

不用模糊控制的主自动恒压供水系统

福建厦门大学自动化系 (361005) 陈伟 张阿卜

摘要:用 PLC 通过模糊控制变频调速实现全自动恒压供水以及一种工频运行时压力死区的在线辨识控制方案。

关键词:模糊控制 可编程控制器 变频器 恒压供水系统

随着城市的迅速发展,一方面传统的恒速泵组切换方式使水压高低不稳,另一方面造成能源浪费使供水系统用电量急剧上升。为提高传统泵组工作供水系统水压的稳定性、提高节电率和可靠性,针对居民区用水量变化大的特点,本系统采用恒速泵和变频调速泵并联的控制方案,并根据实际系统的特点,提出了模糊控制变频调速方案以及工频运行时压力死区在线辨识方案,在运行实践中达到了预期的效果。

1 供水系统控制方案

供水系统原理图如图 1 所示。供水系统由 4 台泵组成,由 1 台变频器切换控制调速,可变供电回路由工频回路和由变频器提供的变频回路组成,通过 PLC 将各水泵按一定规律投入(或切出),工频回路或变频回路获得最佳的配置状态,系统采用 2 种全自动供水方案。

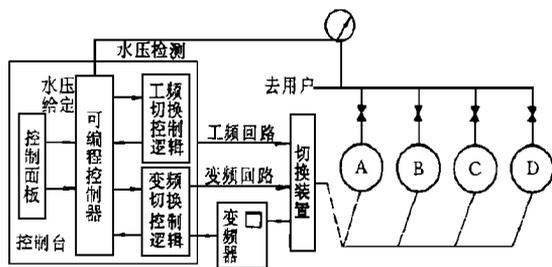


图 1 供水系统原理图

1.1 全自动变频恒压控制方式

系统投入时,首先启动 A 号泵,其转速由零逐渐增加,管网水压逐渐升高。若用水量大,则管网水压始终达不到设定值,经一定延时后,将 A 泵由变频转为工频运行,再将 B 泵软启动投入变频运行,速度由零逐渐增加,直到达到设定值,依此类推。在用水量减少、水压升高,变频器使水泵转速下降到下限值时,仍不能使水压回到给定值,则切除工频运行的水泵 A,使压力稳定在给定值。

在 PLC 中,对 4 台水泵设立了运行和停用时间队列, A B C D 4 台泵的切换采用“先停先投,先投先停”的原则,同时,也可通过操作台,使某台泵退出工作队列。

由于供水系统的管网和水泵特性存在非线性、多变量,而且相互之间又有交叉耦合,很难建立精确的数
《微型机与应用》1998 年第 2 期

学模型。在测量中发现,参数随运行状态的不同具有相当大的变化,采用 PID 算法参数整定难,而且不可避免地产生一定的动态超调,不符合供水系统的要求。对于这样一个难以确定对象的数学模型,水压精度要求一般的系统,采用模糊控制算法是一种实用有效的方法。

以水压给定值 SP 和实际测量值 PV 的误差 $E(E = SP - PV)$ 及误差变化率 EC 作为模糊控制器的输入量,经模糊化后转化为用模糊语言描述的模糊集合,通过模糊控制器的控制规则推理合成输出 1 个控制量的模糊集合,再经模糊判决给出控制量的确切值,送给变频器去控制水泵的转速,以使水压达到给定值。

本系统取 5 个模糊集合来描述水压的误差、误差变化率和控制量,即

[负大 (NL), 负小 (NS), 零 (0), 正小 (PS), 正大 (PL)]

在论域 $\{-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4\}$ 上的模糊集合隶属函数分布如图 2 所示。

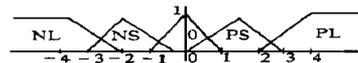


图 2 隶属函数分布曲线

表示为:

$$NL = 1/-4 + 1/-3 + 0/-2$$

$$NS = 0/-3 + 0.66/-2 + 0.66/-1 + 0/0$$

$$0 = 0/-1 + 1/0 + 0/1$$

$$PS = 0/0 + 0.66/1 + 0.66/2 + 0/3$$

$$PL = 0/2 + 1/3 + 1/4$$

经总结,得到若干条 IF E and EC then CU 的控制算法规则,构成如表 1 的控制规则表。

表 1 控制规则表

CU	EC	NL	NS	0	PS	PL
E		NL	NS	0	PS	PL
	NL	NL	NL	NL	NS	NS
	NS	NL	NS	NS	0	0
	0	NS	0	0	0	PS
	PS	0	0	NS	NS	PL
	PL	PS	PS	PL	PL	PL

采用极大极小合成运算的设计方法,经模糊判决后,得到输出控制增量 CU 随误差 E 和误差变化率

表 2 模糊控制表

CU E	EC								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
-4	-4	-3	-4	-4	-3	-2	-2	-2	-1
-3	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-1	-1
-2	-4	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0
-1	-3	-3	-2	-1	-1	0	0	0	0
0	-2	-2	-1	0	0	0	1	2	2
1	0	0	0	0	1	1	2	3	3
2	0	0	0	1	1	2	2	3	4
3	1	1	2	2	3	3	3	3	4
4	1	2	2	2	3	4	4	3	4

将控制表按误差顺序存放到 PLC 整数文件中的 N7: 0~ N7: 80,共 81个单元,利用 MOV 指令的变址寻址方式来查找控制表,变址寄存器 S: 24的值按下式求得:

$$S: 24 = (E + 4) * 9 + (EC + 4)$$

其中 E 为误差; EC 为误差变化率。

1.2 全自动工频运行方式

为实现在变频故障情况下的全自动供水方案,采用以压力为目标的水泵工频运行切换方式。在设立切换条件时,为防止停开 1 台水泵则压力不足,而增开 1 台水泵则水压过高这种切换振荡现象,系统采用在线辨识压力死区的控制方案,即只有越过死区泵才进行切换。死区设定方法如下:

假设当前的误差死区为: $[D_{min0}, D_{max0}]$,在水压低于压力死区 $[D_{min0}, D_{max0}]$ 的下限时,将增开 1 台水泵,水压由原来的 S_0 变化为 S_1 ,增量为: $W = S_1 - S_0$,如图 3 所示。现通过下述方法来辨识新的误差死区 $[D_{min1}, D_{max1}]$

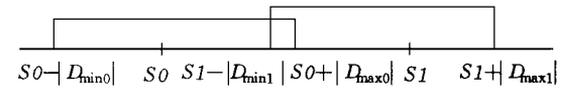


图 3 压力死区变化图

由图 3 可知,为避免切换振荡则要求 2 个死区出现交叉,即:

$$S_0 - |D_{max0}| > S_1 - |D_{min1}| \quad \text{得到:} \\ |D_{max0}| + |D_{min1}| > W \quad (1-1)$$

如取 $|D_{max0}| = \alpha_0 W_0; |D_{min1}| = \alpha_1 W_1$ (其中 W_0 为上次切换时的压力变化值, $0 < \alpha_0, \alpha_1 < 1$), (1-1) 式变为:

$$\alpha_0 W_0 + \alpha_1 W_1 > W_1 \\ \text{得: } \alpha_1 = 1 - (\alpha_0 W_0 / W_1) \quad (1-2)$$

考虑 (1-2) 的条件,所以,本次死区取为:

$$\begin{cases} D_{min1} = \alpha_1 W \\ D_{max1} = \alpha_1 W \end{cases}$$

得到开关电机条件: $\begin{cases} \text{当误差 } e > D_{max1} & \text{关电机} \\ \text{当误差 } e < D_{min1} & \text{开电机} \end{cases}$

同样在越过当前压力死区 $[D_{min1}, D_{max1}]$ 的上限时将减少 1 台水泵,通过辨识得到新的压力死区作为下次切换的依据。

2 硬件组成

1. 操作台: 实现系统的操作控制,参数设定,开关切换,以及压力、水位、频率及故障报警的显示。

2. PLC 考虑供水系统可靠性,选用美国 AB 公司 SLC 系列可编程控制器。本系统选用 24V 的直流输入模块 1746-IB16,如图 4 所示,接受行程开关、限位开关的信号以及设置信号和故障信号。选用 220V 继电器输出型 1746-OW16 模块,如图 5 所示。其输出信号对电机和闸门进行控制。还有用于报警输出用的 1746-OW4 模块。模拟量输入/输出模块 1746-NI04 实现压力信号的输入和 PLC 对变频器的控制输出。为实现对模糊控制器比例因子 K_u 以及水压给定的在线修改,其中 1 路模拟量用于参数的输入,如图 6 所示。



图 4 输入模块 1746IB16



图 5 输出模块配置

