

# 汽轮机的微机程序控制自动升速系统

哈尔滨工业大学

苏荣培 高金生 叶道益 徐基豫

哈尔滨汽轮机厂

杨焕义 吕宗琪 赵宏 付春祥

〔提要〕：哈工大和哈汽厂共同研制的一台微机控制的汽轮机自动升速系统，在5万千瓦汽轮机上试验成功。达到了预定目标。提高了汽轮机运行自动化的水平。

**主题词：**汽轮机 自动化起停系统

## 一、引 言

汽轮机的起动是一项复杂而又繁重的工作，为了提高起动的可靠性和减轻人的劳动，在国外大功率的汽轮机几乎无例外地都采用自动启停系统。自动起停汽轮机的意义除了减轻人的劳动以外，更重要的是减少了误操作，并使得运行人员能够有更多的精力去全面监视设备的情况。采用热应力控制的自起停装置，还可以缩短起动时间，延长机器寿命。为了提高汽轮机的自动化水平，哈尔滨汽轮机厂和哈尔滨工业大学合作，在原来液压系统的基础上，采用微机控制，研制了汽轮机的自动起动装置，在模拟试验台上和汽轮机实际对象上进行了试验，取得了成功。由于热应力的测量未能解决，暂时只能按经验曲线起动。

表 4

型 号	功 率	转 速 (转/分)	应 用 场 合	备 注
*3-7	530 马力	6000	飞机、燃气轮机至齿轮箱间	
*12-9	5000马力	1800	剪切机、齿轮箱之间	
*16-9	1700马力	1780	马达与泵之间	中间轴带测扭仪
*22-9	30000马力	3600	LM2500 燃气轮机	组件长107英寸， 外径22英寸，
*34-11	62000千瓦	3000	蒸汽透平至发电机	扭矩17700000 磅、英寸，轴向位移1 英寸，

## 二、微机控制的自动升速装置

以200MW中间再热汽轮机为例，其冷态升速过程大体可分为：冲转、摩擦检查、400r/min暖机，1300r/min暖机，冲临界转速，最后升速到额定转速。其升速经验曲线大体如图1所示。

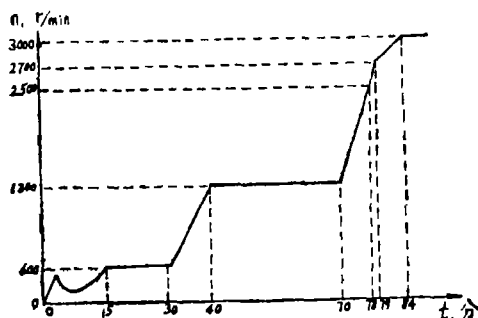


图1 汽轮机升速经验曲线

对于热态起动，或温态起动，曲线的形状相似，但所需的时间可能不同。微机控制的自升速系统其原理如图2所示。

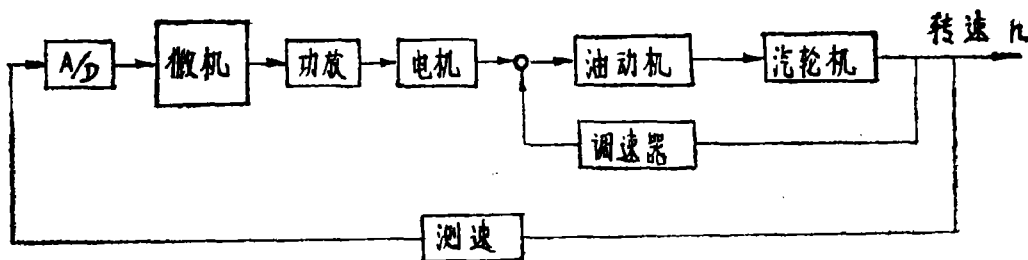


图2 升速系统原理图

按经验曲线自动升速时，其目标转速，升速率和暖机时间都按程序由计算机设定，汽轮机的实际转速经测速元件转换为电压信号，此电压信号经A/D和接口电路输入计算机，在计算机内与给定值相比较，如果实际转速低于目标转速，则计算机输出正脉冲，使同步电机正转，提高汽轮机的转速；如果实际转速高于目标转速，则计算机输出负脉冲，使同步电机反转，降低汽轮机的转速。目标转速按图1所示曲线而变化。

在汽轮机升速过程中，计算机还同时监测振动、差胀、轴向位移等参数，如果上述参数超过了允许的范围，则监控仪表就向计算机发出中断请求，计算机根据超差的具体情况作出“等待”，“降速再等待”和“降速”等不同的处理。为了使运行人员处理在上述监控仪表范围以外的紧急情况，在计算机上还设置了人为的断点，同样可以由运行人员决定实现“等待”、“降速再等待”和“降速”等各种人工干预操作。

为了防止计算机出现故障，在计算机上设置了自我检查的功能，在计算机故障时自动切换到手动操作。

升速过程中转速的控制精度是 $\pm 1\%$ ，一般已经能够满足运行要求，如果需要实现高精

度的控制，则可以采用分段控制或者采用12位A/D板。

在本装置中所采用的微型计算机是IBM-PC，大部分硬件电路，包括接口板、A/D板、D/A板，计算机自检板，继电器板等，均为自行设计，整个装置共有24路模拟输入，4路模拟输出和8路开关量输出，除了升速过程所必须的检测信号外，输入输出通道尚留有大量空间，可以用作机组运行参数的巡回检测，或者扩大作其他功能时采用。

### 三、微机控制自升速装置的硬件

自升速装置的微机控制部分由IBM-PC微型计算机和控制箱两部分组成。计算机以外的硬件主要有：1. 计算机控制接口板；2. 控制箱接口板；3. A/D转换板；4. D/A转换板；5. 继电器板；6. 计算机自检板。它们之间的相互关系如图3所示

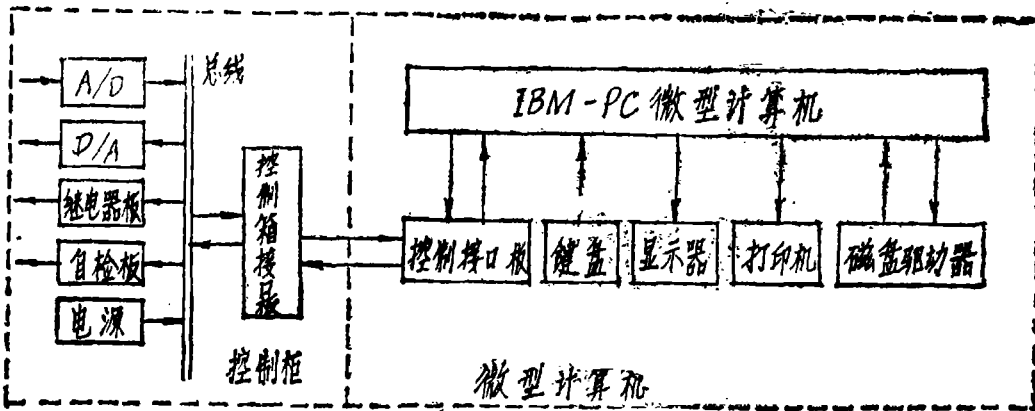


图3 计算机以外各硬件的相互关系

下面逐一加以介绍：

#### 1. 计算机控制接口板

IBM-PC微型机内有八个扩充槽道，计算机控制接口板就插在其中一个槽道内。控制板的原理如图4所示。

在控制接口板上有控制门电路及控制逻辑电路，门电路采用3TTL系列的74LS245双向传送接收器，控制电路与控制逻辑电路是由LS138译码器，74LS08正与门，74LS32正或门，74LS04反相器构成。

控制接口板由一个34线插座用扁平电缆与控制箱相连。

#### 2. 控制箱接口板

计算机发出的信号经过扁平电缆传到控制箱接口板上，控制箱接口板将控制信号与地址信号经译码器转换成A/D启动控制信号、A/D转换完成后的输出控制信号和数字量输出控制信号，分别去控制不同的组件。而数据总线上的信号则在这块接口板上分出数字量输出信号，这些数字量输出信号被用来作为继电器的控制信号与自检板的控制信号。因此，这块控制箱接口板控制着整个控制箱的操作。

译码器采用了74LS139，锁存器采用了74LS273。

控制箱接口板的原理图如图5所示。

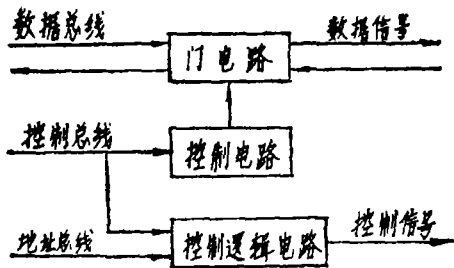


图 4 控制板原理

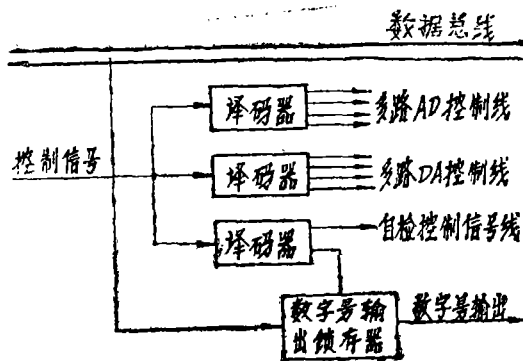


图 5 控制箱接口板的原理框图

### 3. A/D转换板

A/D转换器的主要元件是 ADC0809。它的主要功能是转速与功率测量元件送来的模拟量电压信号转换成数字量信号，并输入计算机。

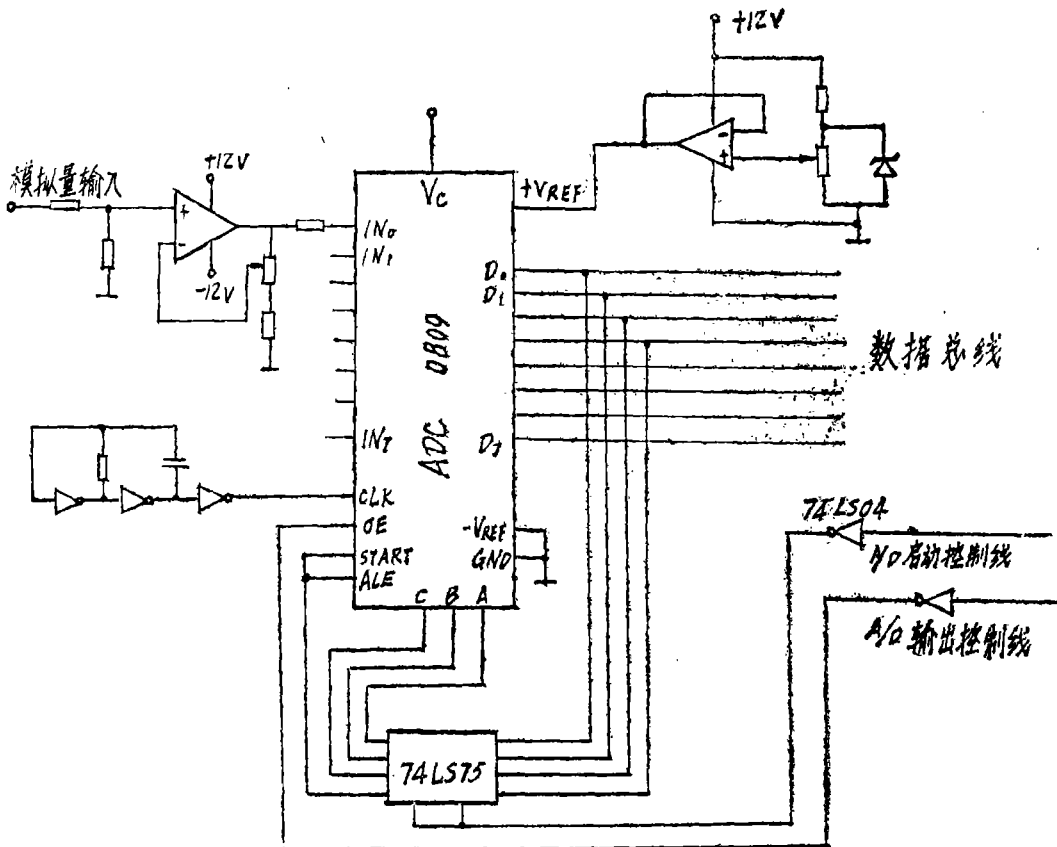


图 6 A/D转换器的电路原理图

转速测量元件所输出的电压信号,经运算放大器LM741组成的可调增益放大器的整定,接到ADC0809的IN<sub>0</sub>通道。通道的选择是由74LS75锁存的D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>电平构成的A、B、C三条线的电平所决定。D<sub>3</sub>所锁存的是A/D的起动信号START与A、B、C地址锁存

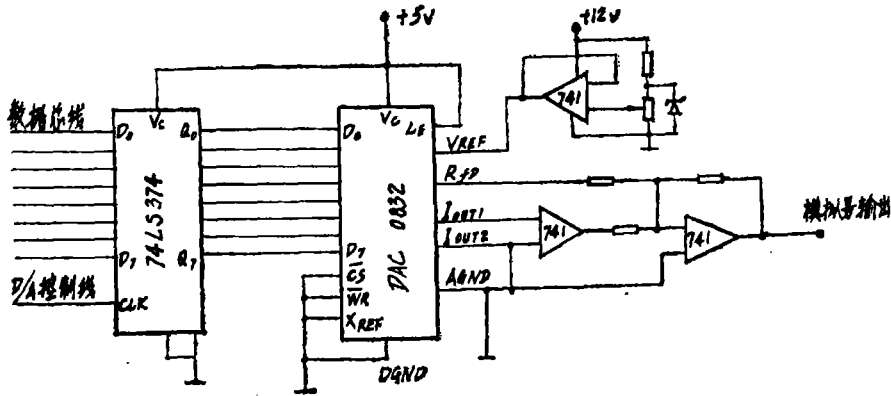


图 7 D/A转换板原理图

器的信号ALE。

其主要技术性能如下：

输入通道数	8 路
分辨率	8 位
转换速度	128 $\mu$ s

#### 4. D/A转换板

D/A转换板的主要元件是DAC0832。它的主要功能是将计算机输出的数字量电压信号转换成模拟电压量。D/A转换板的原理如图7所示。

由计算机送出的数据由74LS374锁存，再由DAC0832转换成模拟电压，转换速度为1 $\mu$ s，然后由LM741运算放大器构成的双极性电路输出。

其主要技术性能如下：

分辨率	8 位
线性误差	0.2% (满刻度)
转换时间	1 $\mu$ s
输出电压	-5V ~ +5V

本D/A板自升速装置中实际并未使用，是作为备用板设置在本装置中的。

### 四、自升速过程的程序框图

20万千瓦汽轮机的冷态自升速的典型过程大体上可以分成下列几个阶段：

1. 冲转，进行摩擦检查。如检查合格，则进行下一步的自升速过程。
2. 按每分钟100转/分的升速率自动升速至400转/分。
3. 在400转/分下低速暖机15分钟。
4. 以每分钟100转/分的升速率自动升速至1300转/分。
5. 在1300转/分下中速暖机30分钟。
6. 以每分钟100转/分的升速率自动升速至2000转/分。
7. 以每分钟200转/分的升速率自动升速至3000转/分，在接近临界转速时要尽快通过。

在执行上述过程时，任何时候如果被监视的参数超过允许范围，发出中断请求，或计算机接收到人为的中断请求，则计算机将按照中断请求的性质，自动转入相应的处理。

下面分别介绍各阶段的程序框图。

### 1. 摩擦检查阶段

由于转速测量元件在低转速时信号不稳定，因此在摩擦检查和10~400转/分的升速过程中实际上都是开环控制。只要实际转速小于目标转速，机组就以预定的升速率继续升速。降速过程则以升速过程中同步电机的累计转动时间为准则，使同步电机仍回到出发以前的位置。

摩擦检查过程的程序框图如图8所示。

### 2. 0~400转/分的升速阶段

图9是0~400转/分升速过程的流程图，该过程为开环控制，只要没有达到目标转速，汽轮机按照预定的升速率继续升速。升速过程结束后，自动转入低速暖机阶段。

### 3. 低速(400转/分)暖机阶段

在该阶段中设置了死区 $\Delta$ ，如果实际转速AVA与目标转速OB之差小于 $\Delta$ ，则同步电机不动作，计算机延迟一定时间后重复进行测量与比较工作。如果二者之差大于 $\Delta$ ，则使同步电机正转或反转，调整汽轮机的转速使保持400转/分。

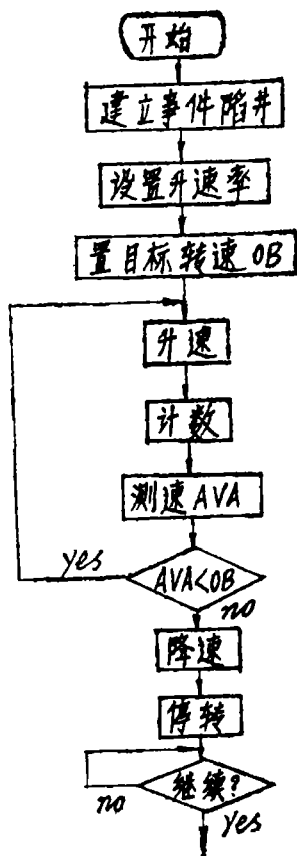


图8 摩擦检查过程的程序框图

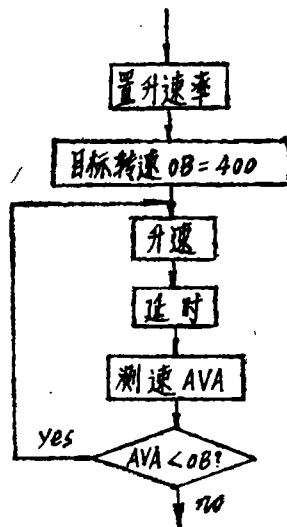


图9 0~400转/分升速过程流程图

$\Delta$ 值取为 $\pm 2/256 \approx \pm 1\%$ ，所以控制精度约为 $\pm 1\%$ ，

### 4. 升速至1300转/分。

在这一阶段中采用闭环控制。每经过一定的时间间隔TC将目标转速升高ACT值，如果在预定的时间间隔以内达到了目标值X，则应等待到预定的时间间隔为止。如果达不到预定

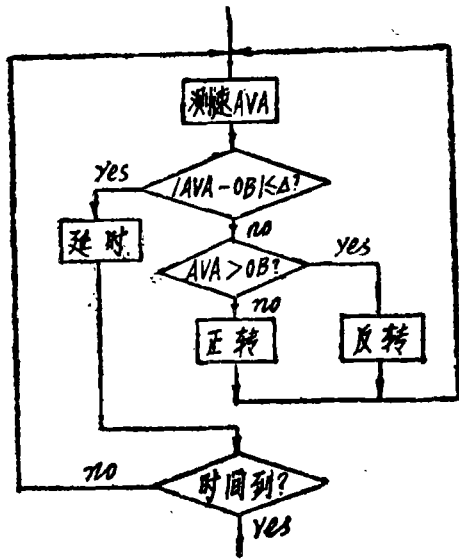


图 10 400转/分暖机阶段流程图

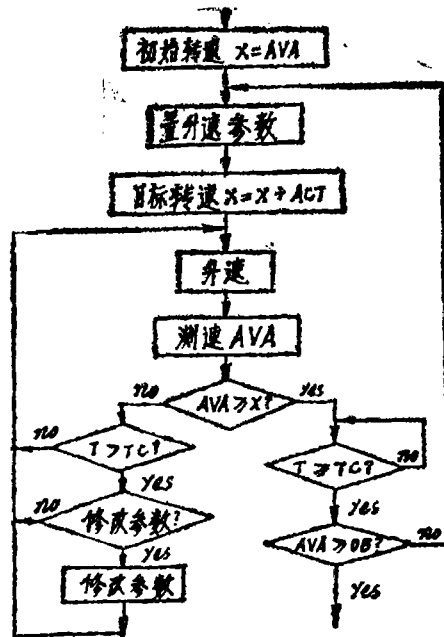


图 11 升速至1300转/分升速过程流程图

的目标值，则应修改升速率，以改善下一段升速过程。

下面的其他过程均为升速和暖机，除了目标转速和升速率可能不同外，其他均同3和4，不再赘述。

其他热态和温态的升速过程，或者其他机组的升速过程和上面的过程是类似的，只不过升速率、暖机转速、临界转速等具体参数可能不同，而计算机软件的结构是基本相同的。

## 五、应用实例

下面介绍本装置在哈尔滨汽轮机厂五万千瓦汽轮机起动过程中的应用情况。

该装置首次在哈尔滨汽轮机厂的试车台上对5万千瓦单轴汽轮机实现了程序起动，按照该机组的要求，根据热态起动的需要，修改了起动程序，起动过程如下：

1. 以较快的速度升速至1300r/min；
2. 以最快的速度从1300r/min升速至1700r/min，以通过临界转速。
3. 在2100r/min下保持恒速约2分钟；
4. 在2250r/min附近进行了升速过程的人为干预试验，使转速下降了约100r/min；
5. 按匀速继续升速至3000r/min。

图12是该升速过程的记录曲线，由图可见它完全按照预定的过程进行。图中线段1是冲临界转速过程，线段2是人为干预过程，整个升速过程大约用了23分钟。

试车台的主蒸汽压力是22公斤力/厘米<sup>2</sup>，主蒸汽温度是215℃，汽轮机的真空度是645毫米水银柱，调节用油由辅助油泵供给。

# 燃气轮机在油气田开发中的应用

吉 桂 明

〔提要〕本文介绍了燃气轮机在油气田开发中的应用及其特点，特别强调了带有余热利用的供热动力联合装置。报道了燃气轮机在我国油气田的应用及其前景，指出这一领域是燃气轮机重要的潜在市场。

主题词：燃气轮机

## 一、前 言

自本世纪初燃气轮机问世以来，作为一种重要的动力装置，它已在工业、船用、航空和航天的各个领域得到了日益广泛的应用，并在一些应用领域中占了主宰的地位。

由于其众多的优点，诸如装置简单紧凑、重量尺寸小、箱装体结构、循环工质是燃气、操纵使用方便等，目前燃气轮机在石油和天然气的开发中得到了越来越多的应用。仅以美国GE式司的LM2500燃气轮机箱装体在海上平台中的应用为例。到1983年仲夏为止，世界上已有31台LM2500箱装体被安装或订货用于海上钻井平台。其中7台用来驱动发电机、4台用于天然气增压、4台用于注气、11台用于天然气输送、5台用于注水。它们用于位于北

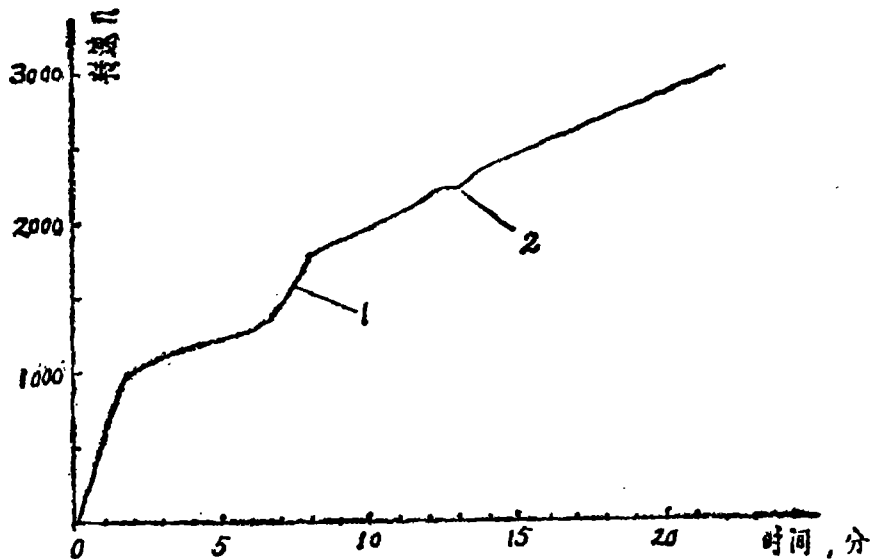


图 12 本装置在 5 万千瓦汽轮机上的升速过程记录曲线



POWER TRANSMISSION

1. Reliability analysis of an aero-type epicyclic reduction gearing for marine use .....Qiu Dacheng, Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute(1)  
Synopsis  
An epicyclic reduction gear with reasonable reliability and compact configuration is described in this paper. A detailed analysis of its gear parts, transmission system and bearings is given in this paper.

2. Multiple convoluted couplings.....Wang Zhaofu(8)  
Synopsis  
This paper describes a new type of high performance multiple convoluted flexible couplings developed by Zurn Industries Inc. in the early 80's. This type of couplings not only retains all the features of the original all-metal diaphragm flexible couplings, but additionally provides such features as linear axial rigidity and large axial displacement characteristics, which are conducive to better solving the axial vibration problem.

STEAM TURBINES

3. Microcomputer program controlled automatic speed increasing system for steam turbines  
.....Su Rongpei, Gao Jinshen, Ye Daoyi, Xu Jiyu] Harbin polytechnical  
Institute  
Yang Huanyi, Lu Zongqi, Zhao Hong, Fu Chuenxiang Harbin Steam  
Turbine Plant(16)

Synopsis

A microcomputer program controlled automatic speed increasing system for steam turbines, developed through the joint research efforts of Harbin Polytechnical Institute and Harbin Steam Turbine Plant, has been successfully tested on a 50,000 kw steam turbine. The intended objective has been attained, resulting in an enhanced automatic operation for steam turbines.

GAS TURBINES

4. Gas turbines in miscellaneous oil and gas field applications .....Ji Guimin(23)  
Synopsis  
This paper gives a brief description of gas turbine applications and their related characteristics in oil and gas field, with special emphasis on combined heat and power installations featuring waste heat recovery. The possible uses of gas turbines in domestic oil and gas fields were reported, and the existence of important potential market for such gas turbines predicted.
5. An intercooled regenerative Rolls-Royce Spey gas turbine.....(29)
6. FFG 7 class frigate and DD 963 class destroyer marine gas turbine propulsion systems maintenance and operational training facility.....(34)
7. Daihatsu TS-01(A) gas turbine.....(38)

BOILERS