

西门子 V94.3A 燃气轮机控制系统

虎煜,陈学文

(上海汽轮机有限公司,上海 200240)

摘要:通过2次打捆招标,我国成功地引进了先进的F/E重型燃气轮机和联合循环发电设备技术,一大批F/E燃气—蒸汽联合循环电站正在建设中,有的已经投产发电。文章介绍了西门子公司V94.3A型燃气轮机控制系统(TELEPERM XP),并对其控制系统的硬件结构、特点及软件功能等进行分析;重点论述了通过Simadyn D、S5-95F、TXP三种子系统来实现燃机的闭环控制、开环控制和机组保护的功能与特点,以利于燃机项目的更好执行。

关键词:燃气轮机;控制系统;V94.3A型燃机

中图分类号:TP274 **文献标识码:**B

1 控制系统的结构特点

西门子V94.3A型燃机为F级燃机,在燃机以市场换技术的打捆招标第二轮中,上海电气与西门子的联合体获得了9台该型号燃气轮机的合同,其控制系统均采用西门子的TELEPERM XP系统。

TELEPERM XP系统包括了ES工程师站、OT操作员终端、PU和SU服务器、WINTS系统、GPS主时钟装置、AP开环控制柜、Simadyn闭环控制柜、S5-95F故障安全型保护柜、Measurement测量柜、远程I/O柜及网关等与外界的接口装置。其整个网络系统分为Terminal Bus和Plant Bus两层,两层网络合起来叫SINEC H1总线系统。燃机和汽机的控制柜都连接在该网络上。

1.1 Simadyn D 控制系统

1.1.1 系统介绍

备控制方面来说,一运一备方式的控制比二运一备方式简单易控。

不仅每路调压阀、监控器和切断阀的压力设定有一定压差,每路之间又要保持一定的压差,这样3路就比2路的压差范围大。由于电厂上游供气的压力较低,二运一备方案的压力设定就比较困难,可能会超出燃机进口允许的压力范围。

(4) 经济性

一运一备方式调压装置(需2套)价格比二运一备方式调压装置(需1套)高20~30万人民币。

Simadyn D控制系统是一种快速处理的控制系统,其结构为框架式。在燃机控制中使用Simadyn D实现闭环控制功能,主要包括:PM6控制器、EM11框架I/O、EA12框架I/O、CS7+SS52 Profibus DP总线接口、CSH11以太网接口、CS12、CS22框架连结、AddFEM多功能I/O模块等。

在Simadyn D系统中,通过46个软件包来实现各种控制功能主要包括:转速控制、负荷控制、排气温度控制、燃料量计算、燃烧方式切换、阀门控制、启动控制等。

1.1.2 通信接口

在Simadyn D控制系统中提供了多种接口以满足控制的需要。主要的接口类型有工业以太网接口、Profibus DP现场总线接口、框架连接(Rack Coupling)等。

(1) 工业以太网接口

CSH11模块是Simadyn D控制系统中的工

通过以上技术经济比较可知,虽然2套一运一备装置的价格较一套二运一备装置要高,但无论在运行安全性、调节精确性,还是在控制简洁性等方面,一运一备方式要优于二运一备方式。所以,本工程采用一运一备装置,即2台燃机配置2套调压装置。

收稿日期:2006-01-18

作者简介:李晓滢(1974-),女,浙江人,工程师,大学,从事发电厂工艺设计工作,021-22015471。

(责任编辑:李毅)

业以太网接口卡件,通过该模件连接到 Teleperm XP 控制器网络中。

(2) Profibus DP 现场总线(L2 总线)接口

Simadyn D 控制系统通过 CS7 模件配合 SS52 子模件提供 L2 总线接口,用于与 AddFEM 模件的连接。连接采用冗余主站的单通道连接方式,如图 1 所示。

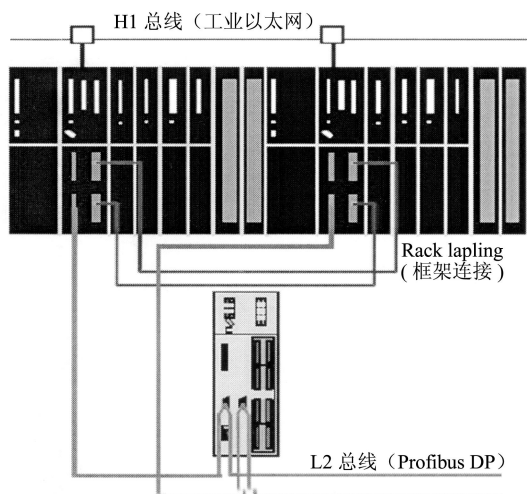


图 1 Profibus DP 结构示意图

两个框架的接口分别接到 AddFEM 模件的 A、B 两个总线接口上,对 AddFEM 模件的两个总线接口都组态成相同的总线地址。在该总线系统中,Simadyn D 控制器作为主站,而 AddFEM 模件为从站。

主站发送的数据中包括了一个 SOL 信号,该信号是循环发送周期改变的,且两个主站发送的数据分别为(0 x05/0 x0A 和 0 x03/0 x0C),从站则根据所收到的 SOL 信号来判断两个接口的状态并选择级别高的(0 x05/0 x0A)一个接口为主控。

(3) 框架连接

通过分别插在两个框架中的 CS12 模件和 CS22 模件的数据交换,来实现框架间的冗余连接,其连接介质为光纤。

1.1.3 系统特点

(1) 处理器的执行周期短

Simadyn D 的控制器具有良好的性能参数,特别适合于有快速控制响应和精确数学计算要求的情况,其执行周期最快可达 0.1 ms。

控制器可以设定一个时间基数和在此基础上的 5 个不同的执行周期,这 5 个执行周期分别为时间基数乘以一个系数(此系数为 2 的次方,即

$2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots$)。

(2) 框架式结构

Simadyn D 系统的结构非常紧凑,除 AddFEM 模件外的 I/O 模件、通讯接口模件和控制器等均为框架结构,通过 L Bus 和 C Bus 两种本地总线连接,实现高效、快速的数据交换。

1.2 S5-95F 故障安全型保护系统

1.2.1 系统介绍

S5-95F 系统是一种 2×2 冗余的故障安全型控制系统,在燃机控制系统中主要用来实现燃机保护功能。在燃机控制系统中使用的模件主要有:带 OnBoard I/O 的 CPU 处理器、SIM482 数字量 I/O 模件、SIM431 数字量输入模件、SIM450 数字量输出模件等。

其保护功能主要有:超速保护、火焰监视、排气温度保护、振动保护、轴承金属温度保护、发电机冷却温度保护、压气机喘振保护、超频/低频保护、润滑油压保护、润滑油液位监视、控制油压监视、燃料气压力监视、燃料系统故障、外部停机信号(如发电机保护、锅炉保护、汽机保护、消防停机、手动停机等)。

1.2.2 网络接口

S5-95F 系统与上层网络的接口是通过 L1 总线连接来实现的。L1 总线是一种本地局域网络,采用主从方式,其主要技术规范:最多 31 个站,其中一个为主站;传送速率为 9 600 bit/s;两站间最大距离为 2.5 km;通讯介质为西门子 707 四芯电缆,总线结构如图 2 所示。

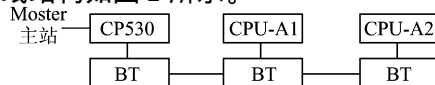


图 2 L1 总线结构示意图

在燃机控制系统中,L1 总线的数据传输采用非故障安全型的数据传输方式。在各节点用户程序中定义一个发送邮箱和一个接收邮箱,大小为 66 字节,前 2 个字节分别存储数据长度和源/目标地址,后面 64 个字节用于存储数据。

1.2.3 系统特点

(1) 2×2 冗余的硬件结构

其 4 组控制器分列于 4 排框上,控制各自的 I/O 模件。这 4 组控制器及 I/O 模件又分为 A、B 两套,每套包括两组控制器及 I/O 模件,CPU 之间用光纤介质实现冗余连接。A、B 两套同时工作,用以保证系统的高度可靠性和准确性。

(2) I/O 数据采集

S5-95F 系统的 I/O 方式分为 OnBoard I/O 和扩展 I/O 两种。

OnBoard I/O 是集成在 CPU 一体的输入输出通道, I/O 处理速度快, 可用做中断保护的输入信号。例如: 2 个故障安全型脉冲输入; 4 个故障安全型中断输入; 16 个故障安全型数字量输入; 8 个故障安全型数字量输出; 4 个非故障安全型数字量输出。

扩展 I/O 是通过扩展总线和 CPU 模块连接, 一个基本 CPU 单元最多可连接 8 个扩展总线模块, 每个总线模块有 2 个模块插槽。通过扩展总线接口模块, 可以使系统容纳更多的 I/O 模块。扩展 I/O 可以根据需要, 在程序中设定为冗余或非冗余。

(3) 中断保护

S5-95F 系统中有硬件中断保护 (OB2) 和软件中断保护 (OB3) 两种。其中 OB2 必须由 OnBoard I/O 中的 4 个故障安全型中断输入来触发; OB3 可以由 OnBoard I/O 中的 4 个故障安全型中断输入或 16 个故障安全型数字量输入来触发。

1.3 AP 开环控制系统

1.3.1 系统介绍

在燃机控制系统中, AP 柜采用了 SIM 系列的 I/O 模块, 是用 Profibus DP 总线连接的分布式布置, 由控制器层的通讯接口模块 IM308 连接到 ET200M 框架内的通讯接口模块 IM153。

系统中使用的模块主要有: 电源、CPU、IM324R/IM304 冗余接口、CP1430 网络接口、IM308C 网络接口、CP530 网络接口、IM153 网络接口、SIM331 模拟量输入、SIM332 模拟量输出、SIM321 数字量输入、SIM322 数字量输出、SIM323 数字量输入/输出, 如图 3 所示。

实现的控制功能主要包括: 燃机顺序启停、燃机辅助系统控制、模拟量保护功能。

1.3.2 系统特点

AP 开环控制系统与上层 OM 系统构成一体, 直接连接, 并提供其他几种系统的接口。其特点主要有: 可自定义 8 个独立的处理器执行周期; 基于 Profibus DP 现场总线的结构; 支持数据库语言操作; 基于 UNIX 平台的图形组态方式; 标准的功能块支持各种控制功能。

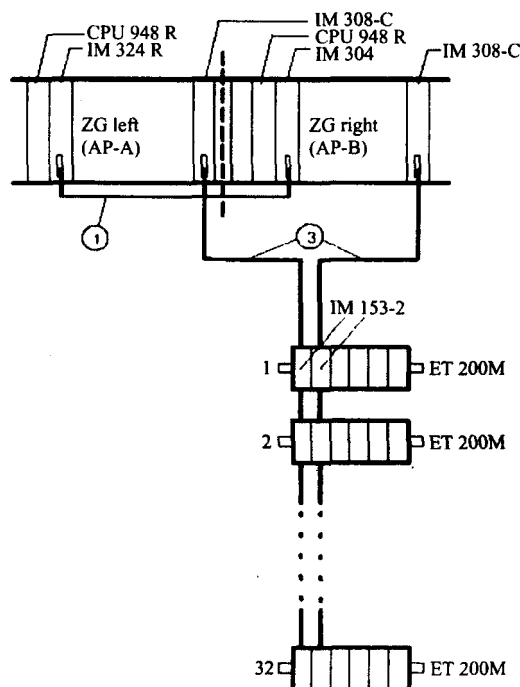


图 3 网络结构

2 控制系统的功能特点

2.1 燃机的顺序启停控制

燃机的顺序启停主要是在开环控制系统中实现的, 采用 SGC 子组控制算法来实现对燃机和各辅助系统的启停顺序控制, 其原理如图 4 所示。

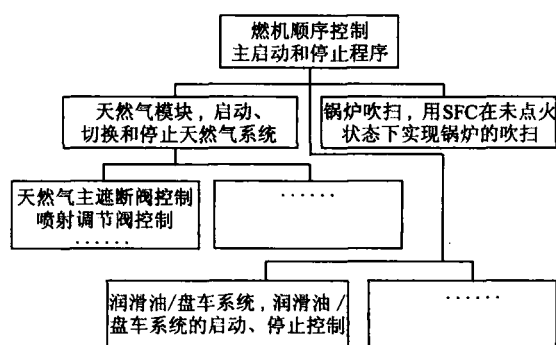


图 4 SGC 顺序控制原理

通过燃机顺控主程序的执行, 按照实际需要, 自动启动如锅炉吹扫、盘车系统、天然气系统及各辅助系统。这样在各子系统正常工作的基础上就实现了燃机的顺序启停控制。

2.2 排气温度控制与保护

燃气轮机的进气温度是其控制与保护的一个重要参数, 进气温度太高, 很难直接对其进行监控。因此, 选择了与进气温度有很大关联的排气温度作为控制对象, 在实际应用中还要考虑到压

气机出口温度、透平转速等因素的影响,用计算得出的矫正排气温度来进行控制。计算矫正排气温度的公式为:

$$TATK = TATACT - (K1 + K3 \times TCI ACT) \times TCI ACT - K2 \times (1 - N/N0)$$

式中 $TATK$ ——矫正排气温度;

$TATACT$ ——实测排气温度;

N ——透平实际转速;

$N0$ ——透平额定转速;

$K1, K2, K3$ ——常数。

排气温度的测量共有 24 个,沿圆周分布,在计算时取其中的 6 个测点的平均值作为实测排气温度,其控制原理如图 5 所示。

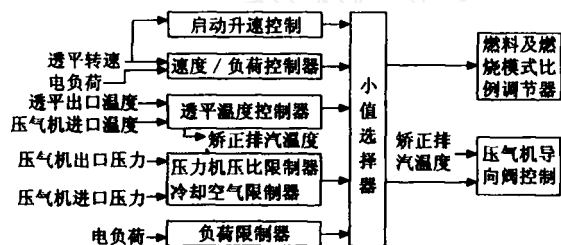


图 5 排气温度控制与保护

排气温度的保护主要有温度高保护、热点保护、冷点保护等。温度高保护也是在 24 个测点中取 6 个测点,如其中的 3 个或 3 个以上测点都高于保护动作值则保护动作;冷点保护是把单个测点的测量温度与 24 个测点的平均温度比较,如连续 2 点的温度偏差在报警值以上则系统报警,连续 3 点的温度偏差在报警值以上则燃机保持负荷,连续 4 点或以上温度偏差大于报警值则保护系统动作;热点保护也是把单个测点的测量温度与 24 个测点的平均温度比较,如任何一点的偏差达到报警值则系统报警,如达到保护动作值则燃机跳机。

2.3 转速的控制与保护

燃机在压气机轴承座处安装了 6 个测速探头,分别接入监测仪表柜的 6 个测速模块,其中 3 个送入 Simadyn D 控制系统的两块 AddFEM 模块中作为转速控制的反馈信号。

转速的保护主要是超速保护,分为硬件实现的超速保护和软件实现的超速保护。

(1) 硬件超速保护是把 3 个通道的超速信号直接串入保护回路中,如果 2 个以上的通道达到保护值,则直接从回路上切断对主燃料阀门驱动电磁阀的电源,不经过任何控制器的处理,直接跳

机。

(2) 软件超速保护是把 3 个通道的超速信号送入 95F 保护系统中,用该系统的中断保护功能来实现快速动作跳机。

2.4 燃烧室保护

燃烧室的保护信号主要有嗡鸣保护、加速度 (Acceleration) 保护、火焰监测保护等。

嗡鸣保护主要是通过测量燃烧室的脉动压力来实现,如果两个测点中的一个正确测量到了超出规定范围之外的压力值,则机组降负荷,若持续一段时间后仍然存在报警则机组保护动作。

加速度保护则有 4 个设定值,并根据不同的设定有不同的保护动作,从降负荷到保护停机等。保护一,减少燃机负荷约 6 MW;保护二,减少负荷约 6 MW,如持续 19 s 以上则跳机;保护三,减少负荷 15 MW,如持续 13 s 以上则跳机;保护四,直接停机。

火焰监测保护主要是监视燃烧室的火焰燃烧状况,并不监视单个燃烧器的燃烧,而是监测燃烧器组的状态。点火时在主气阀 (ESV) 打开 3 s 后开始检测,如果 9 s 内没有检测到火焰燃烧的信号则认为点火失败。

2.5 喘振保护

喘振保护采用了快速反应的中断保护方式。其保护原理是检测压气机入口高流速处和低流速处之间的压差,当两处压力差异很小,而转速达到一定转速以上时,则认为喘振可能发生,遮断机组。

3 结语

国内首台该型号机组已于 2005 年底进入现场调试运行阶段。主要介绍了西门子公司 V94.3A 型燃气轮机控制系统,并对其 TCS 控制系统的硬件结构、特点及软件功能等进行了分析,有助于项目的更好执行。相信,随着不断地研究与学习,燃气轮机的国产化目标必然会出现。

收稿日期:2005-12-30

作者简介:虎煜(1976-),男,回族,陕西人,工程师,大学,副主任,从事电厂自动化控制技术的研发工作,021-64358331 ×2805;陈学文(1974-),男,江苏扬中人,工程师,硕士,总裁助理,从事燃机项目采购及国产化工作,021-64358331。

(责任编辑:杜建军)