



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102840882 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201210323640. 7

(22) 申请日 2012. 09. 04

(73) 专利权人 中国海洋石油总公司

地址 100010 北京市东城区朝阳门北大街
25 号

专利权人 中海油研究总院

(72) 发明人 王文祥 安维崢 王维民 李毅
金丹 侯广信 吴尧增 徐海波

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐宁 关畅

(51) Int. Cl.

G01D 21/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102156043 A, 2011. 08. 17, 全文.

CN 101694182 A, 2010. 04. 14, 全文.

彭梅香等. 汽轮发电机组的震动监测及故障
诊断系统开发. 《硅谷》. 2008, (第 14 期), 78-79.

王杰等. 基于 LabVIEW 和 DSP 的发电
机组振动与噪声监测系统. 《电机与控制应
用》. 2012, (第 2 期), 49-51.

审查员 王晟哲

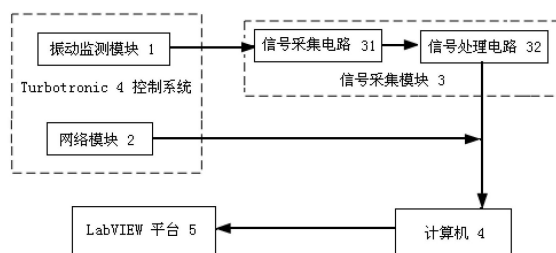
权利要求书4页 说明书13页 附图11页

(54) 发明名称

燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统
及其使用方法

(57) 摘要

燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统及其使用方法, 它包括机组自身的控制系统的振动监测模块和网络模块, 它还包括信号采集模块和安装有 LabVIEW 平台的计算机; 网络模块将状态性能信号传输给计算机; 信号采集模块设置有信号采集电路和信号处理电路, 信号采集电路采集振动监测模块输出的振动信号, 经信号处理电路后传输给计算机; 通过 LabVIEW 平台对信号采集电路的采集通道进行设置后, 进行数据采集; LabVIEW 平台包括实时分析模块、离线分析模块和故障诊断模块; 实时分析模块对状态性能信号和振动信号进行在线监测和分析, 离线分析模块对记录的数据进行离线分析, 故障诊断模块对机组进行故障诊断。本发明操作简单、诊断精度和效率高, 能应用于各透平发电机组的状态监测和诊断。



1. 一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统,它包括机组自身配备的控制系统,所述控制系统内设置有振动监测模块和网络模块,所述振动监测模块预留有输出机组振动信号的同轴电缆口,所述网络模块预留有输出机组状态性能信号的网口,其特征在于:它还包括信号采集模块和安装有 LabVIEW 平台的计算机;

所述网络模块通过网线将所述状态性能信号传输给所述计算机;所述信号采集模块设置有信号采集电路和信号处理电路,所述信号采集电路通过同轴电缆采集所述振动监测模块输出的振动信号,经所述信号处理电路转换为数字信号,并传输给所述计算机;

所述 LabVIEW 平台安装在所述计算机内,通过所述 LabVIEW 平台对所述信号采集电路的采集通道进行设置后,进行所述振动信号和所述状态性能信号的采集;所述 LabVIEW 平台包括实时分析模块、离线分析模块和故障诊断模块;所述实时分析模块对所述状态性能信号和所述振动信号进行在线监测和在线分析,所述离线分析模块对记录的所述状态性能信号和振动信号进行离线分析,所述故障诊断模块对燃气透平发电机组进行故障诊断;

所述实时分析模块设置有信号采集设置模块和状态监测模块;所述信号采集设置模块包括有对所述振动监测模块的采集通道进行设置的采集通道单元,对采样频率进行设置的采样频率单元和对燃气轮机转子转速参数进行设置的转速参数单元;所述状态监测模块实时监测所述振动信号和所述状态性能信号;

所述实时分析模块还设置有对所述振动信号进行时间波形分析的时间波形模块、频谱分析的频谱分析模块、阶次分析的阶次谱图模块、趋势分析的趋势分析模块、波德图分析的波德图模块、轴心轨迹分析的轴心轨迹模块和瀑布图分析的瀑布图模块;

所述离线分析模块设置有对所记录的振动信号进行时间波形分析的时间波形模块、频谱分析的频谱分析模块、阶次分析的阶次谱图模块、趋势分析的趋势分析模块、波德图分析的波德图模块、轴心轨迹分析的轴心轨迹模块和瀑布图分析的瀑布图模块;

所述故障诊断模块包括故障特征识别选择单元、诊断结果以及处理方法单元;所述故障特征识别选择单元是获取所述状态监测模块提供的状态性能信号和振动信号,以及所述状态监测模块或所述离线分析模块中的时间波形模块、频谱分析模块、阶次谱图模块、趋势分析模块、波德图模块、轴心轨迹模块和瀑布图模块对振动信号进行分析的故障特征;所述故障特征识别选择单元获取的故障特征包括振动主导频率、常伴频率、振动稳定性、相位特征、振动方向、转子轨迹、振动随转速变化、振动随油温变化、振动随出口压力变化;

所述振动主导频率和常伴频率包括的参数有: $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$, N 代表燃气轮机转子的转速;所述振动稳定性和相位特征包括的参数:稳定、不稳定、无、不明显;所述振动方向包括参数:径向、径向和轴向、轴向、无;所述转子轨迹包括的参数:圆或椭圆、椭圆、紊乱无规律、双环椭圆、“8”字型、杂乱且发散;所述振动随转速变化、振动随油温变化、振动随出口压力变化包括的参数:不明显、不变、突变、无;

所述诊断结果以及处理方法单元是根据特征参数获取单元提供的特征参数与故障诊断库进行比较,进而对故障进行诊断,得出故障概率、可能故障原因、与类似振动故障判别方法和防治方法。

2. 如权利要求 1 所述的燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统,其特征在于:所述状态监测模块设置有监测概貌模块、温度模块、振动模块和性能参数模块;

所述监测概貌模块,包括有温度单元、发电机单元、压力单元、转速单元和燃料流量单元;所述温度单元显示的温度包括压缩机入口温度、压缩机出口温度、燃烧室平均温度、透平机出口温度、压缩机前端轴承油温、压缩机后端轴承油温、透平机前端轴承油温和发电机推力轴承油温;所述发电机单元显示的量包括发电机的 A 相、B 相、C 相电流和平均电流, A 相、B 相、C 相电压和平均电压以及功率;所述压力单元显示的压力包括压缩机入口压力、压缩机出口压力、燃料压力、燃烧室出口压力和透平机出口压力;所述转速单元设置有对燃气轮机转速和发电机转子转速的显示;所述功率单元设置有对发电机功率的显示;所述转速单元对燃气轮机转子的转速和发电机转子的转速进行显示;所述燃料流量单元对燃料流量进行显示;

所述振动模块监测振动监测模块 1 输出的振动信号,显示的振动信号包括压缩机前端轴承、压缩机后端轴承、透平机前端轴承、发电机驱动端轴承和发电机非驱动端轴承的 X、Y 方向的振动位移,以及显示齿轮箱外壳和齿轮箱轴承的振动位移;

所述温度模块,监测所述网络模块输出的温度,包括对透平机出口温度,燃烧室 1 号~12 号火焰筒的温度,燃烧室的平均温度,冷却系统温度,压缩机入口、内部、出口和平均温度,发电机轴承温度,润滑系统前端和箱体的温度,环境温差,发电机的 A、B、C 段温度,发电机推力轴承温度、驱动端温度、非驱动端温度的显示;

所述性能参数模块,监测所述网络模块输出的状态性能信号,包括对压缩机入口的压力、温度和空气相对湿度,压缩机出口的压力和温度,废气出口的压力和温度,发电机的转速和功率,环境空气的温度、大气压力和相对湿度,燃料的流量和成分的显示。

3. 一种基于如权利要求 1 至 2 任一项所述燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统的使用方法,其包括以下步骤:

1) 连接振动监测模块、网络模块、信号采集模块和计算机,启动 LabVIEW 平台;

2) 打开实时分析模块的信号采集设置模块,在采集通道设置单元对振动信号的测量类型、物理通道、通道名称、单位、灵敏度、灵敏度单位进行设置,在采样设置单元对采样频率、每通道采样点数和测试名称进行设置,在转速参数设置单元对转速的阈值、脉冲识别、每转脉冲数进行设置;

3) 在状态监测模块的监测概貌模块或温度模块中,确定透平机出口温度是否超过其相应的阈值;

若判断结果为肯定,流程进入步骤 4);否则,流程进入步骤 5);

4) 确定可能存在的故障有:冷却空气通道阻塞、温度调节阀故障、热电偶故障、透平叶片变形、透平叶片结垢不均、透平密封磨损、过渡段密封片磨损,流程结束;

5) 在状态监测模块的监测概貌模块中,确定压缩机入口压力是否超过其相应的阈值;

若判断结果为肯定,流程进入步骤 6);否则,流程进入步骤 7);

6) 确定可能存在的故障有:压缩机入口通道污染、压缩机入口密封故障、压缩机入口可变导叶故障,流程结束;

7) 在状态监测模块的监测概貌模块中确定发电机功率或燃料压力是否超过其相应的阈值;

若判断结果为肯定,流程进入步骤 8);否则,流程进入步骤 9);

8) 确定可能存在的故障有:燃料喷嘴阻塞、燃油流量分配器卡涩、燃油泵电磁离合器

故障、燃油滤网阻塞、燃机控制系统故障、燃油母管压力泄露,流程结束;

若判断结果为肯定,流程进入步骤 8);否则,流程进入步骤 9);

9) 在状态监测模块确定燃气轮机的转子转速是否超过其相应的阈值;

若判断结果为肯定,流程进入步骤 10);否则,流程进入步骤 11);

10) 确定可能存在的故障有:调速控制系统故障、燃机截止安全阀故障、燃油截止阀故障、燃油分配器异常,流程结束;

11) 在状态监测模块的监测概貌模块中确定燃烧室温度是否超过其相应的阈值;

若判断结果为肯定,流程进入步骤 12);否则,流程进入步骤 13);

12) 确定可能存在的故障有:火焰筒故障、过渡段破损、燃料喷嘴故障、单向阀故障、冷却系统故障,流程结束;

13) 在趋势分析模块中对各振动信号进行趋势分析,确定各振动信号是否超过其相应的阈值,并记录超过其阈值的振动信号;

若判断结果为肯定,流程进入步骤 14);否则,流程回到步骤 3);

14) 在振动模块中判断燃气轮机转子转速是否恒定;若判断结果为肯定,流程进入步骤 15);否则,流程进入步骤 16);

15) 在频谱分析模块中对超过阈值水平的振动信号进行频谱分析,确定振动主导频率和常伴频率;

16) 在阶次分析模块对超过阈值水平的振动信号进行阶次分析,确定振动主导频率和常伴频率;

17) 根据步骤 15) 和步骤 16) 将振动主导频率划分在 $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,这七个频段之一上;

18) 根据步骤 15) 和步骤 16) 将常伴频率划分在 $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,这七个频段上;

19) 在时间波形模块或趋势分析模块中对超过阈值水平的振动信号分析其振动稳定性,将振动稳定性归类为稳定、不稳定、无、不明显这四类当中的一种;

20) 在波德图模块中对超过阈值水平的振动信号分析其相位特征,将相位特征归类为稳定、不稳定、无、不明显这四类当中的一种;

21) 在轴心轨迹模块中对超过阈值水平的振动信号分析转子轨迹,将转子轨迹归类为圆或椭圆、椭圆、紊乱无规律、双环椭圆、“8 字型”、杂乱且发散这六类当中的一种;

22) 在轴心轨迹模块对超过阈值水平的振动信号分析其振动方向,将振动方向归结为径向、径或轴向、轴向、无这四类当中的一种;

23) 在瀑布图模块中对超过阈值水平的振动信号分析振动随转速变化,将其归类为不明显、不变、突变、无这四类当中的一种;

24) 在时间波形模块或趋势分析模块和状态监测模块中对超过阈值水平的振动信号分析振动随油温变化,将其归类为不明显、不变、突变和无这四类当中的一种;

25) 在时间波形模块或趋势分析模块和状态监测模块对超过阈值水平的振动信号分析振动随出口压力变化,将其归类为不明显、不变、突变、无这四类当中的一种;

26) 在故障诊断模块的故障特征识别选择单元分别选择故障特征的相应参数;在所述诊断结果以及处理方法单元进行故障诊断,得出故障概率、可能故障原因、与类似振动故障

判别方法和防治方法；

27) 流程结束。

燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统及其使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及状态监测和故障诊断系统及其使用方法,特别是关于海洋平台所用的燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统及其使用方法。

背景技术

[0002] 燃气透平发电机组是燃气轮机带动电机的发电机组,燃气轮机以其功率大、体积小、效率高、排放气体污染小等优势在航空、航海、发电等领域得到了越来越多的应用,但是,恶劣的工作条件和复杂结构使燃气轮机成为整个发电系统中故障的敏感多发部位,因此,对燃气轮机进行状态监测和故障诊断就显得尤为必要。振动参数常用作燃气轮机报警和紧急停车的指标之一,它包含了燃气轮机大量的运行信息,通过对振动信号的频域变换和分析,可以得到机壳、转子或其它零部件的振幅、频率和相位信息,通过进一步分析处理与识别,可以了解到燃气轮机的振动机理、故障部位和故障原因。

[0003] 现有的状态监测控制系统一般是针对燃气轮机,而不是针对整个燃气透平发电机组,而且进行故障诊断时一般仅是根据状态性能信号或振动信号,而没有充分利用振动信号并将状态性能信号和振动信号进行融合,导致诊断精度和诊断效率不高。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种能够充分利用振动信号并将状态性能信号和振动信号进行融合的,诊断精度和诊断效率高的燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统及其使用方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统,它包括机组自身配备的控制系统,所述控制系统内设置有振动监测模块和网络模块,所述振动监测模块预留有输出机组振动信号的同轴电缆口,所述网络模块预留有输出机组状态性能信号的网口,其特征在于:它还包括信号采集模块和安装有 LabVIEW 平台的计算机;所述网络模块通过网线将所述状态性能信号传输给所述计算机;所述信号采集模块设置有信号采集电路和信号处理电路,所述信号采集电路通过同轴电缆采集所述振动监测模块输出的振动信号,经所述信号处理电路转换为数字信号,并传输给所述计算机;所述 LabVIEW 平台安装在所述计算机内,通过所述 LabVIEW 平台对所述信号采集电路的采集通道进行设置后,进行所述振动信号和所述状态性能信号的采集;所述 LabVIEW 平台包括实时分析模块、离线分析模块和故障诊断模块;所述实时分析模块对所述状态性能信号和所述振动信号进行在线监测和在线分析,所述离线分析模块对记录的所述状态性能信号和振动信号进行离线分析,所述故障诊断模块对燃气透平发电机组进行故障诊断。

[0006] 所述实时分析模块设置有信号采集设置模块和状态监测模块;所述信号采集设置模块包括有对所述振动监测模块的采集通道进行设置的采集通道单元,对采样频率进行设置的采样频率单元和对燃气轮机转子转速参数进行设置的转速参数单元;所述状态监测模块实时监测所述振动信号和所述状态性能信号;所述实时分析模块还设置有对所述振动信

号进行时间波形分析的时间波形模块、频谱分析的频谱分析模块、阶次分析的阶次谱图模块、趋势分析的趋势分析模块、波德图分析的波德图模块、轴心轨迹分析的轴心轨迹模块和瀑布图分析的瀑布图模块；所述离线分析模块设置有对所记录的振动信号进行时间波形分析的时间波形模块、频谱分析的频谱分析模块、阶次分析的阶次谱图模块、趋势分析的趋势分析模块、波德图分析的波德图模块、轴心轨迹分析的轴心轨迹模块和瀑布图分析的瀑布图模块；所述故障诊断模块包括故障特征识别选择单元、诊断结果以及处理方法单元；所述故障特征识别选择单元是获取所述状态监测模块提供的状态性能信号和振动信号，以及所述状态监测模块或所述离线分析模块中的时间波形模块、频谱分析模块、阶次谱图模块、趋势分析模块、波德图模块、轴心轨迹模块和瀑布图模块对振动信号进行分析的故障特征；所述故障特征识别选择单元获取的故障特征包括振动主导频率、常伴频率、振动稳定性、相位特征、振动方向、转子轨迹、振动随转速变化、振动随油温变化、振动随出口压力变化；所述振动主导频率和常伴频率包括的参数有： $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$ ， N 代表燃气轮机转子的转速；所述振动稳定性和相位特征包括的参数：稳定、不稳定、无、不明显；所述振动方向包括参数：径向、径向和轴向、轴向、无；所述转子轨迹包括的参数：圆或椭圆、椭圆、紊乱无规律、双环椭圆、“8”字型、杂乱且发散；所述振动随转速变化、振动随油温变化、振动随出口压力变化包括的参数：不明显、不变、突变、无；所述诊断结果以及处理方法单元是根据特征参数获取单元提供的特征参数与故障诊断库进行比较，进而对故障进行诊断，得出故障概率、可能故障原因、与类似振动故障判别方法和防治方法。

[0007] 所述状态监测模块设置有监测概貌模块、温度模块、振动模块和性能参数模块；所述监测概貌模块，包括有温度单元、发电机单元、压力单元、转速单元和燃料流量单元；所述温度单元显示的温度包括压缩机入口温度、压缩机出口温度、燃烧室平均温度、透平机出口温度、压缩机前端轴承油温、压缩机后端轴承油温、透平机前端轴承油温和发电机推力轴承油温；所述发电机单元显示的量包括发电机的A相、B相、C相电流和平均电流，A相、B相、C相电压和平均电压以及功率；所述压力单元显示的压力包括压缩机入口压力、压缩机出口压力、燃料压力、燃烧室出口压力和透平机出口压力；所述转速单元设置有对燃气轮机转速和发电机转子转速的显示；所述功率单元设置有对发电机功率的显示；所述转速单元对燃气轮机转子的转速和发电机转子的转速进行显示；所述燃料流量单元对燃料流量进行显示；所述振动模块监测振动监测模块1输出的振动信号，显示的振动信号包括压缩机前端轴承、压缩机后端轴承、透平机前端轴承、发电机驱动端轴承和发电机非驱动端轴承的X、Y方向的振动位移，以及显示齿轮箱外壳和齿轮箱轴承的振动位移；所述温度模块，监测所述网络模块输出的温度，包括对透平机出口温度，燃烧室1号～12号火焰筒的温度，燃烧室的平均温度，冷却系统温度，压缩机入口、内部、出口和平均温度，发电机轴承温度，润滑系统前端和箱体的温度，环境温差，发电机的A、B、C段温度，发电机推力轴承温度、驱动端温度、非驱动端温度的显示；所述性能参数模块，监测所述网络模块输出的状态性能信号，包括对压缩机入口的压力、温度和空气相对湿度，压缩机出口的压力和温度，废气出口的压力和温度，发电机的转速和功率，环境空气的温度、大气压力和相对湿度，燃料的流量和成分的显示。

[0008] 所述的燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统的使用方法，其特征在于：1)

连接振动监测模块、网络模块、信号采集模块和计算机,启动 LabVIEW 平台;2) 打开实时分析模块的信号采集设置模块,在采集通道设置单元对振动信号的测量类型、物理通道、通道名称、单位、灵敏度、灵敏度单位进行设置,在采样设置单元对采样频率、每通道采样点数和测试名称进行设置,在转速参数设置单元对转速的阈值、脉冲识别、每转脉冲数进行设置;3) 在状态监测模块的监测概貌模块或温度模块中,确定透平机出口温度是否超过其相应的阈值;若判断结果为肯定,流程进入步骤 4);否则,流程进入步骤 5);4) 确定可能存在的故障有:冷却空气通道阻塞、温度调节阀故障、热电偶故障、透平叶片变形、透平叶片结垢不均、透平密封磨损、过渡段密封片磨损,流程结束;5) 在状态监测模块的监测概貌模块中,确定压缩机入口压力是否超过其相应的阈值;若判断结果为肯定,流程进入步骤 6);否则,流程进入步骤 7);6) 确定可能存在的故障有:压缩机入口通道污染、压缩机入口密封故障、压缩机入口可变导叶故障,流程结束;7) 在状态监测模块的监测概貌模块中确定发电机功率或燃料压力是否超过其相应的阈值;若判断结果为肯定,流程进入步骤 8);否则,流程进入步骤 9);8) 确定可能存在的故障有:燃料喷嘴阻塞、燃油流量分配器卡涩、燃油泵电磁离合器故障、燃油滤网阻塞、燃机控制系统故障、燃油母管压力泄露,流程结束;若判断结果为肯定,流程进入步骤 8);否则,流程进入步骤 9);9) 在状态监测模块确定燃气轮机的转子转速是否超过其相应的阈值;若判断结果为肯定,流程进入步骤 10);否则,流程进入步骤 11);10) 确定可能存在的故障有:调速控制系统故障、燃机截止安全阀故障、燃油截止阀故障、燃油分配器异常,流程结束;11) 在状态监测模块的监测概貌模块中确定燃烧室温度是否超过其相应的阈值;若判断结果为肯定,流程进入步骤 12);否则,流程进入步骤 13);12) 确定可能存在的故障有:火焰筒故障、过渡段破损、燃料喷嘴故障、单向阀故障、冷却系统故障,流程结束;13) 在趋势分析模块中对各振动信号进行趋势分析,确定各振动信号是否超过其相应的阈值,并记录超过其阈值的振动信号;若判断结果为肯定,流程进入步骤 14);否则,流程回到步骤 3);14) 在振动模块中判断燃气轮机转子转速是否恒定;若判断结果为肯定,流程进入步骤 15);否则,流程进入步骤 16);15) 在频谱分析模块中对超过阈值水平的振动信号进行频谱分析,确定振动主导频率和常伴频率;16) 在阶次分析模块对超过阈值水平的振动信号进行阶次分析,确定振动主导频率和常伴频率;17) 根据步骤 15) 和步骤 16) 将振动主导频率划分在 $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,这七个频段之一上;18) 根据步骤 15) 和步骤 16) 将常伴频率划分在 $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,这七个频段上;19) 在时间波形模块或趋势分析模块中对超过阈值水平的振动信号分析其振动稳定性,将振动稳定性归类为稳定、不稳定、无、不明显这四类当中的一种;20) 在波德图模块中对超过阈值水平的振动信号分析其相位特征,将相位特征归类为稳定、不稳定、无、不明显这四类当中的一种;21) 在轴心轨迹模块中对超过阈值水平的振动信号分析转子轨迹,将转子轨迹归类为圆或椭圆、椭圆、紊乱无规律、双环椭圆、“8 字型”、杂乱且发散这六类当中的一种;22) 在轴心轨迹模块对超过阈值水平的振动信号分析其振动方向,将振动方向归结为径向、径或轴向、轴向、无这四类当中的一种;23) 在瀑布图模块中对超过阈值水平的振动信号分析振动随转速变化,将其归类为不明显、不变、突变、无这四类当中的一种;24) 在时间波形模块或趋势分析模块和状态监测模块中对超过阈值水平的振动信号分析振动随油温变化,将其归类为不明显、不变、突变和无这四类当中的一种;25) 在时间波形模块或趋势分析模块和状态监测模块对超过阈值水平的振动信号

分析振动随出口压力变化,将其归类为不明显、不变、突变、无这四类当中的一种;26)在故障诊断模块的故障特征识别选择单元分别选择故障特征的相应参数;在所述诊断结果以及处理方法单元进行故障诊断,得出故障概率、可能故障原因、与类似振动故障判别方法和防治方法;27)流程结束。

[0009] 本发明由于采取以下技术方案,其具有以下优点:1、本发明由于是在NILabVIEW实验室虚拟仪器工程平台,通过设置的实时分析模块对燃气透平发电机组的振动信号和状态性能信号进行在线监测,因此,本发明可以实现实时分析和离线分析,具有成本低、集成度高、维护方便优点。2、本发明由于在实时分析模块和离线分析模块均设置了振动信号进行时间波形分析的时间波形模块、频谱分析的频谱分析模块、阶次分析的阶次谱图模块、趋势分析的趋势分析模块、波德图分析的波德图模块、轴心轨迹分析的轴心轨迹模块和瀑布图分析的瀑布图模块,因此,本发明可以通过对振动信号进行较为全面的分析,进而得到较为准确的故障诊断结果。3、本发明由于在状态监测模块实现了对压缩机入口、燃烧室和火焰筒、透平排烟口等关键部位的状态性能参数的实时监测,并可以在故障诊断模块进行故障诊断,进行多项故障特征对比核对,因此,本发明可以快速地明确故障位置和解读故障,提供可靠的解决方案。4、本发明由于设置了离线分析模块,可以用于当实时分析受限时或者用于对数据的重新分析,而且该模块具有与实时分析模块对振动信号相同的处理功能,因此本发明具有较强对比分析及总结分析功能。5、本发明由于在故障诊断模块设置了根据有关燃机的故障诊断研究进行编制故障诊断知识库,只需要输入相关信息就可以进行故障诊断,而且该模块设置的故障特征识别选择、诊断结果以及处理方法两个单元,可以综合考虑振动信号和状态性能信号,通过简单的故障特征输入,就可以根据故障诊断库系统化进行诊断,得出诊断结果以及处理方法,因此本发明具有操作简单、诊断精度和效率高的优点。本发明可以广泛的应用于各透平发电机组的状态监测和故障诊断。

附图说明

- [0010] 图1是本发明的一种结构示意图
- [0011] 图2是本发明的另外一种结构示意图
- [0012] 图3是本发明的LabVIEW平台的结构示意图
- [0013] 图4是本发明的信号采集设置模块的示意图
- [0014] 图5是本发明的监测概貌模块的示意图
- [0015] 图6是本发明的振动模块的示意图
- [0016] 图7是本发明的温度模块的示意图
- [0017] 图8是本发明的性能参数模块的示意图
- [0018] 图9是本发明的短时间趋势分析模块或长时间趋势分析模块的示意图
- [0019] 图10是本发明的时间波形模块的示意图
- [0020] 图11是本发明的频谱分析模块的示意图
- [0021] 图12是本发明的阶次谱图模块的示意图
- [0022] 图13是本发明的波德图模块的示意图
- [0023] 图14是本发明的轴心轨迹模块的示意图
- [0024] 图15是本发明的瀑布图模块的示意图

[0025] 图 16 是本发明的振动故障分类图

[0026] 图 17 是本发明的故障诊断模块的示意图

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0028] 本发明状态监测和故障诊断系统针对的设备是美国 SOLAR 公司生产的 Solar Titan130 单轴燃气轮机和 AB 公司生产的电机组成的燃气透平发电机组。该机组配备有 Turbotronic 4 控制系统,该控制系统的结构基于罗克韦尔自动化公司的硬件和软件平台。

[0029] 如图 1 所示,原有 Turbotronic 4 控制系统中设置有现场监控器振动监测模块 1 和网络模块 2;振动监测模块 1,预留有输出振动信号的 BNC(同轴电缆)口;网络模块 2,预留有输出状态性能信号的网口。本发明设置了信号采集模块 3、安装有 LabVIEW 平台 5 的计算机 4、和为振动监测模块 1、网络模块 2、信号采集模块 3 和计算机 4 进行供电的电源模块(图中未示出),其中:

[0030] 振动监测模块 1 用于输出机组的振动信号,其包括压缩机前端轴承的 X、Y 方向振动信号,压缩机后端轴承的 X、Y 方向振动信号,透平机前端轴承的 X、Y 方向振动信号,发电机驱动端轴承 X、Y 方向振动信号,发电机非驱动端轴承 X、Y 方向振动信号,齿轮箱外壳的振动信号,发电机转子的转速信号,燃气轮机的转子转速信号和齿轮箱轴承的振动信号。网络模块 2 用于输出机组的状态性能信号,包括温度、电压、电流、压力、功率和燃料流量等。信号采集模块 3 设置有信号采集电路 31 和信号处理电路 32,信号采集电路 31 通过 BNC 信号线采集振动监测模块 1 输出的振动信号,经过信号处理电路 32 将模拟的振动信号转换为数字的振动信号后,通过网线或者 USB 线传输给计算机 4,LabVIEW 平台 5 安装在计算机 4 中,LabVIEW 平台 5 的可视化操作界面显示在计算机 4 的显示器上,通过 LabVIEW 平台 5 对信号采集模块 3 的采集通道进行设置后,即可开始进行状态性能信号和振动信号的采集。

[0031] 如图 2 所示,本发明的信号采集模块 3 可以采用四块四通道 NI-9234 电压信号采集卡 33 和 NI-cDAQ9174 四插槽机箱 34 来实现。连接时,首先将信号采集卡 33 插入四插槽机箱 34 内,将信号采集卡 33 的输入端通过 BNC 信号线与振动监测模块 1 相连,将信号采集卡 33 的输出端通过网线或者 USB 线与计算机 4 连接,并将四插槽机箱 34 连接电源线,将计算机 4 通过网线与网络模块 2 相连。在连接中,可以把 USB 线或网线,以及电源线在四插槽机箱 34 自带的磁铁砸中绕几圈,以起到抗干扰作用。另外信号采集模块 3 还可以在现有技术中进行选择,或由普通技术人员采用常规方法进行设计。计算机 4 可以是个人计算机、工控机或者服务器等计算设备,最佳选择为工控机。

[0032] 如图 3 所示,本发明的 LabVIEW 平台 5 上设置有实时分析模块 6、离线分析模块 7 和故障诊断模块 8,其中:

[0033] 实时分析模块 6 包括信号采集设置模块 61、状态监测模块 62、趋势分析模块 63、时间波形模块 64、频谱分析模块 65、阶次谱图模块 66、波德图模块 67、轴心轨迹模块 68 和瀑布图模块 69,以及实时监测燃气轮机转子转速的转速单元 70、实时监测原始波形数据文件存储盘的内存大小的磁盘剩余空间单元 71 和显示系统是否在进行数据采集任务的实时分析开启指示单元 72(又如图 4 等图所示)。

[0034] 如图 4 所示,信号采集设置模块 61 包括采集通道设置单元 611、采样设置单元 612

和转速通道设置单元 613。采集通道设置单元 611 可以实现对测量类型、物理通道、通道名称、单位、灵敏度和灵敏度单位等的设置；其中关于测量类型的设置，一般默认情况下为关闭项；通过对物理通道的设置可以实现软件通道与硬件通道的关联。采样设置单元 612 包括采样频率、每通道采样点数和测试名称的设置。转速通道设置单元 613 包括燃气轮机转子转速的阈值、脉冲识别和每转脉冲数的设置。

[0035] 状态监测模块 62 可以对振动监测模块 1 输出的振动信号和网络模块 2 输出的性能状态信号进行实时监测。如图 3 所示，状态监测模块 62 包括监测概貌模块 621、振动模块 622、温度模块 623 和性能参数模块 624。其中：

[0036] 如图 5 所示，监测概貌模块 621 用于对重要的温度、压力、转速、电流、电压、功率和燃料流量等信息进行监测，其包括温度单元 6211、发电机单元 6212、压力单元 6213、转速单元 6214 和燃料流量单元 6215。其中温度单元 6211 可以显示的温度包括压缩机入口温度、压缩机出口温度、燃烧室平均温度、透平机出口温度、压缩机前端轴承油温、压缩机后端轴承油温、透平机前端轴承油温和发电机推力轴承油温。发电机单元 6212 可以显示的量包括发电机的 A 相、B 相、C 相电流和平均电流，A 相、B 相、C 相电压和平均电压以及功率。压力单元 6213 可以显示的量包括压缩机入口压力、压缩机出口压力、燃料压力、燃烧室出口压力和透平机出口压力。转速单元 6214 可以对燃气轮机转子的转速和发电机转子的转速进行显示。燃料流量单元 6215 可以对燃料流量进行显示。

[0037] 如图 6 所示，振动模块 622 可以监测振动监测模块 1 输出的振动信号，显示的振动信号包括压缩机前端轴承、压缩机后端轴承、透平机前端轴承、发电机驱动端轴承和发电机非驱动端轴承的 X、Y 方向的振动位移，以及显示齿轮箱外壳和齿轮箱轴承的振动位移。

[0038] 如图 7 所示，温度模块 623 可以全面监测网络模块 2 输出的温度，包括透平机出口温度，燃烧室 1 号～12 号火焰筒的温度，燃烧室的平均温度，冷却系统温度，压缩机入口、内部、出口和平均温度，发电机轴承温度，润滑系统前端和箱体的温度，环境温差，发电机的 A、B、C 段温度，发电机推力轴承温度、驱动端温度和非驱动端温度。

[0039] 如图 8 所示，性能参数模块 624 可以监测网络模块 2 输出的状态性能信号，包括对压缩机入口的压力、温度和空气相对湿度，压缩机出口的压力和温度，废气出口的压力和温度，发电机的转速和功率，环境空气的温度、大气压力和相对湿度，燃料的流量和成分的显示。

[0040] 趋势分析模块 63 包括短时间趋势分析模块 631 和长时间趋势分析模块 632 (如图 3 所示)。趋势分析模块 63 可以显示采集时间段内，除发电机转子的转速信号以外的振动信号的峰值与时间的关系。短时间趋势分析模块 631 用于每次采集数据的时间比较短；长时间趋势分析模块 632 用于采集数据时间可能是不间断的以小时为单位的。

[0041] 如图 9 所示，短时间趋势分析模块 631 和长时间趋势分析模块 632 都设置有趋势分析单元 633 和波形名称与颜色显示单元 634；趋势分析单元 633，用于实现对振动监测模块 1 输出的振动信号的趋势分析；波形名称与颜色单元 634，除了可以显示振动信号波形的通道名称与其对应的颜色，而且可以对波形显示的颜色进行设置。

[0042] 如图 10 所示，时间波形模块 64 可以对振动信号的时间波形进行分析，一般锁定“毛刺”、“削波”、“正弦波”等异常时间波形，作为故障诊断的故障特征征兆。其包括通道选择单元 641、单一通道时间波形单元 642、波形名称与颜色显示单元 643 和所有通道时间波

形单元 644。通道选择单元 641 用于实现对振动监测模块 1 输出振动信号的通道选择。单一通道时间波形单元 642 通过在通道选择单元 641 上的对通道进行选择,可以显示用户需要观察的单一振动信号的时间波形。所有通道时间波形单元 644 用于显示振动监测模块 1 输出的所有的振动信号的时间波形。

[0043] 如图 11 所示,频谱分析模块 65 包括通道选择单元 651、积分设置单元 652、游标设置单元 653、单一通道频谱显示单元 654。积分设置单元 652 对加速度信号进行积分得到速度和位移信号;游标设置单元 653 可以对游标进行设置;单一通道频谱显示单元 654 通过在通道选择单元 651 对通道进行选择,可以对所选的单一通道的振动信号进行 FFT 分析。

[0044] 如图 12 所示,阶次谱图模块 66 可以观察一段振动信号的所有阶次成分,找出其最重要的阶次成分,并且通过对比不同阶次成分,进行初步故障诊断。阶次谱图模块 66 包括开启指示单元 661、通道选择单元 662、主导频率单元 663 和重要频率单元 664、游标设置单元 665 和阶次谱图分析单元 666。开启指示单元 661 用于显示当前模块是否运行;主导频率单元 663 用于显示振动信号中能量最大的阶次,即故障最可能引起的故障频率成分;重要频率单元 664 用于显示振动信号中能量相对较大的阶次,即一般故障可能引起的相关故障频率成分;阶次谱图分析单元 666,通过在通道选择单元 662 对通道进行选择,可以对所选通道的振动信号进行阶次分析。

[0045] 如图 13 所示,波德图模块 67 可以对一个振动信号进行波德图分析,波德图模块 67 包括开启指示单元 671、通道选择单元 672、X 轴选择单元 673、启停设置单元 674 和游标设置单元 675、幅值-转速图单元 676、相位-转速图单元 677 和转速-时间图单元 678。X 轴选择单元 672 可以对幅值-转速图单元 676 和相位-转速图单元 677 中的 X 轴进行调整。在启停设置单元 674 中可以指定输入信号的起始位置。幅值-转速图单元 676 显示了幅值随转速的变化;相位-转速图单元 677 显示了相位随转速的变化;转速-时间图单元 678 显示了转速随时间的变化。

[0046] 如图 14 所示,轴心轨迹模块 68 可以对振动信号的轴心轨迹进行分析,一般锁定为“椭圆”、“双环椭圆”、“8 字型”、“紊乱且发散”的异常轴心轨迹,作为故障诊断的故障特征征兆。轴心轨迹模块 68 包括开启指示单元 681、过滤阶次选择单元 682 和轴心轨迹分析单元 683。在过滤阶次选择单元 682 中,可以指定过滤轴心轨迹的阶次,同时设置任意两个阶次成分的轴心轨迹显示。轴心轨迹分析单元 683,通过转轴上某个截面上 X、Y 两个垂直方向振动位移信号与转速脉冲信号,可以显示整体轴心轨迹和任意阶次成分轴心轨迹,为故障诊断提供一定的依据。

[0047] 如图 15 所示,瀑布图模块 69 设置有开启指示单元 691、通道选择单元 692、频谱设置单元 693、平面类型单元 694、时间轴设置单元 695、幅值设置单元 696 和显示振动信号的瀑布图分析单元 697。其中频谱设置单元 693 可以对信号频谱计算的相关参数进行设置。平面类型单元 694 可以控制 X 与 Z 轴的坐标选择。时间轴设置单元 695 可以对时间轴的起始值、终点值和时间间隔进行设置。幅值设置单元 696 可以对瀑布图中 Y 坐标的形式进行设置。在通道选择单元 692、频谱设置单元 693、平面类型单元 694、时间轴设置单元 695 和幅值设置单元 696 进行相关设置后,可以在瀑布图分析单元 697 对所选单一通道的振动信号显示其幅值-频率-时间关系图。

[0048] 如图 3 所示,离线分析模块 7,用于对记录的振动信号的离线分析,包括与实时分

析模块 6 功能相同的趋势分析模块 63、时间波形模块 64、频谱分析模块 65、阶次谱图模块 66、波德图模块 67、轴心轨迹模块 68 和瀑布图模块 69,另外还包括离线数据文件路径单元 73、每次读取数据量单元 74、播放速度单元 75 和读完指示单元 76。离线数据文件路径单元 73 可以查找需要分析的原始数据文件,文件名的后缀为 .tdms。每次读取数据量单元 74:默认值为 2048,若与实时分析模块中的通道采样数一致,则该后处理过程可以与实时振动分析时完全一致。播放速度单元 75:以毫秒计,设置数值越大播放速度越慢,一般可以取 500 或者 1000。读完指示单元 76:用于显示原始数据文件是否读完,当读完时灯亮。

[0049] 离线分析模块 7 运行时,包括以下步骤:

[0050] 1) 在离线数据文件路径单元 73 中查找读取需要分析的数据文件,并进行加载;

[0051] 2) 在每次读取数据量单元 74 中设置每次读取数据量;

[0052] 3) 在播放速度单元 75 中调节播放速度;

[0053] 4) 根据需要在离线分析模块 7 中的相应的模块中进行相关的分析。

[0054] 故障诊断模块 8 中设置有根据有关燃机的故障诊断研究编制的故障诊断知识库,故障诊断知识库包括基于状态性能信号的故障诊断知识库和基于振动信号的故障诊断知识库。其中:

[0055] 状态性能信号故障诊断知识库(如表 1 所示)是基于状态性能信号进行故障诊断的方法,主要是通过状态性能信号是否在规定的阈值水平内对机组的运行状态进行故障与否的初判断,然后通过模式识别技术进行故障诊断。

[0056] 表 1 状态性能信号的故障诊断知识库

[0057]

状态监测的故障特征	故障/故障原因
透平机温度过高	1、冷却空气通道阻塞 2、温度调节阀故障 3、热电偶故障 4、透平机叶片变形 5、透平机叶片结垢不均 6、透平机密封磨损 7、过渡段密封片磨损
压缩机入口压力过高	1、压缩机入口通道污染 2、压缩机入口密封故障 3、压缩机入口可变导叶故障
发电机功率过高或燃料压力过大 (由燃料系统故障引起)	1、燃料喷嘴阻塞 2、燃油流量分配器卡涩 3、燃油泵电磁离合器故障 4、燃油滤网阻塞 5、燃机控制系统故障 6、燃油母管压力泄露
燃气轮机的转子超速	1、调速控制系统故障 2、然及截止安全阀故障 3、燃油截止阀故障 4、燃油分配器异常
燃烧室温度过高	1、火焰筒故障 2、过渡段破损 3、燃料喷嘴故障 4、单向阀故障 5、冷却系统故障

[0058] 振动信号故障诊断知识库是基于美国透平机械故障诊断专家 John Sohre 归纳出的九类三十七种的涡轮机械故障,我国旋转设备诊断专家高金吉院士归纳出的十类五十八种的涡轮机械故障,和 Meherwan P. Boyce 的燃气轮机工程手册中对燃气轮机的故障总结,然后依据故障征兆相似度(故障振动频谱信息),将相似度一致的故障归为一类,归纳出燃气轮机组常见振动故障类型为十一类(如图 16 所示)。

[0059] 如图 17 所示,故障诊断模块 8 还设置有故障特征识别选择单元 81 和诊断结果以及处理方法单元 82;其中,故障特征识别选择单元 81 可以获取状态监测模块 62、趋势分析模块 63、时间波形模块 64、频谱分析模块 65、阶次谱图模块 66、波德图模块 67、轴心轨迹模块 68 和瀑布图模块 69 对振动信号进行分析的故障特征;该故障特征包括振动主导频率、常

伴频率、振动稳定性、相位特征、振动方向、转子轨迹、振动随转速变化、振动随油温变化、振动随出口压力变化,其中:振动主导频率和常伴频率包括的参数有: $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,其中 N 为燃气轮机转子的转速;振动稳定性和相位特征包括的参数有:稳定、不稳定、无、不明显;振动方向包括的参数有:径向、径向和轴向、轴向、无;转子轨迹包括的参数有:圆或椭圆、椭圆、紊乱无规律、双环椭圆、“8”字型、杂乱且发散;振动随转速变化、振动随油温变化、振动随出口压力变化包括的参数有:不明显、不变、突变、无;

[0060] 诊断结果以及处理方法单元 82 是根据故障特征识别选择单元 81 提供的特征参数与故障诊断知识库进行比较,得出故障概率、可能故障原因、与类似振动故障判别方法和防治方法。

[0061] 基于振动信号进行故障诊断的方法包括以下步骤:

[0062] 1) 确定故障的振动信号:对机组的振动信号进行趋势分析,确定各振动信号是否超过其相应的阈值水平;

[0063] 2) 频谱分析:对超过阈值水平的振动信号进行频谱分析,得到振动信号的频域结构信息,即振动信号在 $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,这七个频段的幅值,将频谱信息作为机组的故障征兆集;

[0064] 3) 依据故障征兆相似度(故障振动频谱信息),将相似度一致的故障归为一类,归纳出机组常见振动故障类型为十一类(如图 16 所示),分别为初始不平衡或转子弯曲,不对中或管道力,燃气轮机压缩机喘振,轴径和轴承偏心,轴承在水平和垂直方向刚度不等,谐波共振或临界转速,联轴节不精确或损坏,库伦或者干摩擦涡动(转子轴承系统),共振涡动,气动耦合涡动和叶片共振频率;

[0065] 4) 隶属度计算:根据机组的振动故障类型,运用升半哥西分布函数,计算所获得振动信号七个频段的隶属度,并进行归一化处理;

[0066] 升半哥西分布函数的公式如下:

$$[0067] \quad \mu(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq a \\ \frac{k(x-a)^2}{1+k(x-a)^2}, & a \leq x \leq \infty \end{cases}$$

[0068] 式中,参数 k 和 a 是由故障诊断系统制定的阈值 X_0 决定;一般 $a=X_0/10$,并且取 $\mu(X_0)=0.5$ 进行计算得到 k 的值。注意,振动信号的各个谐波要采用的不一样的隶属度函数,一倍频取 $\mu(X_0)$;二分之一倍频取 $[\mu(X_0)]^{1/4}$;其他各倍频振动取 $[\mu(X_0)]^{1/2}$ 。

[0069] 5) 模糊关系矩阵:由七个频段振动幅值的隶属度构造振动故障的模糊关系矩阵 R ,并做归一化处理,见表 2:

[0070] 6) 模糊聚类分析:选用择近原则或模糊综合评判原则,将所得到的故障征兆与步骤 5) 中的模糊关系矩阵 R 进行对比分析,查找机组故障原因得到诊断结论。

[0071] 表 2 振动故障的模糊关系矩阵 R

[0072]

振动频段 故障类型	<0.4N	(0.4~ 0.5)N	(0.5~ 0.99)N	1N	2N	(3~ 5)N	> 5N
初始不平衡 或转子弯曲	0	0	0	0.9	0.05	0.05	0
不对中或管道力	0	0	0	0.4	0.5	0.1	0
燃气轮机压 缩机喘振	0	0	0	0	0	0.8	0.2
轴径和轴承偏心	0	0	0	0.8	0.2	0	0
轴承在水平和垂 直方向刚度不等	0	0	0	0	0.8	0.2	0
谐波共振或 临界转速	0	0	0	1	0	0	0
联轴节不精 确或损坏	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0
库伦或者干 摩擦涡动	0.8	0.1	0.1	0	0	0	0
共振涡动	0	1	0	0	0	0	0
气动耦合涡动	0.1	0.8	0.1	0	0	0	0
叶片共振频率	0	0	0	0	0	0	1

[0073] 其中, N 为燃气轮机转子的转速;

[0074] 上述实施例中, 通道选择单元 641、651、662、672 和 692 的功能和结构相同; 游标设置单元 653、665 和 675 的功能和结构相同, 实时分析开启指示单元 72 与开启指示单元 661、671、681 和 691 的功能和结构相同; 波形名称与颜色显示单元 634 和 643 功能和结构相同。

[0075] 应用本发明的状态监测和故障诊断系统进行状态监测和故障诊断的方法, 其包括以下步骤:

[0076] 1) 连接振动监测模块 1、网络模块 2、信号采集模块 3 和计算机 4, 启动 LabVIEW 平台 5;

[0077] 2) 打开实时分析模块 6 下的信号采集设置模块 61, 在采集通道设置单元 611 对振动信号的测量类型、物理通道、通道名称、单位、灵敏度、灵敏度单位进行设置, 在采样设置单元 612 对采样频率、每通道采样点数和测试名称进行设置, 在转速参数设置单元 613 对转速的阈值、脉冲识别、每转脉冲数进行设置;

[0078] 3) 在状态监测模块 62 的监测概貌模块 621 或温度模块 623 中, 确定透平机出口温度是否超过其相应的阈值;

[0079] 若判断结果为肯定, 流程进入步骤 4); 否则, 流程进入步骤 5);

[0080] 4) 确定可能存在的故障有: 冷却空气通道阻塞、温度调节阀故障、热电偶故障、透平叶片变形、透平叶片结垢不均、透平密封磨损、过渡段密封片磨损, 流程结束;

[0081] 5) 在状态监测模块 62 的监测概貌模块 621 中, 确定压缩机入口压力是否超过其相应的阈值;

[0082] 若判断结果为肯定, 流程进入步骤 6); 否则, 流程进入步骤 7);

[0083] 6) 确定可能存在的故障有: 压缩机入口通道污染、压缩机入口密封故障、压缩机入

口可变导叶故障,流程结束;

[0084] 7)在状态监测模块 62 的监测概貌模块 621 中确定发电机功率或燃料压力是否超过其相应的阈值;

[0085] 若判断结果为肯定,流程进入步骤 8);否则,流程进入步骤 9);

[0086] 8)确定可能存在的故障有:燃料喷嘴阻塞、燃油流量分配器卡涩、燃油泵电磁离合器故障、燃油滤网阻塞、燃机控制系统故障、燃油母管压力泄露,流程结束;

[0087] 9)在状态监测模块 62 确定燃气轮机的转子转速是否超过其相应的阈值;

[0088] 若判断结果为肯定,流程进入步骤 10);否则,流程进入步骤 11);

[0089] 10)确定可能存在的故障有:调速控制系统故障、燃机截止安全阀故障、燃油截止阀故障、燃油分配器异常,流程结束;

[0090] 11)在状态监测模块 62 的监测概貌模块 621 中确定燃烧室温度是否超过其相应的阈值;

[0091] 若判断结果为肯定,流程进入步骤 12);否则,流程进入步骤 13);

[0092] 12)确定可能存在的故障有:火焰筒故障、过渡段破损、燃料喷嘴故障、单向阀故障、冷却系统故障,流程结束;

[0093] 13)在趋势分析模块 63 中对各振动信号进行趋势分析,确定各振动信号是否超过其相应的阈值,并记录超过其阈值的振动信号;

[0094] 若判断结果为肯定,流程进入步骤 14);否则,流程回到步骤 3);

[0095] 14)在振动模块 622 中判断燃气轮机转子转速是否恒定;若判断结果为肯定,流程进入步骤 15);否则,流程进入步骤 16);

[0096] 15)在频谱分析模块 65 中对超过阈值水平的振动信号进行频谱分析,确定振动主导频率和常伴频率;

[0097] 16)在阶次分析模块 66 对超过阈值水平的振动信号进行阶次分析,确定振动主导频率和常伴频率;

[0098] 17)根据步骤 15)和步骤 16)将振动主导频率划分在 $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,这七个频段之一上;

[0099] 18)根据步骤 15)和步骤 16)将常伴频率划分在 $<0.4N$ 、 $(0.4 \sim 0.5)N$ 、 $(0.5 \sim 0.99)N$ 、 $1N$ 、 $2N$ 、 $(3 \sim 5)N$ 、 $>5N$,这七个频段上;

[0100] 19)在时间波形模块 64 或趋势分析模块 63 中对超过阈值水平的振动信号分析其振动稳定性,将振动稳定性归类为稳定、不稳定、无、不明显这四类当中的一种;

[0101] 20)在波德图模块 67 中对超过阈值水平的振动信号分析其相位特征,将相位特征归类为稳定、不稳定、无、不明显这四类当中的一种;

[0102] 21)在轴心轨迹模块 68 中对超过阈值水平的振动信号分析转子轨迹,将转子轨迹归类为圆或椭圆、椭圆、紊乱无规律、双环椭圆、“8 字型”、杂乱且发散这六类当中的一种;

[0103] 22)在轴心轨迹模块 68 对超过阈值水平的振动信号分析其振动方向,将振动方向归结为径向、径或轴向、轴向、无这四类当中的一种;

[0104] 23)在瀑布图模块 69 中对超过阈值水平的振动信号分析振动随转速变化,将其归类为不明显、不变、突变、无这四类当中的一种;

[0105] 24)在时间波形模块 64 或趋势分析模块 63 和状态监测模块 62 中对超过阈值水平

的振动信号分析振动随油温变化,将其归类为不明显、不变、突变和无这四类当中的一种 ;

[0106] 25) 在时间波形模块 64 或趋势分析模块 63 和状态监测模块 62 对超过阈值水平的振动信号分析振动随出口压力变化,将其归类为不明显、不变、突变、无这四类当中的一种 ;

[0107] 26) 在故障诊断模块 8 的故障特征识别选择单元 81 分别选择故障特征的相应参数 ;在所述诊断结果以及处理方法单元 82 进行故障诊断,得出故障概率、可能故障原因、与类似振动故障判别方法和防治方法 ;

[0108] 27) 流程结束。

[0109] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式等都是可以有所变化的,特别是上述实施例中所针对的设备对象,仅仅是为了说明本发明而列举的,其不应排除在其它类似设备上的使用。凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

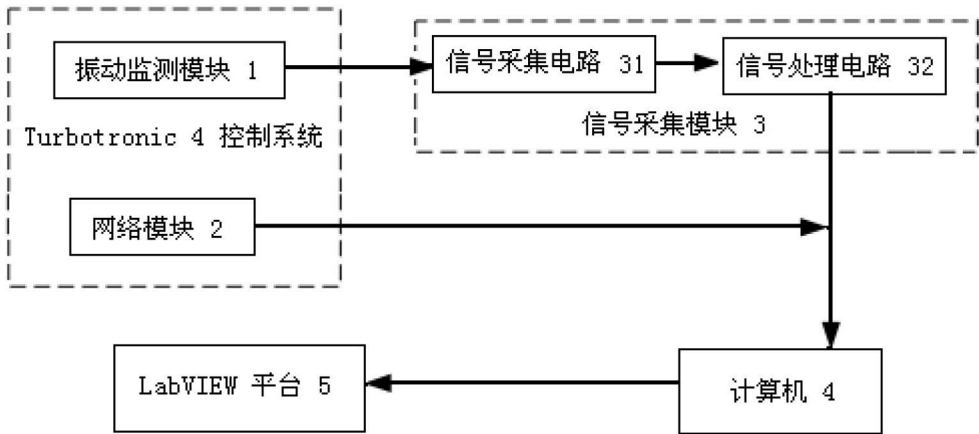


图 1

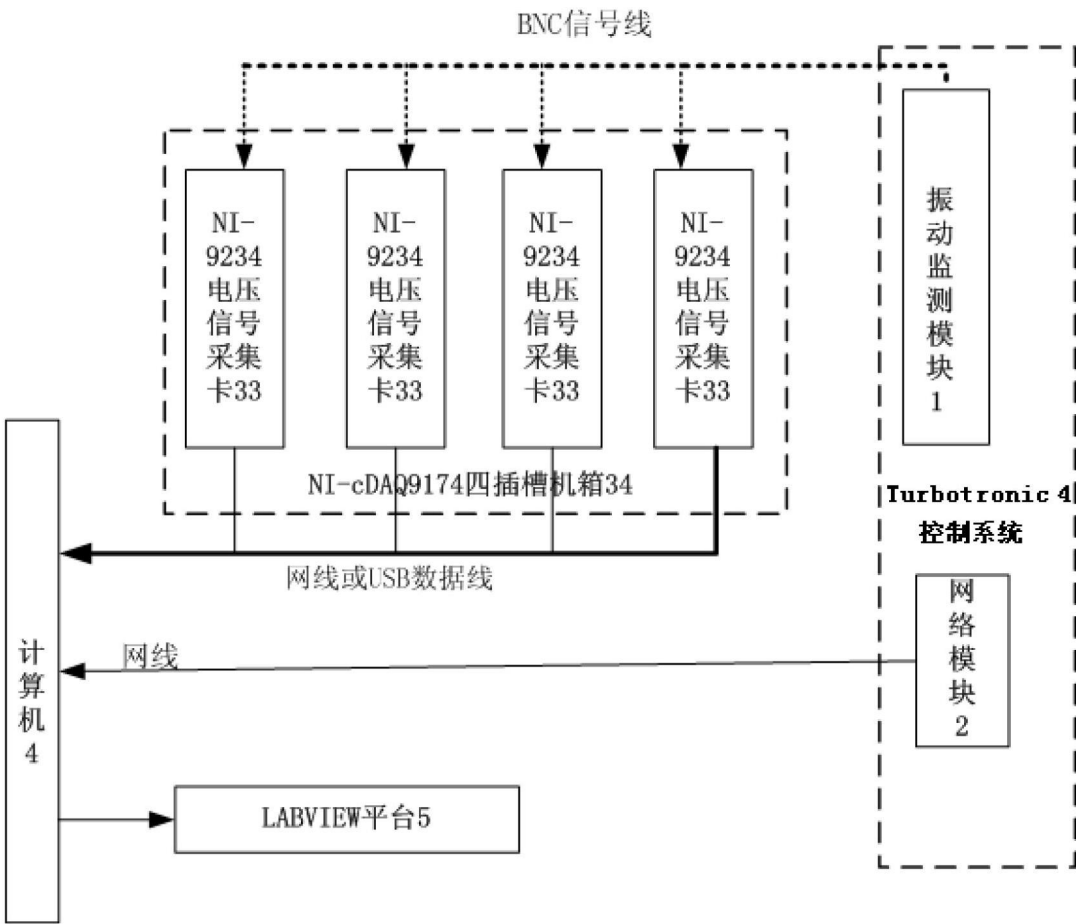


图 2

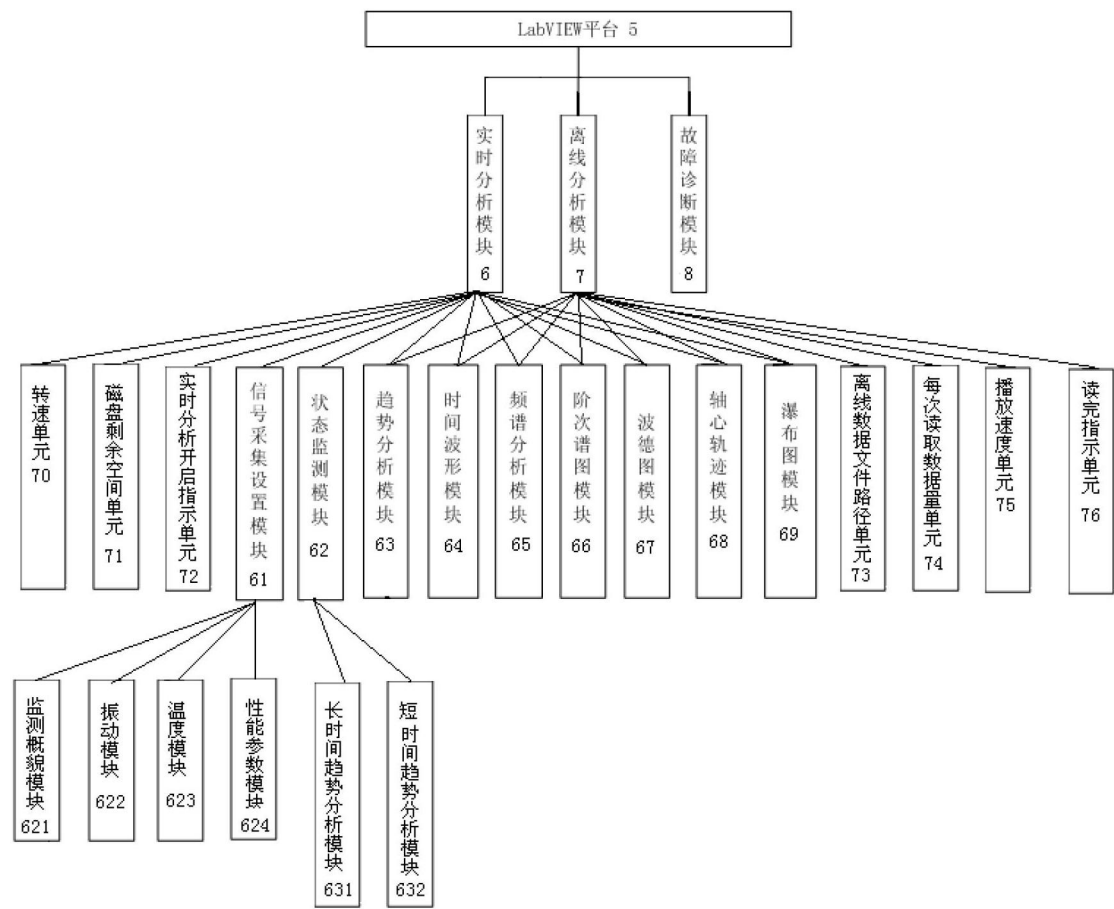


图 3

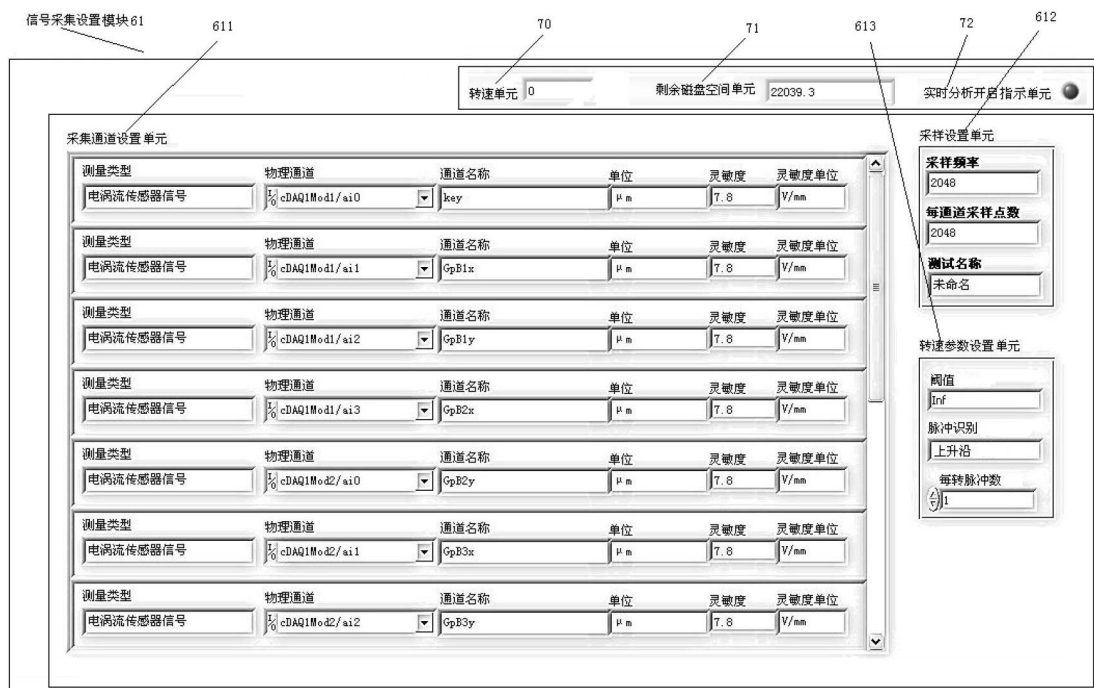


图 4

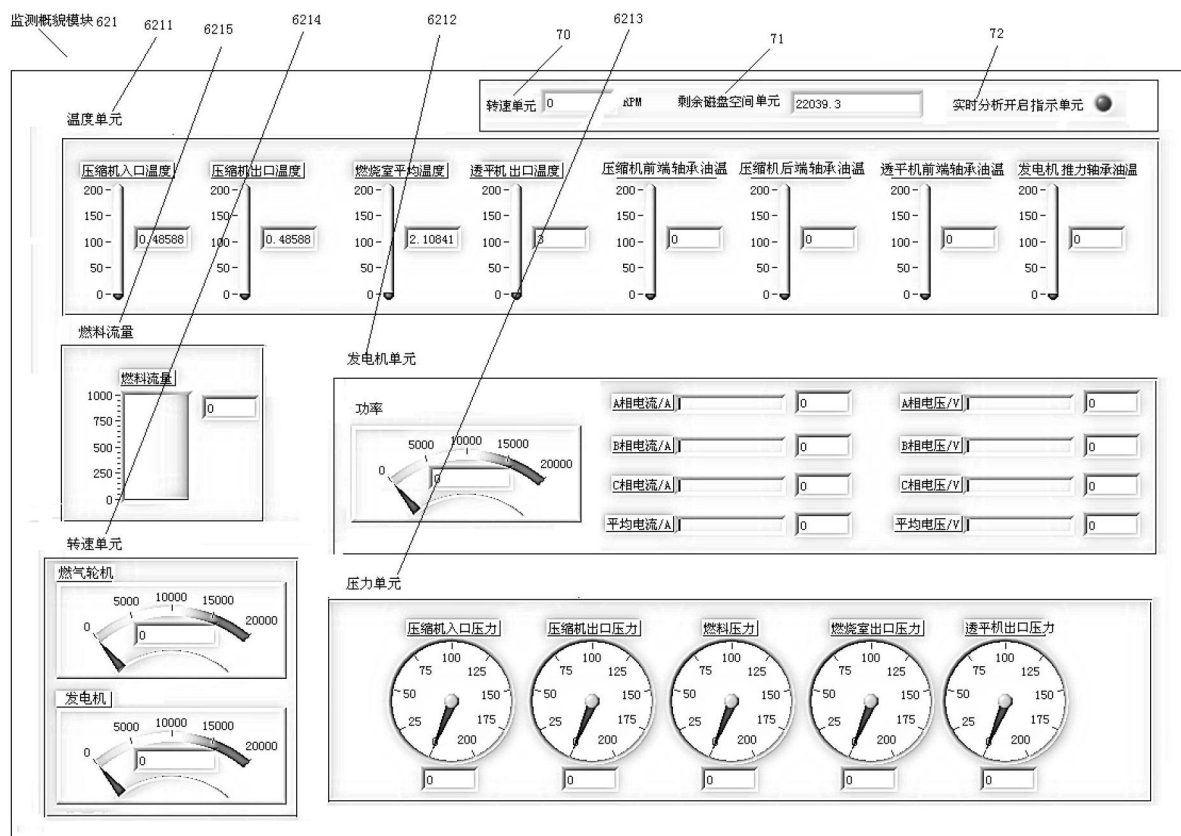


图 5

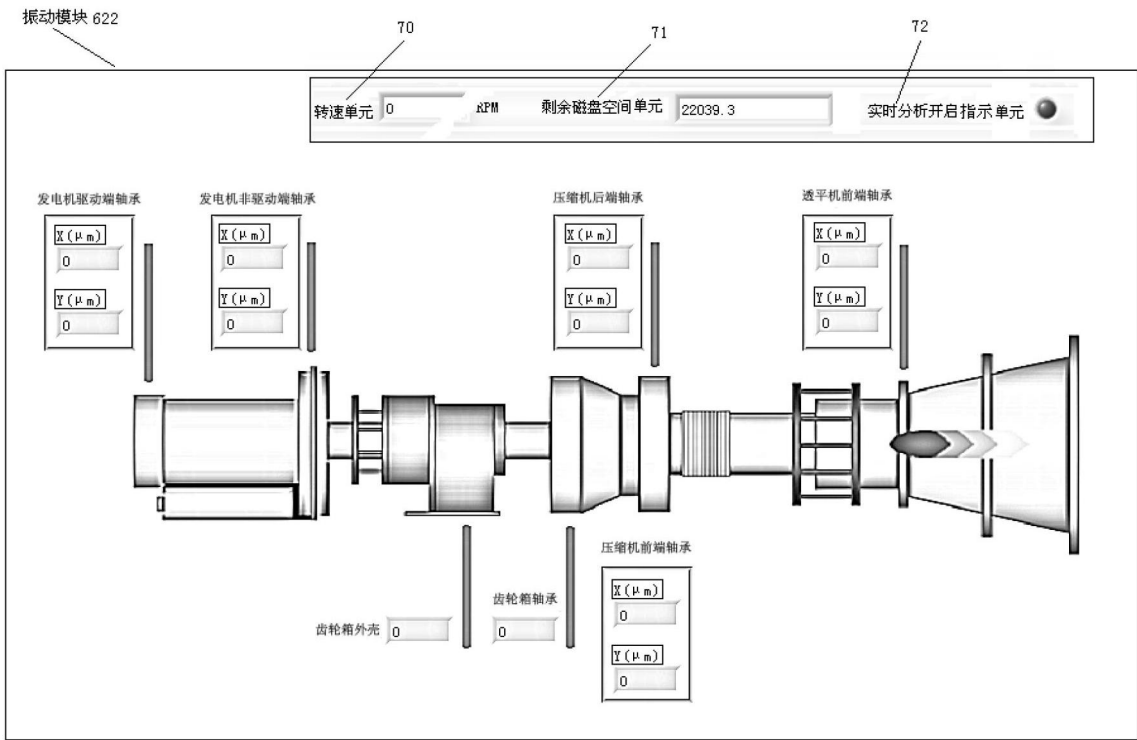


图 6

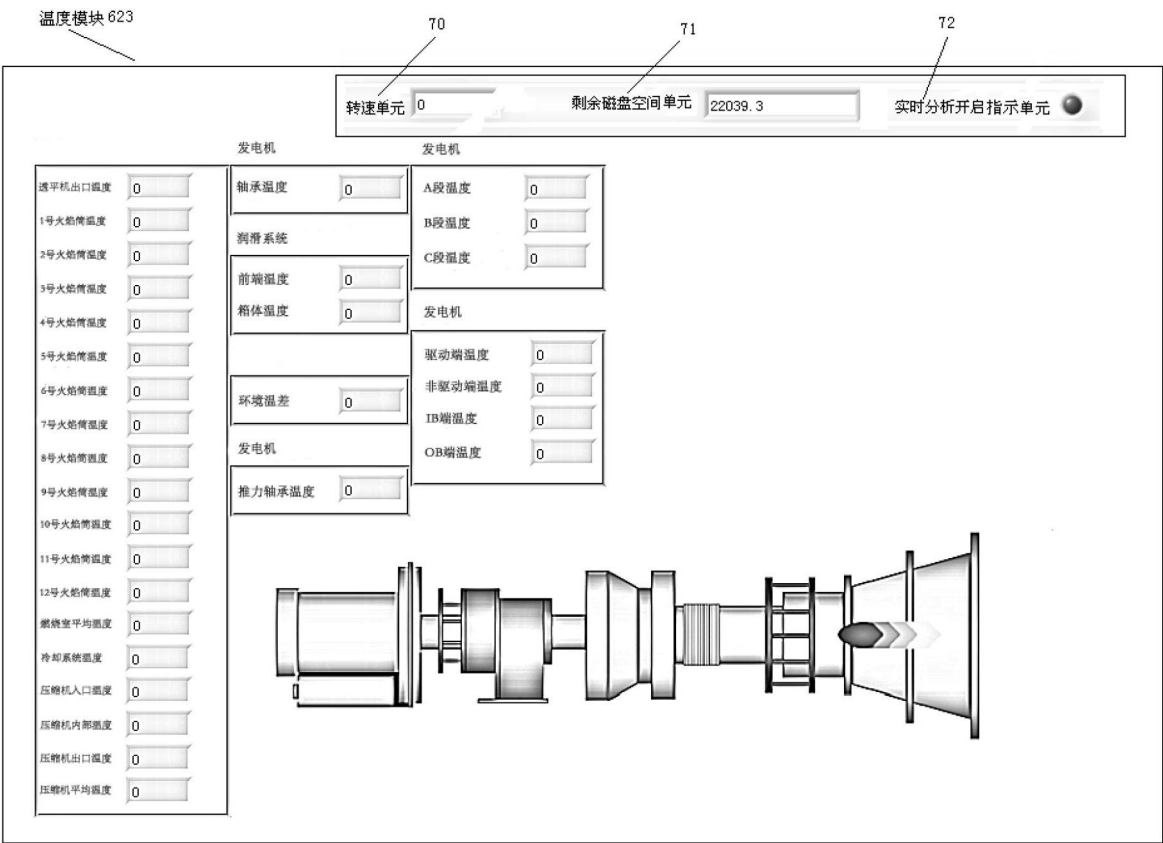


图 7

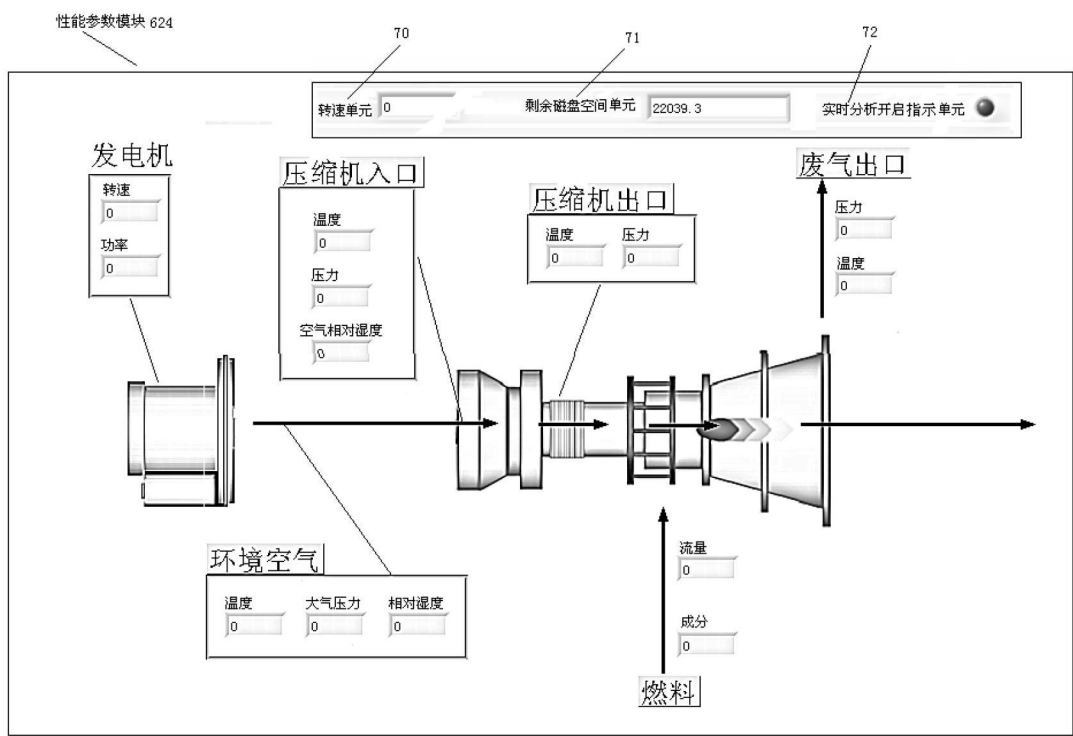


图 8

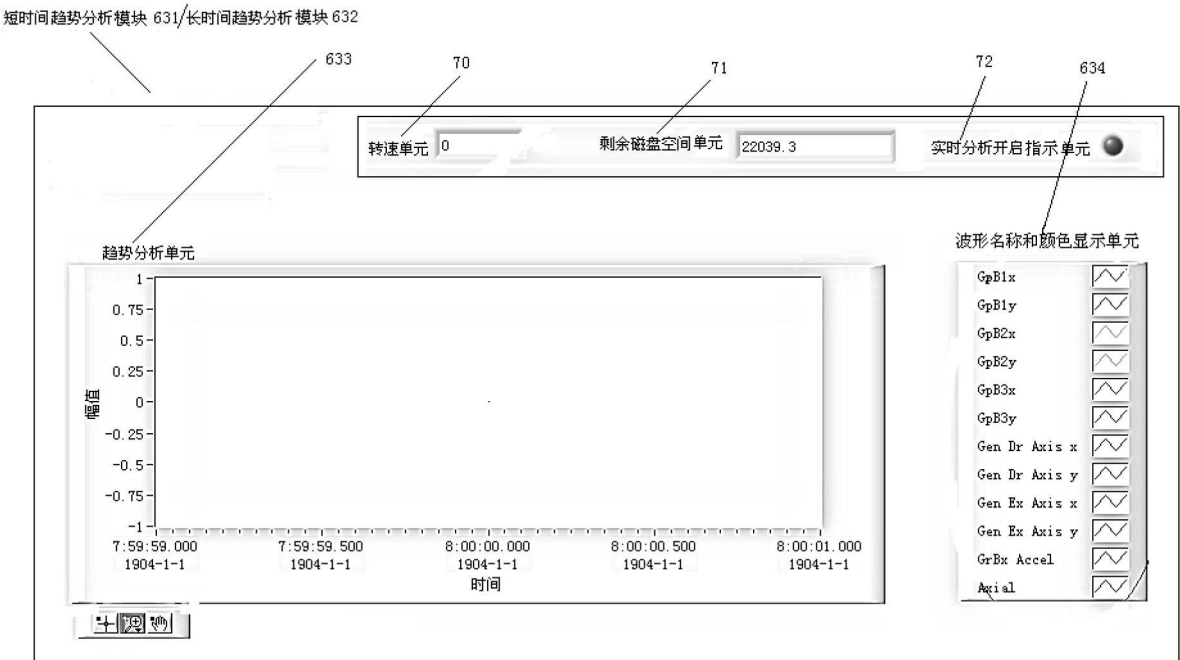


图 9

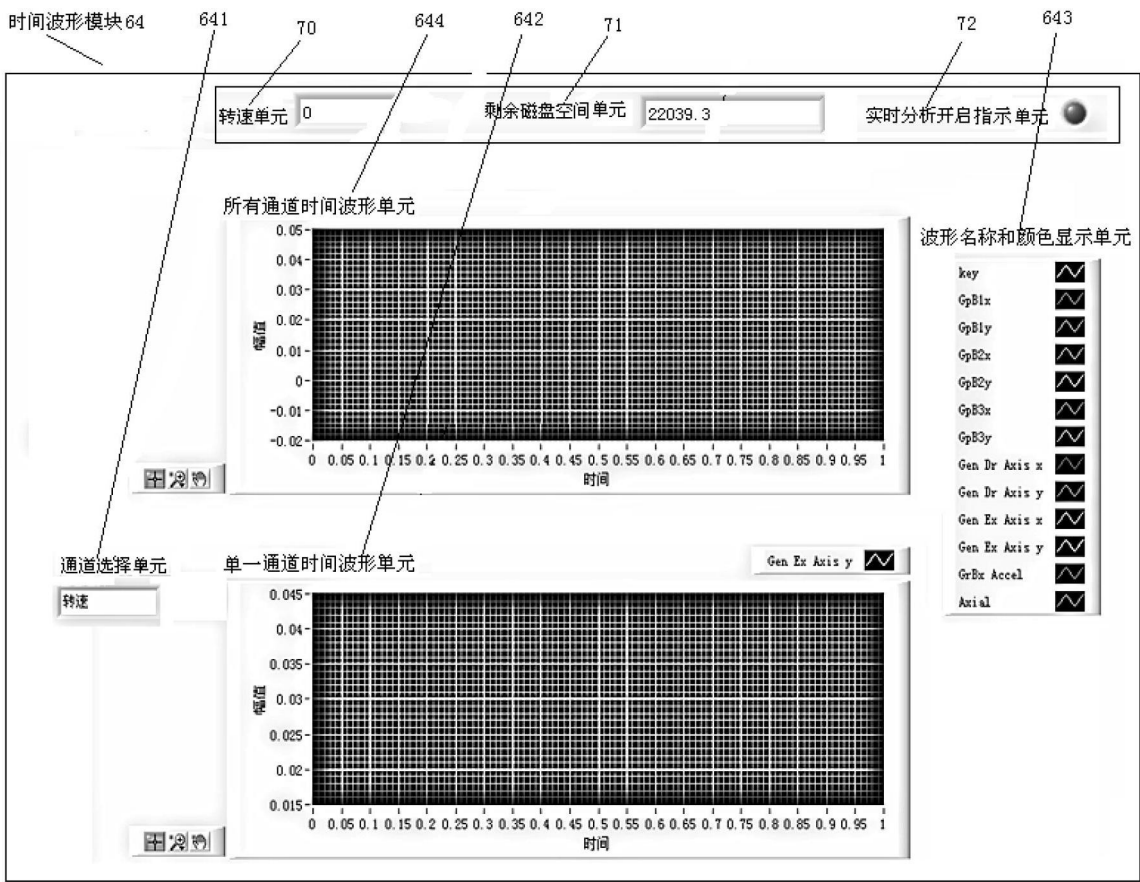


图 10

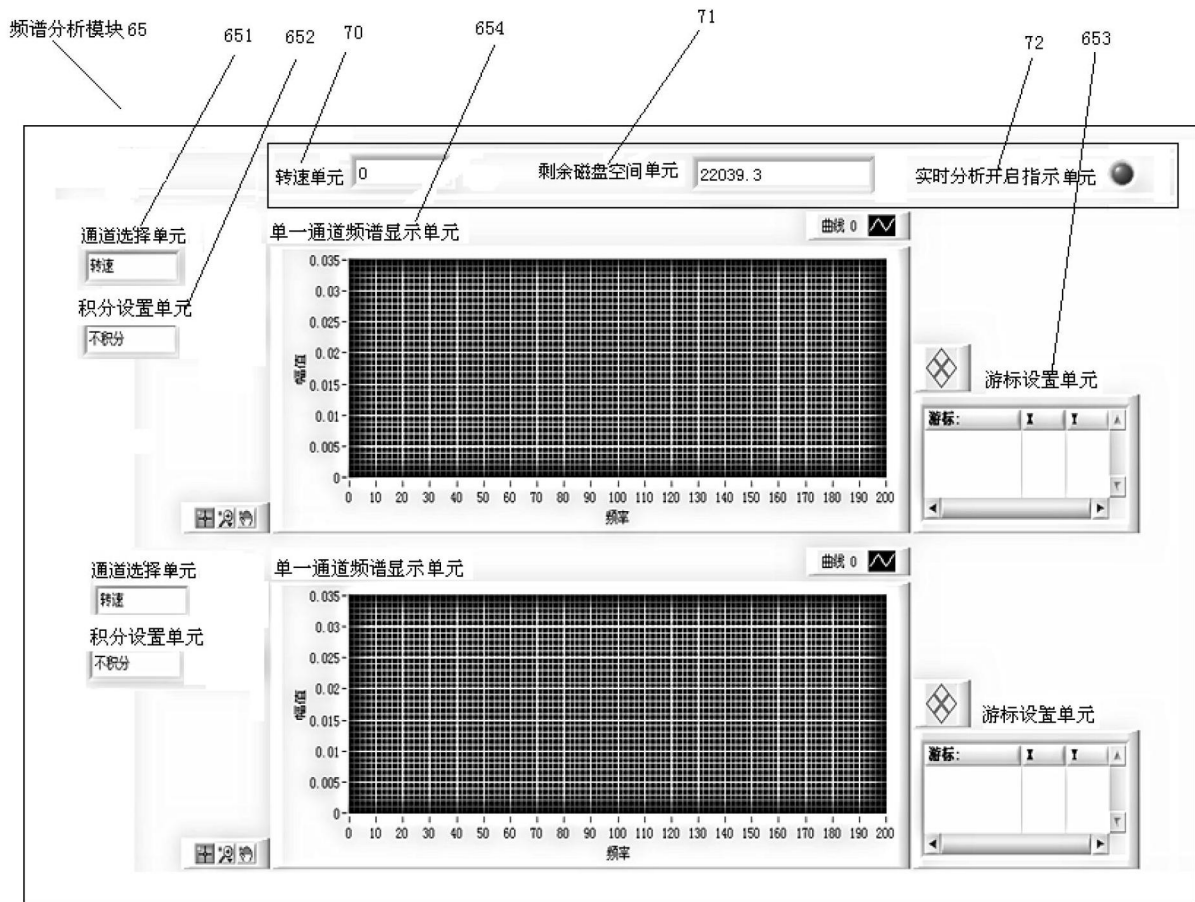


图 11

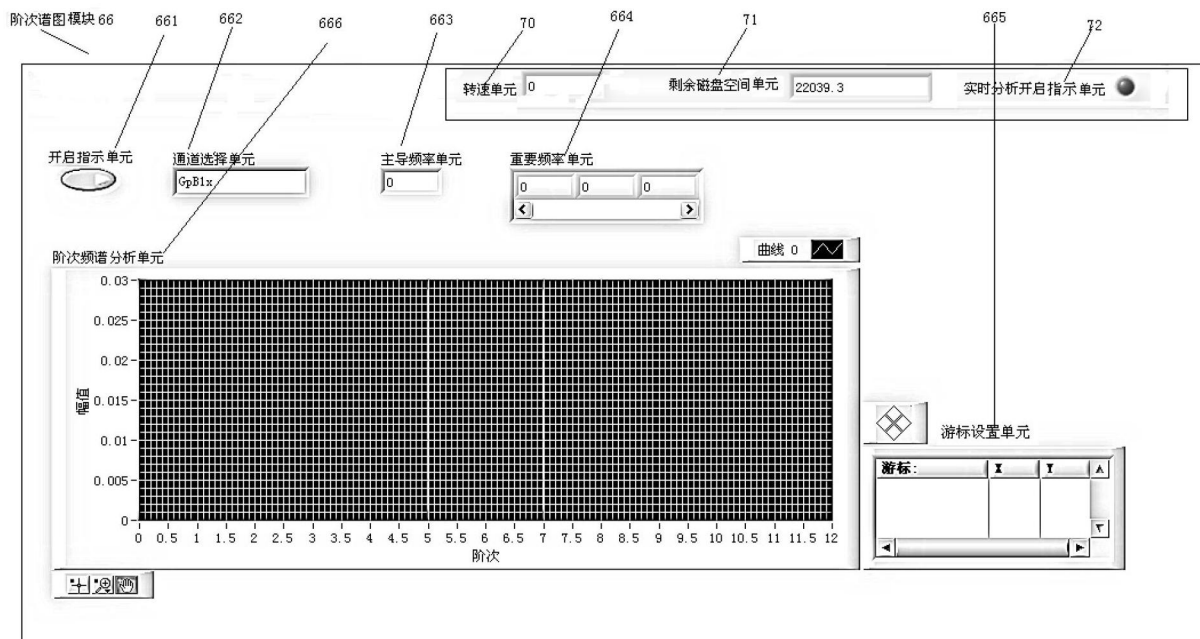


图 12

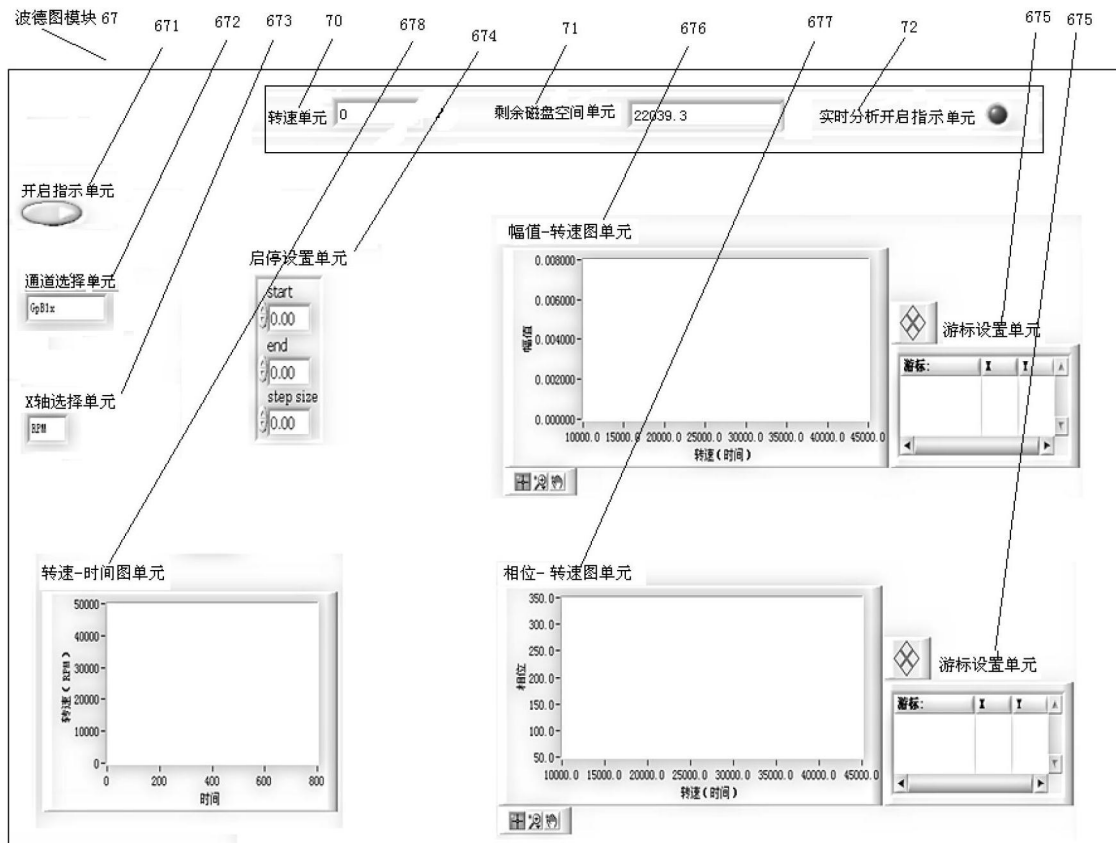


图 13

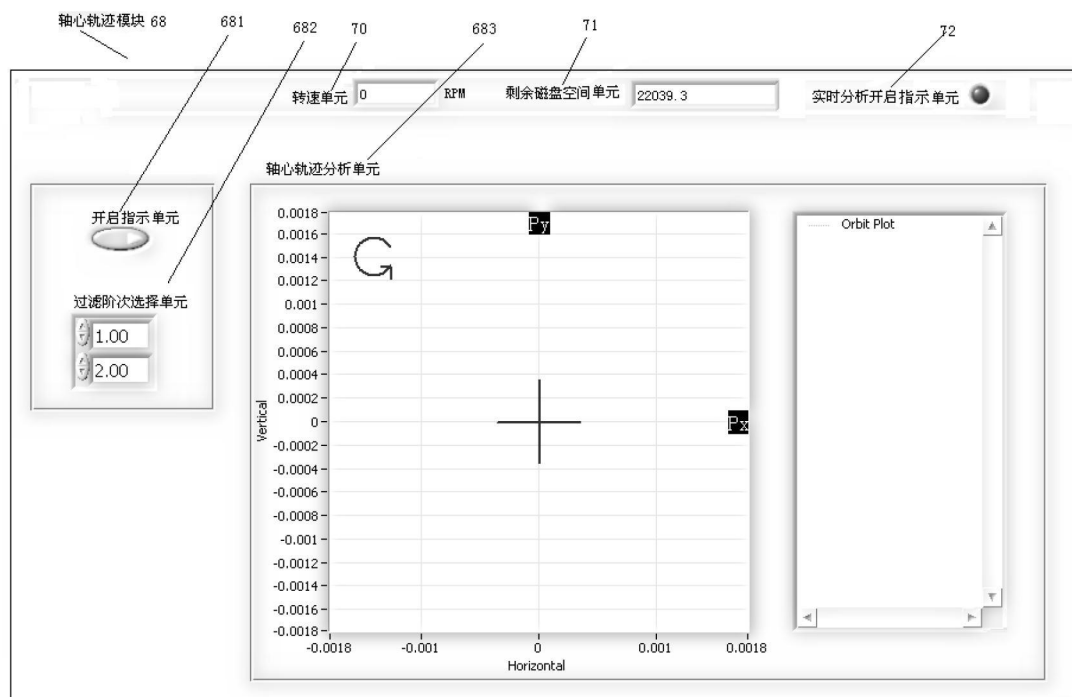


图 14

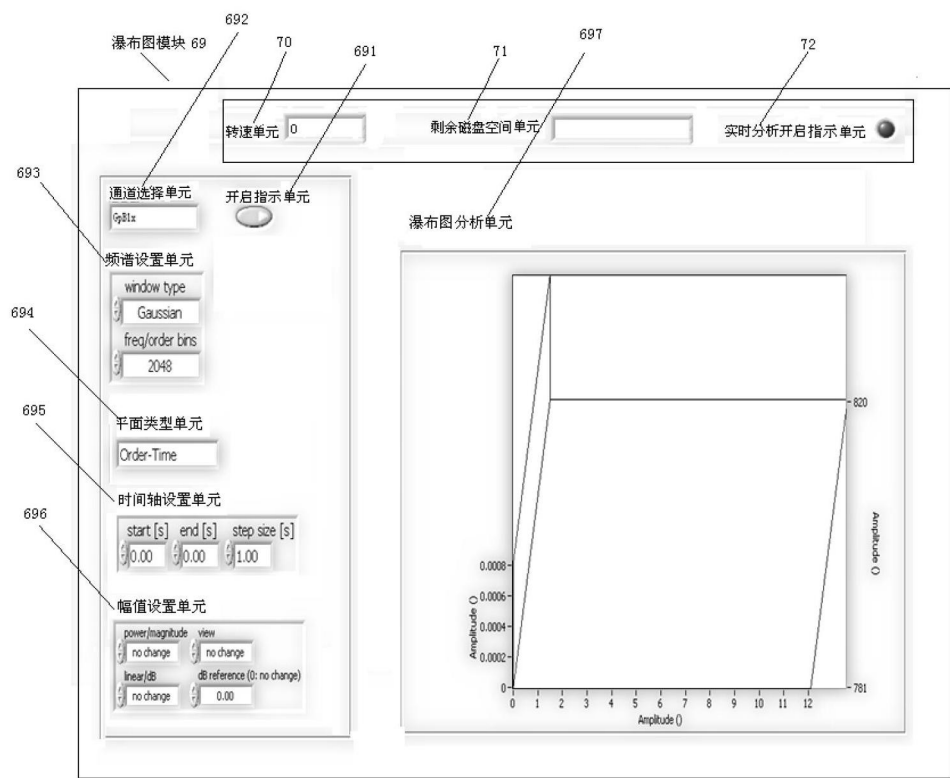


图 15

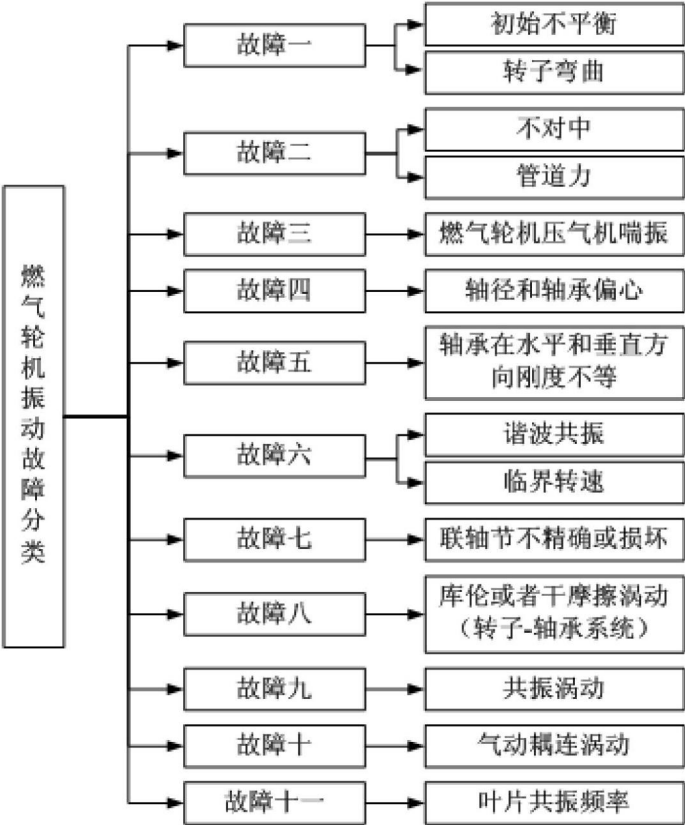


图 16

故障诊断模块 8

81

82

故障识别特征选择单元

振动主导频率	常伴频率	振动稳定性	相位特征	振动方向	转子轨迹	振动随转速变化	振动随负荷变化	振动随油温变化	振动随出口压力变化
1N	2N	稳定	稳定	径向	圆或椭圆	升高	不明显	不变	不变

诊断结果以及处理方法单元

故障概率	可能故障原因	与类似振动故障判别方法	防治方法

图 17