



任务一 掌握 PID 控制的应用



任务引入

供水是国民生产生活中不可缺少的一环，传统供水系统占地面积大，水质易受污染，基建投资多，且不能保持水压恒定。恒压供水系统能够保持水压的恒定，可使供水和用水之间保持平衡，即用水多时供水多，用水少时供水少，从而提高了供水的质量。

请应用 PID 控制设计恒压供水系统，并用 PLC 控制变频器的运行频率，从而使水压恒定，其逻辑框图如图 6-1 所示。

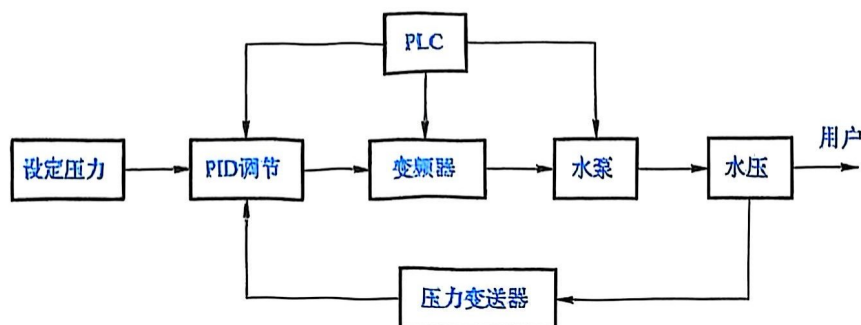


图 6-1 恒压供水系统的逻辑框图

恒压供水系统的控制要求如下。

- (1) 该系统中有两台水泵。当系统开始工作时，如果水压低于设定值，将启动一台水泵，并控制变频器的运行频率，使其逐渐上升，从而使水压上升。
- (2) 当管网压力升至设定值时，水泵保持当前运行状态，保持水压恒定在设定值。
- (3) 当该水泵运行频率上升到电网工频，水压还未达到设定值时，系统自动将该水泵切换至工频运行，同时解除变频器运行信号，然后另一台水泵变频启动。



任务工单

请扫描下方二维码，获取任务工单，根据任务工单，学生可以课前预习相关知识，课后按步骤进行任务实施，提高操作技能。



在工程实际中,应用最为广泛的控制方法为 PID 控制。PID 控制以结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便而成为工业控制的主要技术之一。当一个控制系统和被控对象不完全被了解,或不能通过有效测量手段来获取控制系统参数时,最适合用 PID 控制。

一、PID 控制原理

PID 控制即比例 (P)、积分 (I)、微分 (D) 控制,它能在控制系统中实时监测被控对象的实际值,并将其与设定值进行比较,计算出两者的偏差,利用比例、积分、微分计算输出值,进而将被控对象调整到设定值,PID 控制原理图如图 6-2 所示。

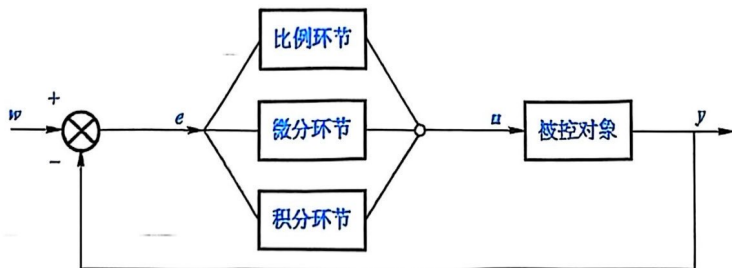


图 6-2 PID 控制原理图

比例控制是一种最简单的控制方式,其控制系统的输出与误差成比例关系。当仅有比例控制时,控制系统的输出存在稳态误差。

若控制系统在进入稳态后存在稳态误差,则称这个控制系统是有稳态误差的系统,简称有差系统。为了消除稳态误差,在控制器中必须引入“积分环节”,即积分控制。在积分控制中,控制系统的输出与误差的积分成正比关系。因此,比例+积分 (PI) 控制可以使系统在进入稳态后无稳态误差。

自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳,主要原因是系统中存在惯性较大的组件或滞后组件,它们有抑制误差的作用,从而使系统变化落后于误差的变化,引起超调。此时需要在控制器中增加“微分环节”,即控制系统的输出与误差的微分(误差的变化率)成正比关系。微分控制能预测误差变化的趋势,比例+微分 (PD) 的控制能够提前使抑制误差的控制作用等于零,甚至为负值,从而避免了被控对象严重超调,进而改善控制系统在调节过程中的动态特性。

二、PID 指令

S7-1200 PLC 的 PID 控制功能主要由 PID 指令块、循环中断块和工艺对象组成。PID 指令块定义了控制系统的控制算法,循环中断块按一定周期执行控制算法,工艺对象用于定义输入/输出、调试和监控等参数。

S7-1200 PLC 中的 PID 指令组成了 Compact PID 指令集,包括 PID_Compact (集成了调节功能的通用 PID 控制器)、PID_3Step (集成了阀门调节功能的 PID 控制器) 和 PID_Temp (温度 PID 控制器) 3 个指令。





其中, PID_Compact 指令用于控制工艺过程, 通常通过模拟信号的输入和输出来进行控制; PID_3Step 指令用于控制电机驱动的设备, 如需要通过离散信号实现打开和关闭动作的阀门; PID_Temp 指令是专为温度控制而设计的, 它提供了具有集成调节功能的连续 PID 控制。

Compact PID 指令集中最常用的是 PID_Compact 指令, 其指令符号如图 6-3 所示。PID_Compact 指令不仅能抗积分饱和, 还能对比例环节和积分环节进行加权运算。PID_Compact 指令的输入/输出引脚功能如表 6-1 所示。

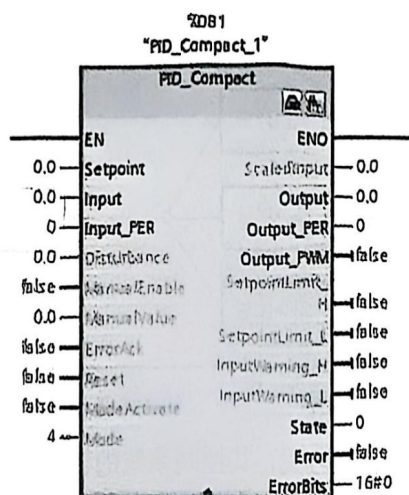


图 6-3 PID_Compact 指令的指令符号

表 6-1 PID_Compact 指令的输入/输出引脚功能

引 脚	数据类型	功 能
Setpoint	Real	自动模式下的设定值
Input	Real	用户程序的变量用作过程值的源
Input_PER	Int	模拟量输入用作过程值的源
Disturbance	Real	扰动变量或预控制值
ManualEnable	Bool	上升沿时, 激活“手动模式” 下降沿时, 激活由 Mode 指定的工作模式
ManualValue	Real	手动模式下的输出值
ErrorAck	Bool	上升沿时将复位 ErrorBits 和 Warning
Reset	Bool	重新启动控制器
ModeActivate	Bool	上升沿时将切换到保存在 Mode 参数中的工作模式
Mode	Int	指定 PID_Compact 将转换的工作模式, 具体如下 Mode = 0: 未激活; Mode = 1: 预调节; Mode = 2: 精确调节; Mode = 3: 自动模式; Mode = 4: 手动模式
ScaledInput	Real	标定的过程值
Output	Real	Real 形式的输出值



表 6-1 (续)

引 脚	数据类型	功 能
Output_PER	Int	模拟量输出值
Output_PWM	Bool	脉宽调制输出值
SetpointLimit_H	Bool	当其值为 1 时, 说明已达到设定值的绝对上限
SetpointLimit_L	Bool	当其值为 1 时, 说明已达到设定值的绝对下限
InputWarning_H	Bool	当其值为 1 时, 说明过程值达到或超出警告上限
InputWarning_L	Bool	当其值为 1 时, 说明过程值达到或低于警告下限
State	Int	显示了 PID 控制器的当前工作模式, 具体如下 State = 0: 未激活; State = 1: 预调节; State = 2: 精确调节; State = 3: 自动模式; State = 4: 手动模式; State = 5: 带错误监视的替代输出值
Error	Bool	当其值为 1 时, 表示周期内错误消息未解决
ErrorBits	DWord	错误消息代码



任务分析

本任务需要先学习 PID 控制原理和 PID 指令, 在此基础上, 才能完成恒压供水系统的设计。

在恒压供水系统中, 通过比较实际水压与设定水压的值, 控制两台水泵的工作状态, 实际水压通常用压力传感器检测, 该检测量通常为模拟量。设启动按钮为 SB1, 停止按钮为 SB2, 一号水泵的变频和工频分别为 KM1 和 KM2, 二号水泵的变频和工频分别为 KM3 和 KM4, 则恒压供水系统的工作过程如下。

(1) 按下启动按钮 SB1, 一号水泵 KM1 接通, 水泵的转速随变频器输出频率的上升而逐渐加快。

(2) 当变频器的频率达到 50 Hz (电网工频) 且检测到压力传感器的值未达到设定值时, 启动定时器 T0 (定时时长为 30 s)。

(3) 定时结束后, KM2 和 KM3 接通, KM1 断开, 一号水泵的转速不变, 二号水泵的转速随变频器输出频率的上升而逐渐升高, 直至压力传感器检测到的值达到设定值。

完成该任务的主要步骤如下。

- (1) 根据恒压供水系统的工作过程, 填写 I/O 地址分配表。
- (2) 根据 I/O 地址分配表, 绘制 PLC 的硬件接线图, 并完成接线。
- (3) 根据恒压供水的工作过程和 I/O 地址分配表, 设计梯形图程序。
- (4) 按下启动按钮后, 比较压力传感器的输入值和设定值, 观察变频器的工作状态和电机的转速。

本任务中, 主要依据压力传感器给定的模拟量输入值与设定值进行比较, 确定水泵是由变频向工频切换还是由工频向变频切换。

