

微机多通道智能流量仪的研制

朱德书 姚寿广 潘朝峰

(华东船舶工业学院)

[摘要] 本文介绍了作者研制的微机多通道智能流量仪的硬件及系统软件,着重阐述了本仪表中流量测量补偿模型的建立。经实际运行表明,建立的模型在变工况运行时,能有效地提高测量精度。

关键词 蒸汽流量 补偿测量 孔板 多通道智能流量仪

分类号 TH814

1 引言

以水蒸汽为工质的热能动力装置广泛应用于工业企业,其中蒸汽流量是企业最重要的经济性参数之一,是节能及系统控制的重要检测环节。在众多的流量测量方法中,由于标准化节流装置结构简单,使用方便,并具有一定的精度,因此在各工业部门得到了最广泛的应用,但它在设计工况下使用,才能保证测量精度,而热力生产过程中常遇到的变工况下运行时蒸汽密度等参数随压力、温度的变化而变化,将给检测结果带来较大的误差,这对正确评价装置的经济性能和能源的计量考核以及进一步实现自动控制都是不利的。为了提高测量精度,目前常采用几台模拟仪表组成补偿环节,但由于一般只能采用单一补偿公式,在现有的密度模型下很难全面补偿参数变化造成的误差,而且仪表结构复杂,造价昂贵,可靠性低。随着计算机技术的发展,以微机为核心的智能测量仪表正迅速取

代常规模拟仪表,国外发达国家智能流量仪表已进入实用化和商品化阶段,国内一些单位也研制了性能各异的补偿式流量仪。本文介绍作者研制的微机多通道智能流量仪,该仪表是为某酒厂三台锅炉以及四个用汽车间的饱和蒸汽流量的集中测量和锅炉压力、水位的集中监测而研制的。

2 仪表工作原理及流量测量补偿模型的建立

工业上测量流量的标准节流装置是根据国家标准 GB2624-81 设计、制造、安装和使用的,它无须单独标定就具有一定的精确度,其流量计算公式为:

$$m = \frac{1}{4} \pi d_1^4 \alpha \varepsilon \sqrt{2\rho\Delta p}$$
$$= 0.01252\alpha \cdot \varepsilon \cdot d_1^4 \sqrt{\rho\Delta p} \quad (1)$$

式中 m 为运行状态下质量流量, d_1 为运行状态下节流件的开孔直径, α 为运行状态下节

收稿日期 1993 10 19 收修改稿 1993 11 25

本文联系人 朱德书 男 56 教授 212003 江苏镇江市华东船舶工业学院二系

流装置的流量系数, ε 为流体的流束膨胀系数, ρ 为节流件上游蒸汽的密度, Δp 为节流装置的输出差压。

在测量过程中, 当工质参数变化时, d 、 α 、 ε 、 ρ 也随之变化, 其中以 ρ 的变化最为明显, 为精确测量流量, 就需要根据瞬时测量得到的工质参数对 ρ 进行在线补偿, 得到该瞬时的密度值, 为便于计算机进行计算就需要将 ρ 公式化。

国际公式化委员会(IFC) 提出工业用1967年IFC公式是以亥姆霍兹(Helmholtz)函数和吉布斯(Gibbs)函数形式表示的, 其计算公式复杂, 不便于工程实用及简化在线计算的要求, 因此工程中对蒸汽密度的公式化, 许多热物理工作者作过研究, 并应用到生产过程中, 但它们大多数是以采用微处理机为智能核心的仪表上所使用的补偿公式, 为便于编程往往是采用线性回归方法得出的线性拟合公式, 而且量程范围也不大。本文研制工作中仪表智能核心是PC系统机, 它具有很强的数据处理能力, 编程调试也很方便, 因此采用了一元高次曲线拟合方法由水蒸汽表上给出的饱和蒸汽参数进行回归拟合, 得到饱和温度和密度随饱和蒸汽压力的拟合曲线, 并且进一步给出了焓值的拟合公式, 它为进一步计量蒸汽的热流量提供了保证。拟合公式如下:

当 $0.14 \text{ MPa} < p < 0.98 \text{ MPa}$ 时:

$$\begin{aligned} T_s &= 1360.30143 + 55.713419p \\ &\quad - 0.93938603p^2 \\ &\quad + 0.0070729759p^3 \quad (\pm 0.5\text{C}) \\ \rho &= 4.3133282 + 4.6802935p \\ &\quad + 0.00059192486p^2 \quad (\leq 0.4\%) \end{aligned}$$

当 $0.98 \text{ MPa} < p < 4.9 \text{ MPa}$ 时

$$\begin{aligned} T_s &= 843.30531 + 223.637022p \\ &\quad - 20.714923p^2 + 0.81845493p^3 \\ &\quad (\leq 0.5\text{C}) \\ \rho &= 0.437356283 + 5.562806871p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &- 7.500951p^2 + 0.029492844p^3 \\ &\quad (\leq 0.4\%) \end{aligned}$$

目前一般补偿式流量仪都局限于密度的补偿。为了更精确地测量流量, 尤其是工况偏离设计工况点较远, 且波动范围较大时, 即使对 ρ 进行在线补偿其测量仍受到 Re_D 、 α 等参数的影响而产生不可忽略的误差。据有关文献对各参数进行分析, 在 ρ 实现补偿时, 若工况变化在设计工况上下波动 20% 的情况下, 由 Re_D 、 α 等参数变化引起的流量测量误差仍高达 5%。显然为实现在较大范围内变工况运行情况下流量的精确测量, 只对 ρ 补偿是不够的, 只有实现全参数在线补偿, 才能真正达到精确测量的目的。在除密度 ρ 以外的诸变化参数中, 经分析可知以 α 的变化对流量的测量影响较大, 而流量系数 α 与节流件种类、取压方式、管道条件和雷诺数等因素有关, 在具体使用条件下一般可忽略其它因素的影响, 而认为它是雷诺数 Re_D 的函数, 即有 $\alpha = f(Re_D)$ 。经分析使用线性补偿公式就可满足精度要求, 即可令:

$$\alpha = a + b \cdot Re_D \quad (2)$$

式中 a 和 b 可根据仪表提供的量程范围由 GB2624-81 提供的 α 与 Re_D 关系, 用线性插值方法得到。

流束膨胀系数 ε 的补偿公式针对不同节流件种类, 取压方式也有不同的补偿公式, 本次研制工作是针对标准孔板和标准喷嘴在角接取压和法兰取压两种不同方式下建立不同的补偿公式, 如:

标准孔板

$$\varepsilon = 1 - (0.41 + 0.36\beta^4) \cdot \Delta p / (Kp_1) \quad (3)$$

标准喷嘴

$$\varepsilon = 1 - [0.75 + \beta^4 / (1 - \beta^4)] \Delta p / (Kp_1) \quad (4)$$

式中 β 为节流件的孔径比, p_1 为节流件上游压力, K 为蒸汽的等熵指数 K 。

以上建立的模型可针对不同的运行工况选用,以保证测量精度,具体实现在后面软件中细述。

3 仪表硬件

仪表系统硬件由两部分组成:IBM PC 兼容机和 A/D 转换及开关量监测报警电路板。

由于承接这次研制任务时,用户要求交货时间短,并希望提供三台锅炉及四个车间的流量集中测量值及瞬时、班、日、月累积量的计量管理报表以及将来进一步对锅炉进行监控,综合各方面的因素选择了 PC 系统机。这是一种功能强大的八位微机,提供了五个扩展槽,除系统配置占用了部分槽口外,余下的扩展槽用做该系统的接口卡槽口。接口卡用扩展槽 I/O,62 芯总线,为了 IBM PC 公司推出新的硬件配置后也能使用及推广微机应用,该机采用了一种接口通用地址译码电路,其外设口地址不是和存储器统一编码的,而是采用 I/O 独立端口寻址方式,用专门的 I/

O 指令来对接口地址进行操作,并使用 A₀~A₉ 地址做为 I/O 地址译码。本仪表译码电路由一片 LS138 和 LS32、LS11 等芯片构成,扩展槽出口用 LS244 驱动,由 A₀~A₉ 地址线根据不同的地址信号经 3-8 译码器选中不同的片选口,其中 A₉ 必须置 1 以保证是外设寻址。其译码电路电原理图见图 1。

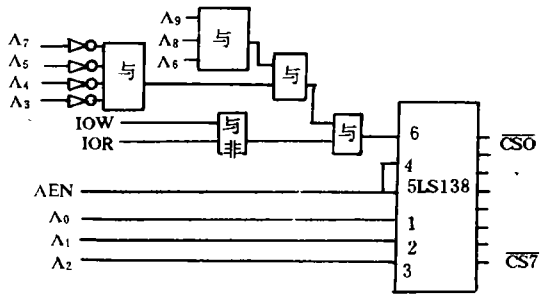


图 1 译码电路原理图

本仪表可测量七路蒸汽管道流量,一路蒸汽压力(将差压变送器安装在分汽缸各路

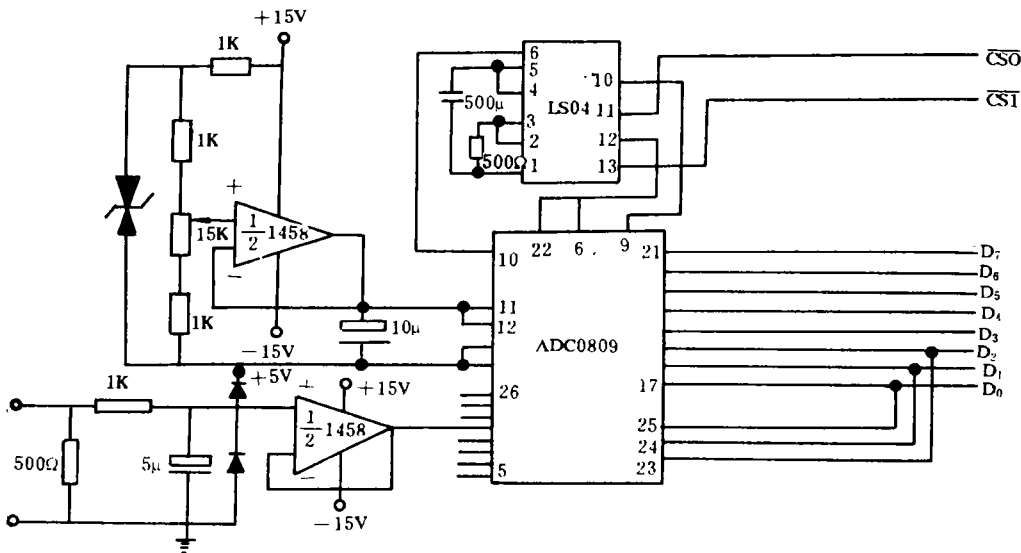


图 2 A/D 转换电路原理图

进出口处,则所测得的分汽缸内压力就可认为是七路流量的蒸汽压力)。8路模拟量由差压变送器送入 0~10mA DC 的电流信号,模入通道由精密电阻,运放及 RC 滤波器组成,其中运放在此电平转换电路中起阻抗隔离作用。8路 A/D 转换由一片 ADC0809 芯片完成,其转换电路原理图见图 2。

开关量输入通道有 8 点,用一片 LS244 作驱动和片选控制与 A/D 转换的数据线共

用,与 PC 机扩槽中数据线脚相连。报警电路由八组发光二极管及一只蜂鸣器组成,数据线经 1413 驱动与 A/D 转换的数据线挂在一起,由一片 LS273 作为控制片选,当水位或压力越限时,由软件判别后送出相应的地址和数据,使对应的某路发光二极管由正常状态的绿灯转为报警状态的红灯,同时,蜂鸣器发出声报警,开关量监测报警电路原理图见图 3。

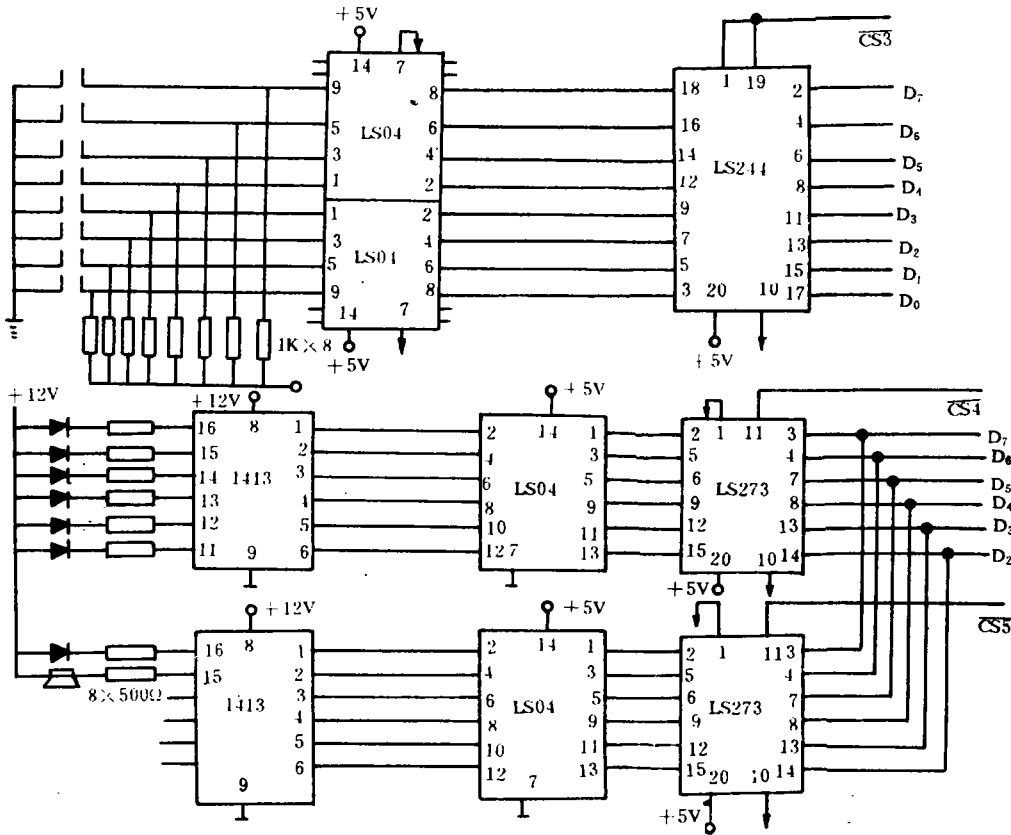


图3 开关量输入及报警电路电原理图

本仪表 A/D 转换及开关量监测报警电路由外部提供 220V AC 电源,经过变压器降压,整流、滤波和集成稳压器和调整管得到所需的 +5 V 和 ±15 V 电压,使模板电路与计算机电源分隔开,避免了共用电源可能造成的干扰。

4 仪表的系统软件

该仪表的系统软件采用模块化结构,整个程序分成主控及水位监测;A/D 转换、滤波及通道失效检查;标度变换及压力越限判断;密度补偿;流量系数补偿;报表显示、存储

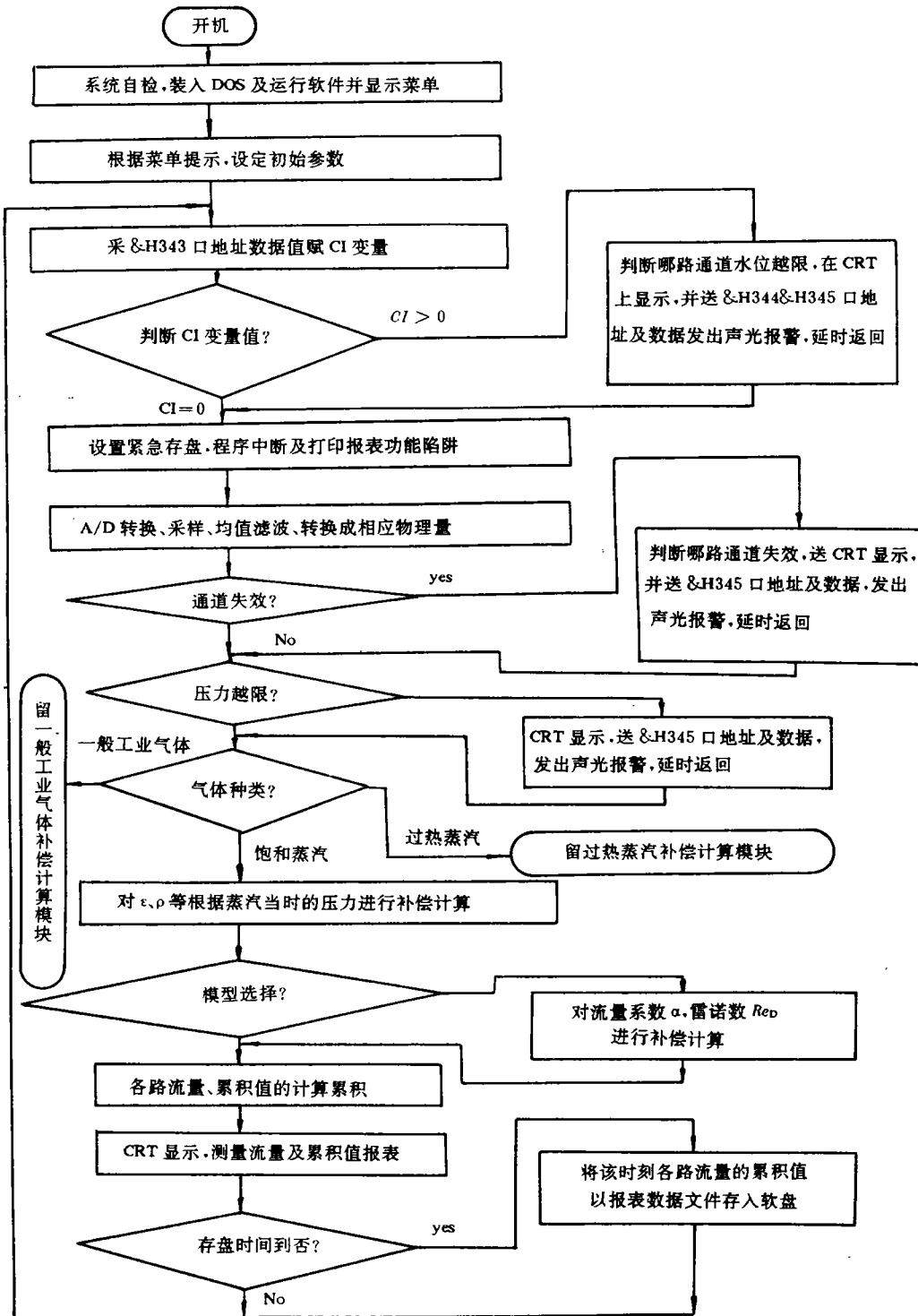


图 1 流量补偿测量流程图

及打印;水位越限逻辑判断报警等功能模块。具有迅速可靠的八路采样和强大的数据处理能力,检测周期为3秒,能对6路锅炉的高、低水位越限和压力越限进行监测和声光报警,并对通道失效进行自诊断报警,采样值经处理后由CRT显示出瞬时流量值、压力测量值以及流量瞬时累积值,班、日、月累积值,同时显示三台锅炉每日、每月的总累积值。3秒钟刷新一次。软件能根据设定的时间自动将数据存盘供日后查用,配上打印机后能随时打印流量测量报表,并设有紧急存盘及任意时刻中断程序运行的功能。软件采用“菜单”式操作,详细的提示信息全部采用汉字,任何人经短暂培训即能应用自如地操作该系统。该软件能由操作人员根据当时锅炉运行状态自行设定流量测量补偿模型(单一密度补偿模型或全参数补偿模型),同时留有充分的接口供进一步扩充测量过热蒸汽及一般工业气体功能,以便使该软件进一步完善。

下面归纳软件功能并给出结构框图:

- 1 八路通道模拟量采样、转换、滤波、标定及形成相应物理量瞬时值;
- 2 具有通道自诊断报警,压力越限报警以及六路开关量(水位)监测报警;
- 3 能根据饱和蒸汽的瞬时采得压力对密度和流束膨胀系数 ϵ 进行在线补偿校正;
- 4 能根据饱和蒸汽瞬时压力对流量系数 α 及雷诺数 Re_D 进行在线校正;

- 5 根据补偿校正后的蒸汽及管道参数计算瞬时流量值;
- 6 完成对各路流量的瞬时,班、日、月累积显示和定时存储;
- 7 具有紧急存盘,随时打印及随时中断程序运行功能。

5 结论

1 本文提出的流量测量补偿模型是成功的,经实机运行考核,具有较高的精度。开发的软件具有模型可选择,数据处理能力强,功能较齐全的优点,由于采用模块化结构,便于进一步扩展功能和完善。

2 采用微机构成智能化流量测量仪表不但可提高测量精确度和可靠性,而且可使系统投资大幅度下降,功能价格比得到较大提高。

3 本流量测量仪表的研制成功为进一步实现锅炉的自动监控调节打下了基础。

参 考 文 献

- 1 王士元等. IBM PC/XT(GW0520)接口技术及应用. 南开大学出版社, 1990. 4
- 2 刘志万. 实验数据的统计分析和计算机处理. 中国科技大学出版社, 1989
- 3 方可人等. DWL型多功能微电脑流量显示积算仪的研制. 江苏电力, 1986(1)

征求联营 信息

组装高效节能灯电子镇流器

该中心电子厂为完成外接订单,现在全国急征联营加工镇流器厂家,该灯是最新科技产品,是电感节能灯的换代产品,具有低电压启动、光效高、寿命长等特点,市场前景看好。镇流器采用线路板和电子元件组成,只需电烙铁、万用表、调压器等工具,投资千元即可,厂房40m²,工人约15名,加工费7.5元/块,总获利45万元,现场培训,学会为止。技术服务费1万元(合同保证金2万元(任务完成退回)),免费提供散件,回收全部产品,是现灯具厂、电子厂、五金机械厂接产理想项目,欢迎有条件厂家来面洽 (有意者请与本编辑部联系)

() Through a series of experimental study and analysis of four types of connecting modes of headers in a horizontal parallel tube system the authors have come up with a method for calculating the pressure distribution of in-header gas-liquid two-phase flows in the said tube system. The calculation results are in good agreement with those obtained by tests. Thus is provided an essential formula for calculating the flow distribution of gas-liquid two-phase flows in a horizontal parallel tube system, **Key words:** *gas-liquid two-phase flow, header, pressure distribution*

(176) **Optimized Design of Flexible Membrane Couplings** ····· Wang Xingfeng, Fang Honghuai (*Mechanical Engineering Department of Nanjing Aeronautical Institute*)

By introducing an improvement on Powell's unconstrained optimization method, the authors propose an efficient constrained function method. With the use of this method a study has been conducted of the optimized design and calculation aimed at the attainment of coupling minimum weight and rigidity under the condition of meeting strength, rigidity and vibration requirements. The membrane strength and rigidity calculation being based on a finite element analysis, it is essential to solve a series of issues concerning finite element pre-processing (automatic division of elements, automatic division of loads) and post-processing (the drawing of isolines). The authors have also developed a set of relatively refined software system for the optimized design of membrane configurations (designated ODFC for short). **Key words:** *optimization, membrane, coupling*

(180) **Development of a Microcomputer-based Multi-channel Intelligent Flowmeter** ····· Zhu Deshu, et al. (*East China Shipbuilding Institute*)

This paper deals with the hardware and system software of a microcomputer-based multi-channel intelligent flowmeter with a detailed description of the creation of a flow measurement compensation model for the said flowmeter. Practical operation has shown that the above-cited model plays a key role in enhancing the measurement precision during operations under off-design conditions. **Key words:** *steam flow, compensation measurement, orifice plate, multi-channel intelligent flowmeter*

(186) **An Improved PI Controller of Thermotechnical Processes with Substantial Time Delay Characteristics** ····· Yang Yongbin (*Harbin Institute of Technology*)

The author has proposed an improved PI controller of thermotechnical processes with substantial time delay characteristics. The controller virtually constitutes a specific example of Smith forecast control. However, prior to the design of such a controller, it is not necessary to have a precise understanding of the mathematical model of the processes. The control parameters can also be adjusted on the basis of on-site operation results just like those of the PI controller. The said controller has significant potential for widespread applications in process control. **Key words:** *PI control, Smith forecast control, control of thermotechnical processes*