑。



问题8 怎样确定目标值的大小?

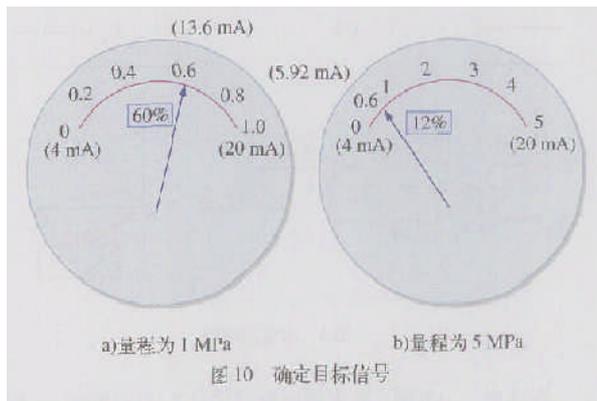
因为目标信号和反馈信号常常并不是同一种物理量,难以直接进行比较。所以,大多数变频器的目标信号和反馈信号都用传感器(SP)量程的百分数来表示。

例如,要求储气罐内的空气压力保持为0.6 MPa,传感器的输出信号为4~20 mA的电流信号,则:

当SP的量程为0~1 MPa时,与0.6 MPa对应的百分数为60%,对应的信号电流为

$$X_T = 4 + (20 - 4) \times 0.6 = 13.6 \text{ mA}$$

目标值定为60%,如图10a所示。



当SP的量程为0~5 MPa时,与0.6 MPa对应的百分数为12%,对应的信号电流为

$$X_T = 4 + (20 - 4) \times 0.12 \text{ mA} = 5.92 \text{ mA}$$

目标值定为12%,如图10b所示。EA(未完,待续)

(收稿日期:2006.01.20)

更正:本刊2006年第1期第10页“工业圈”栏目《国家首项1 000 V级特高压工程将在山西开工》一文标题应该为《国家首项1 000 kV级特高压工程将在山西开工》。特此更正。